

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DE L'HYDRAULIQUE
«ARBAOUI Abdellah »

DEPARTEMENT SPECIALITES

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

**EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME
D'INGENIEUR D'ETAT EN HYDRAULIQUE.**

Spécialité : Conception Des Systèmes d'Irrigation et de Drainage

THEME :

**Evaluation des eaux usées traitées de la station
d'épuration de Ain Sfiha (w.SETIF) en vue d'une
utilisation dans le domaine de l'irrigation**

Présenté par :
M^r : KHELIFA MOHAMMEDI
Ziane

Promoteur :
M^r : RAISSI Omar

Devant le Jury Composé de :

Présidente : M^{me} L.S BAHBOUH

Examineurs : M^r D. KOLIAI
M^r A. AMMARI
M^{me} R. CHEGGOU
M^r B. BOUTAHRAOUI

Octobre 2008

❧ *Dédicaces* ❧



Je dédie ce modeste travail en signe de respect et de reconnaissance :

** A mes très chers parents.*

** A tout mes frères.*

** A toute la famille : **KHELIFA MOHAMMEDI.***

** A toute ma grande famille : **SOUAMI.***

** A tous mes intimes : Aissa, Omar, Niati, DAALOUZ Aek .*

** A tous mes amis : **Ahmed**, Kamel, Atsaoui, Cheikh,
Elhadj,...*

** A tout ce qui m'ont aidé de près ou de loin dans ma
formation.*

** A toute ma promotion, en générale et tous les étudiants de
l'option irrigation et drainage en particulier.*

** A tous mes amis de l'école ; de la cité 3 et de l'université
de Blida.*

KHELIFA MOHAMMEDI Ziane

❧ Remerciement ❧



Au terme de cette étude, je tiens à exprimer mes vifs remerciements :

- * A mon promoteur M^r : **RAISSI Omar** pour ses orientations et ses précieux conseils.*
- * A tout le corps enseignants et le personnel de l'**ENSH** qui ont contribuer de près où de loin à ma formation.*
- * Aux membres de jury qui auront à juger et à apprécier ce travail.*
- * Je tiens aussi à remercier mes amis qui m'ont aidé pendant la réalisation de projet.*

KHELIFA MOHAMMEDI *Ziane*

ملخص

تتمحور هذه الدراسة حول إمكانية إعادة استعمال المياه القذرة المعالجة بمحطة عين السفيهة (ولاية سطيف) ؛ و ذلك في المجال الزراعي ؛ وهذا بتحديد نوعية المياه المعالجة وذلك بغرض مقارنتها مع نوعية الماء المستعمل في المجال المذكور سابقا؛ و احتمال إعادة 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 possibilités de la réutilisation de l'eau usée épurée par la station d'épuration de AIN SFIHA (w. SETIF), dans le secteur agricole. Nous avons été amènes a 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 situé dans le voisinage immédiat et plus lointain de la station.

Nos résultats nous ont permis de constater que l'eau épurée peut être réutilisée 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 AIN SFIHA (w. SETIF). 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.

SOMMAIRE

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE

CHAPITRE I : CONSIDERATIONS GENERALES SUR LA REUTILISATION DES EAUX USEES

Introduction.....	1
I.1- Implantation d'une station d'épuration.....	1
I.2- Choix du type de station d'épuration.....	1
I.3- Réutilisation agricole des eaux usées	2
I.3.1- Les motifs	2
I.3.2- Intérêt et contraintes de la réutilisation des eaux usées	3
I.3.3- Les usages possibles.....	3
I.4- Caractéristiques des eaux usées	3
I.4.1- Origines des eaux usées.....	3
I.4.1.1-Eaux usées urbaines.....	4
I.4.1.2-Eaux usées agricoles.....	4
I.4.1.3- Eaux usées industrielles.....	4
I.4.2- Importance de rejets.....	4
I.4.2.1- Le type de réseau.....	5
I.4.2.2-Le raccordement des industries.....	5
I.4.2.3- La taille de l'agglomération.....	5
I.4.3- Evaluation de la pollution.....	5
I.4.3.1-Définition de la pollution.....	5
I.4.3.2- Principaux polluants.....	6
a) Pollution organique.....	6
b) Pollution minérale.....	6
c) Pollution microbiologique.....	7
d) Métaux lourds.....	7
I.4.3.3-Les principaux paramètres de pollution.....	7
a) Les paramètres physiques.....	7
b) Les paramètres chimiques.....	8
I.4.3.4- Mesure de la pollution.....	9
I.5- Conséquences sur le milieu récepteur.....	10

CHAPITRE II : LA REUTILISATION DES EAUX USEES DANS LE MONDE

Introduction.....	11
II.1- Objectifs de la réutilisation des eaux usées.....	11
II.2- Historique de la réutilisation des eaux usées.....	11
II.2.1- Quelques exemples de réutilisation dans le monde.....	12
II.2.1.1- L'Europe du Nord.....	12
II.2.1.2- Le continent américain.....	13
II.2.1.3- Le bassin méditerranéen.....	13
II.2.1.3.1- La Grèce.....	13
II.2.1.3.2- La Tunisie.....	14
II.2.1.4- Possibilité d'approche en Algérie.....	15
II.3- Aperçu général sur le problème d'eau.....	15
II.3.1- Accroissement des problèmes de l'eau: Le concept de vulnérabilité.....	15
Conclusion.....	16

CHAPITRE III : LA REUTILISATION DES EAUX USEES EN IRRIGATION

Introduction.....	17
III.1- Domaines de la réutilisation des eaux usées.....	17
III.2- Problèmes dus a la réutilisation des eaux usées.....	17
III.2.1- Problèmes liés au sol.....	17
III.2.1.1- Problèmes de colmatage.....	18
III.2.1.1.1- Colmatage physique.....	18
III.2.1.1.2- Colmatage chimique.....	18
III.2.1.1.3- Colmatage biologique.....	18
III.2.1.2- Remèdes au colmatage des sols.....	19
III.2.1.3- Perméabilité.....	19
III.2.1.4- Solutions d'aménagement aux problèmes de perméabilité.....	20
III.2.2- Les risques sanitaires immédiat.....	20
III.2.2.1- Toxicité chimique.....	20
III.2.2.2- Agents pathogènes.....	21
III.2.2.3- Le consommateur.....	21
III.2.2.4- Cultures légumiers.....	21
III.2.2.5- Cultures fourragères.....	21
III.2.2.6- Le personnel d'exploitation.....	22
III.2.2.7- Le voisinage immédiat.....	22

III.2.3- Problèmes liés à la plante.....	22
III.2.3.1- Le sodium.....	22
III.2.3.2- Le chlore.....	23
III.2.3.3- Le bore.....	23
III.2.3.4- Procèdes de lutte contre la phytotoxicité.....	23
III.3- Adaptation des différents systèmes d'irrigation.....	24
III.3.1- Techniques de submersion ou apparentés.....	24
III.3.2- Irrigation à la raie.....	24
III.3.3- Irrigation par aspersion	25
III.3.4- Micro-irrigation.....	25
Conclusion.....	25

CHAPITRE IV : METHODES ET PROCEDES DE L'EPURATION DES EAUX USEES

Introduction.....	26
IV.1- Prétraitement.....	27
IV.1.1- Dégrillage.....	27
IV.1.2- Dessablage – Déshuilage.....	27
IV.2- Traitement Primaire.....	27
IV.2.1- Décantation primaire.....	28
IV.3-Traitement Secondaire.....	28
IV.3.1- Traitements physico-chimiques.....	28
a)Avantages et inconvénients.....	29
IV.3.2- Traitement biologique.....	29
IV.3.2.1- Les procédés extensifs.....	30
IV.3.2.1.1- L'épandage	30
a) Principe.....	30
b) Avantages et inconvénients de l'épandage.....	30
IV.3.2.1.2- Le lagunage	30
a)Avantages et inconvénients du lagunage naturel.....	31
IV.3.2.2- Les procédés intensifs.....	31
IV.3.2.2.1- Le lit bactérien.....	31
a) Principe.....	31
b) Avantages et inconvénients du lit bactérien.....	31
IV.3.2.2.2- Le disque biologique.....	32
a) Principe.....	32
b) Avantages et inconvénients.....	32

IV.3.2.2.3- Les boues activées.....	32
a) Principe.....	32
b) Avantages et inconvénients du procédé à boues activées.....	32
IV.4- Traitement tertiaire.....	32
Conclusion.....	34

CHAPITRE V : DESCRIPTION DE LA STEP DE AIN SFIHA (SETIF)

Introduction.....	35
V.1-Presentation du système assainissement de la ville de Sétif.....	35
V.2-Les principaux collecteurs primaires réalisés.....	36
V.3- Données de base pour le dimensionnement.....	36
V.4- principe de traitement adopté avec description des ouvrages de la STEP de AIN SFIHA.....	37
V.4.1- Principe de l'épuration biologique.....	37
V.4.2- Description des ouvrages de traitement.....	39
V.4.2.1- Description des ouvrages de traitement des eaux résiduelles urbaines.....	39
A- Prétraitement.....	39
A.1- Un dégrillage.....	39
A.1.1- Grille grossière manuelle.....	39
A.1.2- Grille mécanisée (deux grilles).....	39
A.2- Dessableur - déshuileur (deux unités).....	40
A.3- Décanteur primaire.....	40
B- Traitement biologique.....	41
B.1- Bassin d'aération.....	41
B.2- Décanteur secondaire.....	41
C- Traitement tertiaire.....	42
V. 4.2.2- Description des ouvrages de traitements des boues.....	42
A- Le bassin de stabilisation.....	42
B- L'épaississeur.....	43
C- Lits de séchage.....	43
V.5- Les Analyses.....	44
V.5.1- Les normes des rejets.....	44
V.5.2- Les paramètres analysés.....	45
V.6- Interprétation des résultats.....	46
Conclusion.....	47

CHAPITRE VI : PRESENTATION DU SITE D'ETUDE

VI.1- Localisation.....	48
VI.2- Caractéristiques physiques du site.....	49
VI.2.1- Caractéristiques climatiques.....	49
VI.2.1.1- Précipitations.....	49
VI.2.1.2- Températures.....	50
VI.2.1.3- Autres paramètres climatiques.....	51
VI.2.1.3.1- Humidité relative de l'air.....	51
VI.2.1.3.2- Insolation.....	52
VI.2.1.3.3- Gelée.....	52
VI.2.1.3.4- Neige.....	53
VI.2.1.3.5- Grêles.....	53
VI.2.1.3.6- Vitesse du vent.....	53
VI.2.1.3.7- Le Sirocco.....	54
VI.2.1.3.8- Les Orages.....	54
VI.3- Indices Climatiques.....	54
VI.3.1- Quotient pluviométrique d'Emberger.....	54
VI.3.2- Indice d'aridité.....	55
VI.3.3- Indice annuel.....	55
VI.3.4- Indice mensuel.....	55
VI.4- Calcul de l'évapotranspiration potentielle.....	57
VI.5- Types de Sols.....	57
VI.6- Le choix des cultures.....	58
VI.6.1- Définition de la ressource en eau.....	58
VI.6.2- Découpage du périmètre en îlots d'irrigation.....	58
VI.6.3- Les brises-vents.....	59
VI.6.4- Choix de la technique d'arrosage.....	59
Conclusion	60

CONCLUSION GENERALE

Liste des tableaux

Tableau I.1: Caractéristique des eaux usées urbaines.....	8
Tableau I.2: Paramètres de pollution.....	9
Tableau II.1 : Statistiques de disponibilité en eau de quelques Pays (Année 2000).....	16
Tableau V.1 : Les données de base pour le dimensionnement de la STEP.....	36
Tableau V.2 : Les normes de rejets urbaines.....	44
Tableau V.3 : Relation entre la conductivité et la minéralisation des eaux.....	44
Tableau V.4 : Les résultats des analyses obtenus pour l'eau brute.....	45
Tableau V.5 : Les résultats des analyses obtenus pour l'eau épurée.....	46
Tableau VI.1 : Station de référence.....	49
Tableau VI.2 : Répartition de la pluviométrie dans la station.....	49
Tableau VI.3 : Répartition mensuelle et saisonnière des précipitations.....	50
Tableau VI.4 : Relevés des températures en ° C.....	51
Tableau VI.5 : Moyenne mensuelle et annuelle (%).....	51
Tableau VI.6 : Nombre moyen d'heures par jour d'insolation.....	52
Tableau VI.7 : Nombre de jours de Gelée.....	52
Tableau VI.8 : Nombre de jours de Neige.....	53
Tableau VI.9 : Nombre moyen de jours de Grêles.....	53
Tableau VI.10 : Moyenne mensuelle de la vitesse des vents.....	53
Tableau VI.11 : Nombre de jours de sirocco.....	54
Tableau VI.12 : Nombre de jours d'orage.....	54
Tableau VI.13 : Paramètres et quotient d'Emberger.....	55
Tableau VI.14 : Indice d'aridité mensuel.....	56
Tableau VI.15 : Calcul d'ETP (mm/mois) par Panman et Turc.....	57

Liste des figures

FigureIV.1 : la configuration d'une chaîne de traitement.....	26
Figure V.1 : le dégrillage.....	39
Figure V.2 : le dessableur – déshuileur.....	40
Figure V.3 : le décanteur primaire.....	40
Figure V.4 : le bassin d'aération.....	41
Figure V.5 : le décanteur secondaire.....	41
Figure V.6 : le bassin de stabilisation.....	42
Figure V.7 : l'épaississeur.....	43
Figure V.8 : lits de séchage.....	43
Figure VI.1 : plan de situation du périmètre.....	48

Liste des planches

Planche 01 : *Plan de situation*

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

Le recours à l'irrigation est devenu une nécessité, étant donné l'importance du déficit hydrique climatique et l'intensification de l'agriculture. Or, face à ces demandes, les ressources en eau sont rares et insuffisantes. Ainsi, pour satisfaire l'ensemble des besoins en eau du pays et afin de réserver les eaux de bonne qualité à l'alimentation en eau potable, on est contraint d'utiliser des eaux de qualité marginale en agriculture. Dans ce contexte, l'utilisation des eaux usées traitées est devenue une nécessité et fait partie intégrante de la stratégie actuelle de mobilisation de toutes les ressources disponibles. Il a donc paru nécessaire de mettre en place des programmes de recherche relatifs à la fixation des modalités d'utilisation des eaux usées en irrigation dans les conditions agro-climatiques Algérienne.

Dans ce cadre et face aux problèmes de la pollution de l'environnement par les eaux usées, notre pays a entrepris dès les années 70, un programme de mise en œuvre des stations d'épuration notamment dans les grands centres urbains. Malheureusement des nombreuses stations fonctionnent très mal ou sont à l'arrêt pour diverses raisons.

Pour relancer les projets de réhabilitation le recyclage d'eaux épurées doit être intégrée dans ces stratégies. Le recyclage des eaux épurées et leur utilisation en agriculture est un potentiel de grande importance future, en tant que la nouvelle ressource d'eau pour l'irrigation dans notre pays, ce thème doit constituer la priorité dans les activités de recherche.

Dans l'objectif de la réutilisation des eaux épurées de la station d'épuration de AIN SFIHA (SETIF), on a inscrit notre étude qui est répartie en deux parties principales :

- Une partie théorique sur les eaux usées, la réutilisation des eaux épurées, ainsi que les différentes techniques de traitement des eaux usées.
- Une partie expérimentale dans laquelle on a donné une présentation générale de la STEP, et du périmètre.

CHAPITRE I :
CONSIDERATIONS GENERALES SUR LA
REUTILISATION DES EAUX USEES

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.

I.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.

I.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.

I.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 pression 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.

I.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.

I.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.

I.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).

I.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.

I.4.1- Origines des eaux usées :

Les eaux usées proviennent de trois sources principales :

I.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. [10]

I.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. [10]

I.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. [10]

I.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.

I.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.

I.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.

I.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.

I.4.3- Evaluation de la pollution :

I.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.

I.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_2 , et en anaérobiose, il y a formation de CO_2 et CH_4 ;
- Les glucides : à l'état simple, il s'agit des sucres alimentaires, le glucose, et à l'état complexe donnant les polysaccharides. [3]

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 suscités :

- Peuvent causer des problèmes sur l'organisme de l'individu ;
- Perturbent l'activité bactérienne en station d'épuration ;
- Affectent sérieusement les cultures. [3]

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 composées 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. [7]

I.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. [3]

- **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. [3]

- **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. [3]

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

Elles représentent la partie solide de la pollution, les MES créent généralement une pollution et causent de sérieuses nuisances. [7]

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

Elles représentent la fraction organique des matières en suspension, elles constituent environ 70-80 % DE MES. [7]

- **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 (DBO₅) : 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. [3]

Le tableau ci-après montre les principaux paramètres de pollution d'une eau usée brute, les valeurs sont données qu'à titre indicatif pour fixer les ordres de grandeur.

Tableau I.1 : Caractéristiques des eaux usées urbaines.

Eaux usées brutes		
Paramètres		Echelles de variation
pH		7,5 à 8,5
MES total	mg/l	150 à 500
DBO ₅	mg/l	100 à 400
DCO	mg/l	300 à 1000
DOT	mg/l	100 à 300
NTK	mg/l	30 à 100
NH ₄ ⁺	mg/l	20 à 80
NO ₂ ⁻	mg/l	<1
NO ₃ ⁻	mg/l	<1
Détergents	mg/l	6 à 13
P	mg/l	10 à 25

I.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 I.2: paramètres de pollution.

paramètres	unités	signification
MES	<i>mg / l</i>	Matières en suspension : c'est la pollution dissoute, la plus facile à éliminer.
DBO ₅	<i>mgO₂ / 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>mgO₂ / 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>m³ / heure</i> <i>m³ / 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: **M. KOLIAI**, cours de réutilisation des eaux usées en irrigation.

I.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.

CHAPITRE II :
LA REUTILISATION DES EAUX USEES
DANS LE MONDE

Introduction :

La réutilisation des eaux usées épurées est une pratique très répandue dans le monde, et essentiellement dans les régions affectées par des pénuries de ressources en eau. Elle est liée aux développements de l'ingénierie des eaux usées, couplés aux pressions croissantes exercées sur les ressources en eau. De nos jours, près de la moitié de la population mondiale vit en zone urbaine et leurs besoins en eau ne cessent d'augmenter, alors que les ressources en eau continuent à se dégrader (PUIL C, 1998).

Ainsi pour établir un équilibre entre les différents utilisateurs de l'eau, les rejets urbains sont recyclés pour couvrir une partie des volumes d'eau d'irrigation. En effet la réutilisation des eaux usées à des fins agricoles connaît des applications variables suivant les pays. Elle est appelée à se développer dans le cadre d'une approche intégrée de la gestion des ressources en eau, supposant la prise en compte de facteurs techniques, socio-économiques, réglementaires et environnementaux.

II.1- Objectifs de la réutilisation des eaux usées :

L'objectif principal de la réutilisation des eaux usées est non seulement de fournir des quantités supplémentaires d'eau de bonne qualité en accélérant le cycle d'épuration naturelle de l'eau, mais également d'assurer l'équilibre de ce cycle et la protection du milieu environnant. Par définition, cette réutilisation est une action planifiée qui vise la production des quantités complémentaires en eau pour différents usages afin de combler des déficits hydriques.

En effet, les volumes d'eau issus des traitements sont, en grande partie destinés dans le domaine agricole, vu sa demande en eau élevée. Les besoins industriels (centrales nucléaires, centrale hydroélectrique, les usines de fabrication d'acier, ...) pour le refroidissement de moteurs des machines, peuvent être couverts.

II.2- Historique de la réutilisation des eaux usées :

Les effluents urbains, ont été depuis longtemps, utilisés pour la production agricole (champ d'épandage du 19eme siècle, en Angleterre, Allemagne, les régions parisiennes).

A partir de 1910 sous l'influence de l'extension urbaine, les nuisances générées par l'épandage d'eaux brutes, la pratique est entrée en régression sans que ce déclin soit dû à des considérations sanitaires objectives et précises.

Au milieu du siècle, une meilleure compréhension des phénomènes biologiques et physico-chimiques qui préside au processus de l'évolution et de la dégradation de la matière organique, a favorisé, dans les pays industrialisés, de techniques épuratoires, qui avaient pour but de protéger le milieu naturel et en particulier, les cours d'eau récepteurs.

Ces techniques ont été ensuite, peu à peu, utilisées pour le recyclage direct ou indirect, dans les pays semi arides, à déficit hydrique chronique.

C'est ainsi que les états comme la Californie, l'Arizona ont développé à partir des années soixante et, plus radicalement, ces deux dernières décennies, l'irrigation avec les eaux résiduaires, après traitement physico-chimique et biologique.

Aux états unis, un milliard de mètre cube était recyclé annuellement en 1975, dont 60% pour l'agriculture (7 milliards pour l'année 2000). En Californie environ 180 millions de mètre cube par an était réutilisés dans l'agriculture en 1975.

Des pays du bassin méditerranéen ont suivi rapidement l'exemple : Espagne, Chypre, Grèce, Palestine, Tunisie (2000ha irrigués à partir des eaux usées épurées près de Tunis) (PUIL C, 1998).

II.2.1- Quelques exemples de la réutilisation dans le monde :

Comme il a été noté dans la partie introductive de ce chapitre, la réutilisation des eaux usées à des fins agricoles connaît une large expansion de part le monde. Pour bien fixer les idées nous donnerons à titre illustratif le cas de certaines régions.

II.2.1.1- L'Europe du Nord :

En Europe du nord, l'épandage des eaux usées était une tradition. Cette pratique qui datait de très longtemps est sur le point de disparaître avec l'avènement des nouvelles technologies de traitement. Ainsi, en Grande Bretagne, la recharge des nappes par des eaux usées traitées constitue une forme de recyclage des eaux. L'Allemagne est également concernée par l'irrigation avec des eaux usées urbaines. Dans ce pays on utilise les eaux usées urbaines pour l'irrigation de céréales, de betteraves, de pommes de terres ou des prairies.

On peut aussi citer l'exemple de la Hongrie où 200 millions de mètres cubes d'eaux usées ont été utilisées en 1991 pour l'irrigation de diverses cultures, de prairies, de rizières et de peupleraies. (M. Trad Raïs et al, Septembre 2003)

II.2.1.2- Le continent américain :

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. Des études publiées en 1994 ont montré que les traitements poussés des eaux usées par des procédés à membranes étaient appropriés pour respecter les réglementations. (M. Trad. Raïs et al, Sept 2003) En effet, les réglementations concernant la réutilisation aux états unis sont très sévères, par exemple, 2.2 coliformes fécaux par 100 millilitres en 1993 (état de Californie).

Ce qui est très loin de la réglementation imposée par l'organisation mondiale de la santé (OMS) qui est de 1000 coliformes fécaux par 100 millilitres. Dans ce pays 34 états disposent des réglementations ou des recommandations relatives à l'utilisation des eaux usées à des fins agricoles. (M. KOLIAI)

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. Il faut souligner que seulement 6% des eaux usées brutes sont épurées. 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).

Mais les critères sanitaires de la législation mexicaine concernant l'utilisation des eaux usées en agriculture ont été modifiés et reprennent désormais les recommandations de l'OMS (FAO, septembre 2003).

II.2.1.3- 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. Par conséquent c'est l'une des régions où la réutilisation agricole des effluents urbains est la plus pratiquée (PUIL.C 1998)

II.2.1.3.1- La Grèce :

La Grèce a développé dès 1996, une stratégie de réutilisation des eaux usées. Dans la ville d'Athènes, l'usage des eaux usées traitées dans l'irrigation des cultures est prédominant, près de 71% des volumes. Ces eaux sont également utilisées dans le domaine de l'industrie et pour

l'alimentation des chasses d'eau. Dans ce pays les eaux usées subissent un traitement un peu poussé, après la filière biologique, les eaux passent à travers un filtre à sable, elles sont ensuite conduites dans des bassins de désinfection par chloration. Ces faits permettent d'obtenir une qualité de l'eau sans préjudice sur le milieu récepteur.

II.2.1.3.2- La Tunisie :

Au niveau industriel, le secteur n'est pas encore attiré par la réutilisation des eaux usées traitées (EUT). Il faut dire que la fin de la dernière décennie, « les sites industriels offrant une opportunité pour cette réutilisation ne sont pas encore identifiés ». Dans ce cadre, il s'agit d'évaluer la possibilité de substituer les ressources en eau conventionnelle par les eaux usées traitées (EUT), outre l'étude de faisabilité économique et technique de tels projets. Cela peut se faire par la coopération entre l'Agence de réutilisation des eaux usées traitées (EUT), l'ONAS et les bénéficiaires du côté industriel.

Par contre, dans le secteur agricole, l'expérience est déjà en constante progression. « Le potentiel mobilisable des ressources en eau identifiées (1999) est de quatre milliards de mètres cubes dont 80 % ou plus sont déjà mobilisées ».

Ce volume « est potentiellement disponible sous forme d'eau usée traitée (EUT) à partir du parc des 55 stations d'épuration existantes. Ils subissent un traitement secondaire et sont fournis gratuitement par l'ONAS ».

« La principale filière de réutilisation des eaux usées traitées (EUT) est l'irrigation. Les périmètres irrigués par ces eaux couvrent actuellement une superficie totale d'environ 6400 ha. Les volumes réutilisés demeurent très variables d'une année à l'autre allant de 12,5 Mm³ en 1994 à 35 Mm³ en 1996.

Les principales cultures irriguées sont les cultures fourragères et les céréales qui couvrent plus de 2/3 de ces terres. Il y a aussi l'arboriculture et les cultures industrielles. Enfin, cette irrigation avec les eaux usées traitées (EUT) s'étend aux terrains de golf qui couvrent une superficie d'environ 6000 ha. Le volume total réutilisé sur l'ensemble de terrain de golf a été de 4 Mm³ en 1996. Ainsi, les principaux exploitants des eaux usées traitées (EUT) sont le Ministère de l'Agriculture et l'Agence Foncière du Tourisme (AFT). Cette dernière se charge de l'adduction des eaux usées traitées (EUT) pour l'arrosage des terrains de golf et de quelques jardins d'hôtels dans les grandes zones touristiques. (Zargouni, 1999).

II.2.1.4- Possibilité d'approche en Algérie :

En Algérie, un certain nombre d'actions sont entreprises pour promouvoir la réutilisation des eaux usées. Pour le cas de la ville d'Alger, grande agglomération, une station est conçue pour le traitement des effluents de la ville par la méthode conventionnelle des boues activées suivie des traitements de désinfection et de clarification par le chlore. Des traitements complémentaires sont envisagés pour permettre la pratique des cultures sans restriction.

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. L'Espagne se dote néanmoins progressivement, région par région, d'une réglementation et améliore la qualité des eaux réutilisées. 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 aux Canaries, à Majorque, en Catalogne espagnole (FAO, 2003).

II.3- Aperçu général sur le problème d'eau :

II.3.1- Accroissement des problèmes de l'eau: le concept de vulnérabilité :

La concurrence entre l'agriculture, l'industrie et les villes pour les disponibilités limitées en eau est déjà un frein aux efforts de développement dans de nombreux pays. A mesure que les populations et les économies s'accroissent, la concurrence pour les disponibilités limitées ira en s'intensifiant de même que les conflits entre usagers.

Le degré de vulnérabilité d'un pays pour l'eau dépend de la quantité d'eau, de sa répartition dans le temps, de sa qualité, et du niveau de la consommation et de la demande. Alors que le climat est le facteur principal déterminant la quantité d'eau et sa répartition dans le temps, la population et le développement économique sont les influences prépondérantes pour la qualité et la demande.

Bien que la qualité de l'eau et sa répartition dans le temps soient des facteurs difficiles à mesurer pour procéder à des comparaisons entre pays, les disponibilités et la demande en eau peuvent être étalonnées à la fois entre les pays et dans le temps, et on peut tirer des conclusions sur la vulnérabilité d'une région donnée. Il faut cependant être prudent dans l'interprétation des données lorsqu'on procède à des comparaisons entre des pays de zones climatiques et de pratiques agricoles différentes - par exemple, un pays tempéré reposant sur une culture pluviale comparé à un autre utilisant l'irrigation.

Quand les ressources internes renouvelables en eau sont inférieures à 1000 m³ par habitant, le manque d'eau est alors considéré comme un grave frein au développement socio-économique et à la protection de l'environnement. (FAO, 1993)

Le tableau N°II.1 illustre la statistique des pays où les disponibilités internes renouvelables en eau étaient sous la barre des 1000m³ par an et par habitant avant la fin du 21eme siècle.

Tableau II.1 : Statistiques de disponibilité en eau de quelques pays (Année 2000).

PAYS	DISPONIBILITES EN EAU m ³ /habitant		POPULATION millions
	Ressources internes renouvelables	Débites issus des pays voisins inclus	
Egypte	29	934	62.4
Arabie Saoudite	103	103	21.3
Libye	108	108	6.5
Emirats Arabes Unis	152	152	2.0
Jordanie	153	240	4.6
Mauritanie	154	2 843	2.6
Yémen	155	155	16.2
Tunisie	384	445	9.8
Syrie	430	2 008	17.7
Kenya	436	436	34.0
Burundi	487	487	7.4
Algérie	570	576	33.1
Hongrie	591	11 326	10.1
Rwanda	604	604	10.4
Botswana	622	11 187	1.6
Malawi	760	760	11.8
Oman	880	880	2.3
Soudan	905	3 923	33.1
Maroc	943	943	31.8
Somalie	1 086	1 086	10.6

Source: Calculs de la FAO sur la base de données de la Banque Mondiale et d'autres organismes.

Conclusion :

A travers ce chapitre, nous avons vu que la réutilisation des eaux usées est une pratique ancienne très répandue. Elle connaît une révolution ces dernières années surtout dans les pays à déficit hydrique. Des recommandations internationales et locales sont adoptées à cette pratique en vue de minimiser les risques sanitaires et environnementaux.

CHAPITRE III :
LA REUTILISATION DES EAUX USEES
EN IRRIGATION

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 DBO₅ ainsi que par leur DCO. Les procédés de traitement des eaux usées varient avec leurs origines, ainsi les effluents urbains sont faciles à traités 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 subi un prétraitement, un traitement primaire et un traitement secondaire.

III.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.

III.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 :

III.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. [6]

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

III.2.1.1- Problèmes de colmatage :

Ces problèmes sont liés à trois causes principales:

III.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 Ca^{2+} et Mg^{2+} dans les proportions rencontrés 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. [6]

III.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 ...) [6]

III.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 drainant.

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. [6]

III.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 labours fréquents suffisent 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 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 (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. [6]

III.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 écroûtage 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 (CO_3^{2-}) et bicarbonates (HCO_3^-) de l'eau d'irrigation. Quand le sol est sec entre les arrosages une partie de CO_3^{2-} et HCO_3^- précipite sous forme de carbonate mixte de calcium et de magnésium, ce qui revient à enlever des cations Ca^{2+} et 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 alcalisation est appréciée par le pourcentage de sodium échangeable ESP donné par la formule suivantes:

$$ESP = (Na / CEC) * 100$$

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'alcalisation sont élevés pour le sol.
- Si l'ESP est compris entre 8 et 15% les risques sont faibles.
- Si l'ESP est inférieur à 15% ces risques sont nuls. [6]

III.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.

III.2.2- Les risques sanitaires immédiat:

III.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). [6]

III.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 microbiologique 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: [6]

III.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 10⁴ à 10⁵ bactéries coliformes sera acceptable. Pour d'autres, ce niveau pourra descendre à moins de 100 / 100 ml, nécessitant ainsi une désinfection de l'eau. [6]

III.2.2.4- Cultures légumières:

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.[6]

III.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.

III.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.

III.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 conviendrait 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.

III.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. [6]

III.2.3.1- Le sodium:

La plupart des cultures arboricoles et autres 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.

III.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.

III.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.

III.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 par 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. [6]

III.3- Adaptation des différents systèmes d'irrigation:

III.3.1- Techniques de submersion ou apparentées :

Ces techniques nécessitent toutes un apports 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 technologiques (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.

III.3.2- 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.

III.3.3- 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.

III.3.4- 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 des 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.

CHAPITRE IV :
METHODES ET PROCEDES DE
L'EPURATION DES EAUX USEES

Introduction :

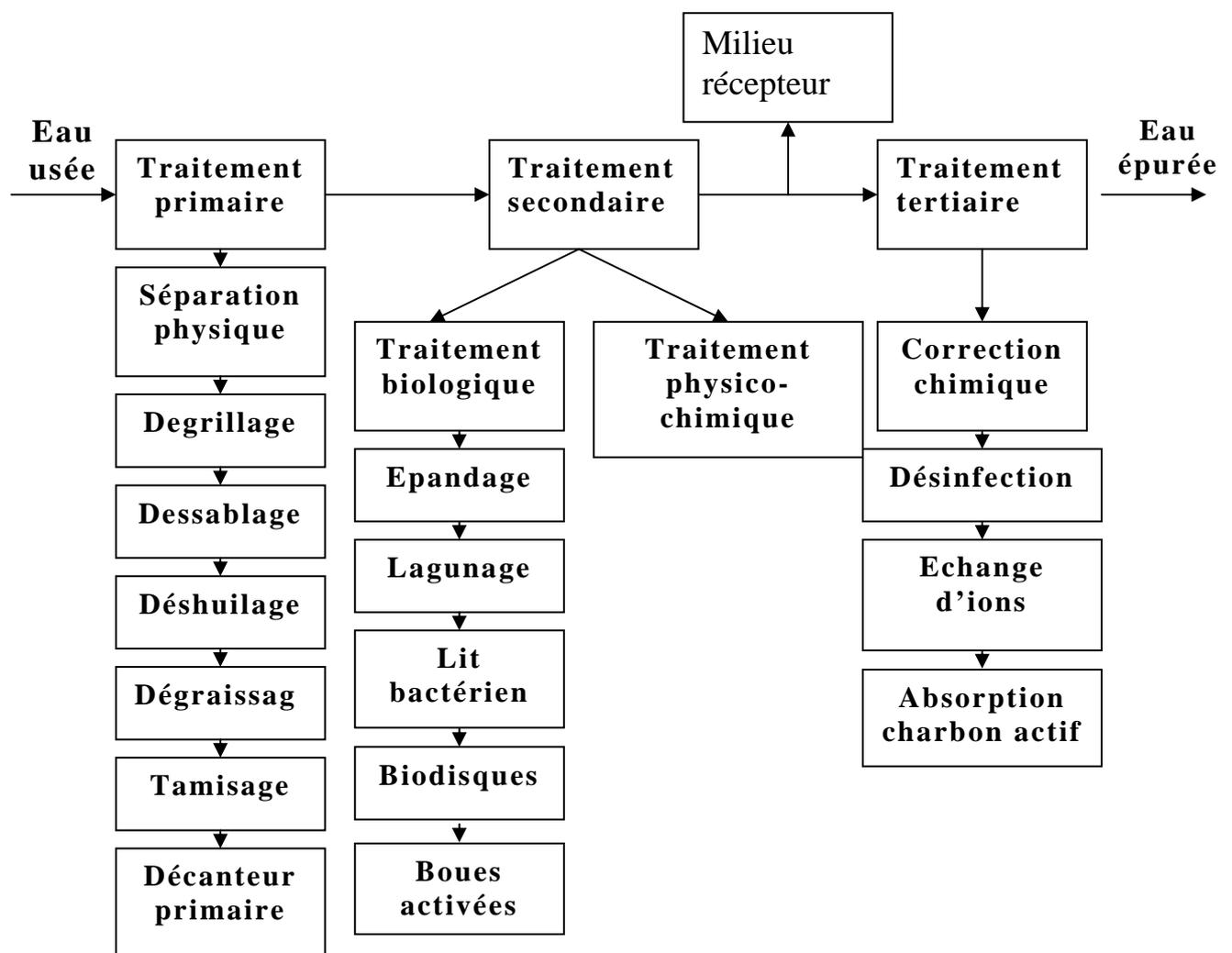
Les eaux usées constituent un effluent très chargé en matières polluantes, nuisibles aussi bien au milieu récepteur qu'aux utilisateurs.

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.



FigureIV.1 : la configuration d'une chaîne de traitement.

IV.1- Prétraitement :

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

IV.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 30 à 100mm,
- un dégrillage moyen : espacement de 10 à 25mm,
- un dégrillage fin : espacement de 3 à 10mm,

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.

IV.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. [4]

IV.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. [4]

Les décanteurs lamellaires présentent de nombreux avantages :

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

IV.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 DBO₅, 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). [4]

IV.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 piégé dans le traitement primaire.

On distingue deux types de traitement :

- Le traitement physico – chimique
- Le traitement biologique

IV.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).

IV.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. [11] [2].

IV.3.2.1- Les procédés extensifs :

IV.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. [1] [2]

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.

- **Avantages :**

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.

IV.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.

a) Avantages et inconvénients du lagunage naturel :

- **Avantages :**
 - 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. [5]

IV.3.2.2- Les procédés intensifs :**IV.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. [11] [2]

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 encrassage progressif apparaît qui contraint à vider, laver et remettre en place le matériau du lit. Les fréquentes odeurs enregistrées au changement de saisons. [1] [2]

IV.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. [1] [2]

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 bio disque ne s'adapte qu'au traitement des effluents de petites agglomérations.

- **Avantages :**

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

IV.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. [1][2]

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.

IV.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. [2]

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.

CHAPITRE V :
DESCRIPTION DE LA STEP DE AIN
SFIHA (SETIF)

Introduction :

La STEP de AIN SFIHA est implantée au niveau de la commune de Sétif, sur 10hectares. Elle a été inscrite en 1989, les travaux ont été finis au cours de l'année 1990, et confié à l'entreprise nationale hydrotraitement pour le lot Génie Civil et la société d'épuration et d'entreprise SEE (Belgique) pour le lot équipements.

Mise en service en mars 1996, et d'une capacité de 330.000 EH, elle a été conçue pour traiter chaque jour 66.000 m³ d'eaux usées par voie biologique.

Le traitement se fait selon le procédé suivant :

- Dégrillage, dessablage-déshuilage ;
- Traitement biologique à moyenne charge ;
- Clarification ;
- Chloration ;
- Traitement des boues :
 - Stabilisation aérobie ;
 - Epaississement ;
 - Déshydratation naturelle sur lits de séchage.

Cette station de type (boues activées) a un rendement de 94% sur les matières en suspension et de 96% sur les matières organiques.

Les eaux usées épurées de la STEP de AIN SFIHA rejoignent l'Oued Bousselam qui est l'un des principaux affluents du barrage de Ain Zada destiné à l'alimentation de la région en eau potable.

Aussi, les eaux épurées sont recyclées à des fins agricoles et les boues d'épuration sont utilisées par certains agriculteurs riverains comme fertilisants. [8]

V.1-Presentation du système assainissement de la ville de Sétif :

Les rejets des eaux usées de la ville de Sétif d'une population de 288000 habitant se déverse dans l'un des principaux affluents de Oued Bousselam qui se déverse aussi dans le barrage de Ain Zada qui alimente en eau potable des villes de Sétif, El Eulma, BBA et Bougaa.

La configuration topographique de la ville est composée de 06 exutoires naturels où se déversent les eaux usées et pluviales.

Le réseau d'assainissement est de type semi séparatif d'une longueur globale de 390 Km de canalisation dont 70Km collecteurs primaires dont les 80% ont été réalisés depuis 1974 dans le cadre des plans de modernisation urbaine (PMU) et des différents programmes sectoriels. [9]

V.2- Les principaux collecteurs primaires réalisés :

- Canal en béton armé de dimension 5 x 2 m²6 Km.
- Canal en béton armé de dimension 2,5 x 1,5 m²10 Km.
- Bse en béton armé de dimension 2000 mm7,8 Km
- Bse en béton armé de dimension 1500 mm8 Km
- Bse en béton armé de dimension 1100 mm14Km
- Bse en béton armé de dimension 800 mm 25 Km

Le relevage des eaux usées vers la station d'épuration est pris en charge par 04 station de relevage en fonctionnement (08 Mai 45, Boueroua, 400 logts, kaaboub) ville de Sétif pour permettre la prise en charge totale de l'ensemble des effluents de la ville.

La protection de l'environnement, l'amélioration des conditions de vie de la population et de protection des ressources hydriques et du barrage de Ain Zada ont rendu obligation la réalisation d'une station d'épuration des eaux usées domestiquer avant leur rejet en milieu naturel. [9]

V.3- Données de base pour le dimensionnement :

Les données de base pour le dimensionnement de la STEP de AIN SFIHA sont les suivantes :

Tableau V.1 : Les données de base pour le dimensionnement de la STEP.

	Unités	1 ^{re} phase	2 ^{me} phase
Horizon		2000	2013
Type de réseau		<i>pseudo séparatif</i>	<i>pseudo séparatif</i>
Nature des eaux brutes		<i>Domestique</i>	<i>Domestique</i>
Population	E .H	330.000	450.000
Débit journalier	m ³ /j	66.000	99.000
Débit moyen horaire	m ³ /h	2.750	4125
DBO₅ journalière	mg/j	17.820	24.300
M.E.S	mg/j	23.100	31.000
DBO₅	mg/l	270	245,45
M.E.S	mg/l	350	313,13

Source : ONA (SETIF)

Normes de rejet pour l'effluent et pour une durée moyenne de 24 heures:

- *DBO₅ <30mg/l ;
- * MES <30mg/l ;
- *DCO <90mg/l.

V.4- principe de traitement adopte avec description des ouvrages de la STEP de AIN SFIHA :

La STEP de AIN SFIHA adopte le traitement biologique par boues activées à moyenne charge avec stabilisation aérobie des boues produites.

La STEP de AIN SFIHA comprend deux filières de traitement, une pour les eaux résiduelles urbaines (ERU) et l'autre pour les boues.

V.4.1- Principe de l'épuration biologique.

Dans le traitement biologique des effluents, on fait généralement appel aux processus aérobies par lesquels les bactéries provoquent une oxydation directe des matières organique des eaux usées à partir de l'oxygène dissous dans l'eau.

La dégradation est un phénomène complexe générateur de l'énergie nécessaire à la vie des micro-organismes et à ses manifestations ; reproduction, croissance déplacements, etc.....

De nombreux micro-organismes permettent la dégradation des matières organiques ainsi que leur stabilisation.

La plupart des systèmes de traitement biologique des rejets organiques utilisent des micros organiques hétérotrophes qui emploient le carbone organique comme source d'énergie et pour la synthèse cellulaire.

Le procédé aérobie provoque le développement de bactéries qui, par des actions physico-chimiques retiennent la pollution organique et s'en nourrissent.

Le procédé à boues actives consiste en un réacteur biologique aérobie où on provoque le développement culture bactérienne dispersée sous forme de flocons appelés bioflocs.

Le réacteur est alimenté en eau polluée et le mélange eau usée – bioflocs est appelé liqueur mixte.

La liqueur mixte est maintenue dans un régime turbulent par le système d'aération ; les aérateurs de surface, en l'occurrence.

De l'oxygène dissous est donc introduire dans la masse de la liqueur mixte, lequel est nécessaire pour la respiration et le développement des micro-organismes aérobies.

La quantité d'oxygène dans la solution est gouvernée par :

- la solubilité du gaz ;
- la pression partielle de l'oxygène dans l'atmosphère ;
- la température ;
- la pureté de l'eau (salinité, matière en suspension, etc.....).

Après un temps de contact suffisamment long, la liqueur mixte est envoyée dans un clarificateur mécanisé appelé aussi décanteur secondaire.

Durant cette phase, une séparation solide/liquide s'effectue par gravité et est amélioré par le mécanisme racleur.

Celle-ci est obtenue dans le bassin cylindro-conique où l'eau épurée séparée des boues.

Les boues sont ensuite recyclées dans le bassin d'oxydation de matière à maintenir une concentration adéquate en bactéries épuratrices.

Les boues en excès venant du décanteur secondaire sont évacuées des ouvrages et dirigées vers le traitement des boues en même temps que les boues primaires.

Le comportement des boues activées est sous l'influence d'un certain nombre de facteurs dont les principaux sont directement liés aux modalités de traitement lui-même tandis que d'autres relèvent de l'eau brute.

Afin de ne pas perturber le bon fonctionnement de la station d'épuration par des matières lourdes, volumineuses ou difficilement biodégradables. Les traitements biologiques sont précédés de prétraitements adéquats.

-dégrillage ;

-dessablage –désuilage ;

-décantation primaire.

Les caractéristiques de sédimentation et d'épaississement des boues produites sont les premières conditions requises pour un rendement satisfaisant du procédé à boues activées.

Celles-ci sont caractérisées par la charge massique qui donne une approximation du rapport entre la masse journalière de pollution à éliminer et la masse de bactéries épuratrices présente dans le réacteur.

Dans le cas de la STEP de AIN SFIHA, on fonctionnera à une charge massique moyenne donc suivant le processus d'un aération (conventionnelle) .par ce procédé, nous obtenons une très bonne efficacité d'élimination de la DBO₅. La stabilisation (minéralisation) des boues primaires et secondaires s'effectuera séparément.

Le traitement des boues consiste essentiellement en une digestion aérobie ayant pour effet la réduction des matières volatiles encore présentes dans les boues.

Les boues primaires et secondaires sont regroupés et évacués par pompage vers de bassins de stabilisation.

Les boues sortant des bassins de stabilisation sont évacuées vers un épaisseur et ensuite pompées vers les lits de séchage. [8]

V.4.2- Description des ouvrages de traitement

V.4.2.1- Description des ouvrages de traitement des eaux résiduelles urbaines

A- Prétraitement :

A.1- Un dégrillage :

Les eaux brutes pénètrent dans la STEP par un chenal et sont dégrillées par une grille grossière, puis par deux grilles fines mécanisées qui ont les dimensions suivantes : [8]



Figure V.1: le dégrillage

A.1.1- Grille grossière manuelle :

- Largeur : 1,8m
- Inclinaison : 70°
- écartement entre les barreaux : 50 mm
- matériau : aluminium

A.1.2- Grille mécanisée (deux grilles) :

- largeur : 1,0 m
- profondeur de chenal : 1,5m
- espacement : 25 mm
- épaisseur des barreaux : 10 mm
- matériau : acier
- puissance de moteur : 0,37 K

A.2- Dessableur - déshuileur (deux unités) :

Le dessableur est de type longitudinal de forme trapézoïdale et de :

- longueur : 20 m
- largeur : 4 m

Ce dessableur est équipé d'un pont suceur et écumeur.

La production d'air au fond du dessableur est assurée par deux suppresseurs (un qui marche plus un de secours) de 980 m³/h. [8]



Figure V.2 : le dessableur - déshuileur

A.3- Décanteur primaire :

Il y a deux décanteurs de forme circulaire, chacun a les dimensions suivantes :

- diamètre : 33 m
- surface : 855 m²
- profondeur : 3 m
- volume : 1473 m³

Chaque décanteur est équipé d'un pont racleur.

90 % des matières décantables seront éliminées et les boues fraîches seront raclées, puis transférées par pompage vers la stabilisation. [8]



Figure V.3 : le décanteur primaire

B- Traitement biologique :**B.1- Bassin d'aération :**

On a deux bassins d'aération et chaque bassin a les dimensions suivantes :

- forme : 35,4 m de côté
- hauteur d'eau : 4,0 m
- hauteur de béton : 5,0 m

Les eaux brutes arrivant dans le bassin d'aération sont brassées avec la liqueur mixte et les boues de circulation en provenance du décanteur secondaire.

Chaque bassin est équipé de quatre (04) aérateurs de surface installés sur des passerelles en béton.[8]



Figure V.4 : le bassin d'aération

B.2- Décanteur secondaire :

Il y a deux décanteurs de forme circulaire de :

- diamètre : 46 m
- surface : 1661 m²
- profondeur : 4 m

Les boues décantées sont divisées en deux parties. Une partie sera recyclée dans le bassin d'aération et l'autre partie refoulée vers le stabilisateur (dite boues en excès).

Les eaux clarifiées sont ensuite envoyées vers le poste de désinfection par chloration. [8]



Figure V.5 : le décanteur secondaire

C- Traitement tertiaire :

La désinfection consiste à détruire les germes pathogènes de l'effluent, elle est effectuée par un agent oxydant qui est le chlore.

Le bassin de chloration a une forme rectangulaire qui comprend un réservoir de stockage de chlore gazeux.

V. 4.2.2- Description des ouvrages de traitements des boues :**A- Le bassin de stabilisation :**

Il y a deux bassins de stabilisation, chacun a les dimensions suivantes :

- forme : 35,4 m de côté
- hauteur des boues : 4 m
- hauteur de béton : 5000 m³

Les boues fraîches arrivent dans le bassin et sont aérées par l'action de quatre (04) aérateurs de surface, à rotation lente, installés sur des passerelles en béton. Après stabilisation, les boues sont transférées vers l'épaississeur par une tuyauterie aérienne dotée de points de rinçage à l'eau sous pression. [8]



Figure V.6 : le bassin de stabilisation

B- L'épaississeur :

Les boues stabilisées arrivent dans un épaississeur mécanisé de 22 m de diamètre, [8]

- Pente de fond : 1/10
- Hauteur : 4 m
- Surface : 380 m²



Figure V.7 : L'épaississeur

C- Lits de séchage :

Les boues épaissies sont pompées vers les lits de séchage où elles sont séchées naturellement.

Les lits de séchage sont constitués de couches de gravier et de sable recouvrant une tuyauterie de drainage. [8]

- nombre : 36
- forme : 30 x 15 m
- surface unitaire : 450 m²
- nombre Eh/m² : 20



Figure V.8 : lits de séchage

V.5- Les Analyses :

V.5.1- Les normes des rejets :

Tableau V.2 : les normes de rejets urbaines.

<i>Paramètre</i>	<i>Unités</i>	<i>Valeurs maximales</i>
pH	---	5.5 à 8.5
Température	°C	30
MES	mg/l	30
DBO₅	mg/l	30
DCO	mg/l	90
Azote total	mg/l	50
Phosphates (PO₄)	mg/l	02
Huile et graisse	mg/l	20

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

La conductivité :

La mesure de la conductivité permet d'évaluer approximativement la minéralisation globale de l'eau, le tableau ci-dessous donne quelques indications sur la relation existante entre la minéralisation et la conductivité.

Tableau V.3 : relation entre la conductivité et la minéralisation des eaux.

<i>Conductivité (Ce) en µs/cm</i>	<i>Minéralisation</i>
Ce<100	très faible
100<Ce<200	Faible
200<Ce<333	Moyenne
333<Ce<666	moyenne accentuée
666<Ce<1000	Importante
Ce>1000	élevée.

V.5.2- Les paramètres analysés :

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

Température, Conductivité, pH, DCO, DBO₅, MES, NO₃⁻, NH₄⁺, NO₂⁻, et PO₄³⁻.

Les paramètres physiques tels que la température et le pH, la mesure a été réalisé in- situ par contre les paramètres chimiques 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.

Ainsi les analyses ont porté sur les éléments toxiques et les minéralisations globales.

Les résultats obtenus sont regroupés dans les tableaux suivants:

Tableau V.4 : Les résultats des analyses obtenus pour l'eau brute.

Eau brute	
<u>Paramètres physico-chimiques :</u>	
pH	8.21
Conductivité à 20 °C	820 µs /cm
Température	13.5 °C
MES	602 mg /l
Ammonium (NH ₄)	9.0 mg /l
Nitrates (NO ₃)	33.6 mg /l
Nitrites (NO ₂)	11.0 mg /l
Sulfure d'hydrogène	0.014 mg /l
DCO	780 mg /l
DBO ₅	340 mg /l
Phénols	0.903 mg /l
phosphate (PO ₄)	0.01 mg /l
<u>Minéralisation globale :</u>	
Calcium (Ca)	80 mg /l
Magnesium (Mg)	38 mg /l
Dureté (TH)	36 mg /l
Sulfate (SO ₄)	90 mg /l
Bicarbonate (HCO ₃)	604 mg /l
Carbonate (CO ₃)	00 mg/l
<u>Éléments toxiques :</u>	
Chrome hexavalent (Cr)	0.08 mg /l
Cyanures (CN)	0.001 mg /l
Cadmium (Cd)	15 µg /l
Plomb (Pb)	49 µg /l
Cuivre (Cu)	60 µg /l

Source : ONA (w.SETIF 7 Mai 2008)

Tableau V.5 : Les résultats des analyses obtenus pour l'eau épurée.

Eau épurée	
<u>Paramètres physico-chimiques :</u>	
pH	7.78
Conductivité à 20 °C	812 $\mu\text{s/cm}$
Température	12.9 °C
MES	5 mg /l
Ammonium (NH ₄)	4.3 mg /l
Nitrates (NO ₃)	30.3 mg /l
Nitrites (NO ₂)	12.5 mg /l
Sulfure d'hydrogène	0.007 mg /l
DCO	45 mg /l
DBO ₅	10 mg /l
Phénols	0.426 mg /l
phosphate (PO ₄)	0.05 mg /l
<u>Minéralisation globale :</u>	
Calcium (Ca)	97 mg /l
Magnesium (Mg)	29 mg /l
Dureté (TH)	36 °F
Sulfate (SO ₄)	125 mg /l
Bicarbonate (HCO ₃)	540 mg /l
Carbonate (CO ₃)	00 mg/l
<u>Éléments toxiques :</u>	
Chrome hexavalent (Cr)	0.01 mg /l
Cyanures (CN)	0.001 mg /l
Cadmium (Cd)	1.0 $\mu\text{g/l}$
Plomb (Pb)	110 $\mu\text{g/l}$
Cuivre (Cu)	21 $\mu\text{g/l}$

Source : ONA (w.SETIF 7 Mai 2008)

V.6- Interprétation des résultats :

D'après les résultats des tableaux (V.4, V.5) on constate que :

La température et le pH de l'eau épurée correspondent aux normes de rejet ;

L'eau épurée est moyennement dure, donc le problème d'entartage de canalisation est à prendre en considération dans le cas de l'utilisation dans l'agriculture ;

. La conductivité qui est de 812 $\mu\text{s/Cm}$ est assez bonne et elle nous renseigne sur la minéralisation de l'eau épurée ; et d'après la valeur de la conductivité

$666 < (812 \mu\text{s/cm}) < 1000$ donc la minéralisation est importante.

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

La teneur de l'eau épurée en éléments nutritifs est assez élevée notamment en composés azotes.

Conclusion :

D'après les résultats qui ont été obtenus avant et après le traitement, on remarque que le traitement effectué par la STEP de AIN SFIHA est efficace (rendement est de l'ordre de 97%), et que les normes des rejets sont respectées; donc il n'y a pas un risque sur le milieu récepteur.

CHAPITRE VI :
PRESENTATION DU SITE D'ETUDE

VI.2- Caractéristiques physiques du site :

VI.2.1- Caractéristiques climatiques :

La station météorologique professionnelle de Sétif appartenant au réseau O.N.M a été retenue comme référence pour l'interprétation des données.

Les données climatiques considérées concernent essentiellement les précipitations, les températures et d'autres phénomènes climatiques (vent, insolation, humidité, grêle, neige, orage, etc.).

Tableau VI.1 : Station de référence.

	<i>Période d'observation</i>	<i>Source</i>	<i>Latitude</i>	<i>Longitude</i>	<i>Altitude</i>	<i>Observations</i>
Station de Sétif	1997 - 2007	O.N.M	36°11' N	05° 15' E	1083 m	Données complétées

VI.2.1.1- Précipitations :

Tableau VI.2 : Répartition de la pluviométrie donnée par la station.

<i>Mois</i>	<i>S</i>	<i>O</i>	<i>N</i>	<i>D</i>	<i>J</i>	<i>F</i>	<i>M</i>	<i>A</i>	<i>M</i>	<i>J</i>	<i>Jt</i>	<i>A</i>	<i>Cumul Annuel (mm)</i>
Station de Sétif	52,9	31,0	42,4	42,6	38,4	29,4	28,5	32,5	45,2	18,0	7,4	12,5	380,9

Source: ONM 1997-2007

D'après le tableau ci-dessus, on note une moyenne annuelle pluviale de 380,9 mm

Les pluies les plus intenses sont observées aux mois de Septembre, Novembre, Décembre et Mai avec respectivement 52,9 mm, 42,4 mm, 42,6 mm et 45,2 mm.

La commune est située sur une zone moyennement pluvieuse recevant en moyenne 380,9 mm pendant 94 jours de pluie avec un maximum de 11,2 jours au mois de décembre et un minimum de 2,5 jours au mois de juillet.

Le maximum est enregistré au mois de Septembre avec 52,9 mm, quant au minimum, il est observé au mois d'Août avec 12,5 mm.

Le régime des pluies est variable, il comporte des averses concentrées, intenses mais peu fréquentes, survenant surtout pendant une saison pluvieuse qui ne dure guère plus de 06 mois.

Tableau VI.3 : Répartition mensuelle et saisonnière des précipitations.

<i>Saisons</i>	<i>Automne</i>			<i>Hiver</i>			<i>Printemps</i>			<i>Eté</i>			<i>Cumul Annuel mm</i>
<i>Mois</i>	<i>S</i>	<i>O</i>	<i>N</i>	<i>D</i>	<i>J</i>	<i>F</i>	<i>M</i>	<i>A</i>	<i>M</i>	<i>J</i>	<i>Jt</i>	<i>A</i>	
Répartition	126,3 mm			110,4 mm			106,2 mm			37,9 mm			380,9
Moyenne Mensuelle	52,9	31	42,4	42,6	38,4	29,4	28,5	32,5	45,2	18,0	7,4	2,5	380,9
Pluie maximum	49,0	39	31,0	37,1	21,0	31,0	21,0	27,2	33,0	18,0	8,8	23,0	8,7
Nombre jours pluie	8,7	7,1	10,4	11,2	9,7	8,8	8,4	9,3	7,7	5,3	2,5	5,2	94,2

Source: ONM 1997-2007

Le maximum des précipitations se produit en automne avec une moyenne saisonnière de 126,3 mm, tandis que durant l'été on observe un minimum de 37,9 mm. Des pluies torrentielles caractérisent cette région. Elles surviennent au mois de septembre avec des valeurs moyennes élevées de 52,9 mm.

La saison pluvieuse dure environ 6 mois et se divise en deux périodes. C'est une distribution intermédiaire dont le rythme général appartient relativement à la méditerranée.

Les chutes de pluie sont réparties sur les 03 saisons à raison de plus de 100 mm par trimestre

VI.2.1.2- Températures :

Le climat est caractérisé par une saison froide relativement tempérée, durant laquelle des perturbations cycloniques apportent des pluies souvent substantielles surtout sur les reliefs, suivies d'une période chaude.

Tableau VI.4 : Relevés des températures en ° C.

<i>Mois</i>	<i>S</i>	<i>O</i>	<i>N</i>	<i>D</i>	<i>J</i>	<i>F</i>	<i>M</i>	<i>A</i>	<i>M</i>	<i>J</i>	<i>Jt</i>	<i>A</i>	<i>Moyenne Annuelle</i>
Minimale	15,4	11	6	2,6	1,9	2,4	4,7	6,1	11,5	15,9	19,2	19,5	9,67
Maximale	27,1	21,2	15,2	10,6	9,8	11,9	14,6	17,0	23,4	29,4	32,9	32,7	22,43
Moyenne	20,7	15,6	9,8	6,3	5,4	6,7	3,3	11,2	17,1	22,5	25,8	25,6	14,67
Mini Absolu	4,5	0,6	3,2	5,0	4,9	6,9	4,5	3,1	1,3	5,3	9,7	9,9	
Max Absolu	37,1	0,9	32	18,4	21,3	21,6	28,0	29,4	38,4	39,0	39,6	39,3	

Source: ONM 1997-2007

L'analyse de ces moyennes montre qu'au niveau mensuel, il ressort une forte amplitude thermique, les températures diminuent pendant les trois mois d'hiver, (Décembre, Janvier, Février) d'un minima de (5,47 °C) et elles progressent pendant les trois mois d'été (Juin, Juillet, Août) d'un maxima de (25,8 °C), l'écart entre ces deux extrêmes donne une amplitude thermique de (20,4 °C). Quant à la température moyenne elle est de 14,67 °C.

Les températures maximales absolues et les températures minimales absolues montrent une forte amplitude thermique caractéristique des régions Méditerranéennes.

L'ensemble des données de températures montre que l'hiver est très froid et l'été très chaud.

VI.2.1.3- Autres paramètres climatiques :

VI.2.1.3.1- Humidité relative de l'air:

Dans la station de Sétif, et pour une période de 11 ans de (1997 – 2007), l'humidité se présente ainsi:

Tableau VI.5 : Moyenne mensuelle et annuelle (%).

<i>Mois</i>	<i>S</i>	<i>O</i>	<i>N</i>	<i>D</i>	<i>J</i>	<i>F</i>	<i>M</i>	<i>A</i>	<i>M</i>	<i>J</i>	<i>Jt</i>	<i>A</i>	<i>Moyenne Annuelle</i>
Humidité (%)	53	61	72	77	75	68	63	58	53	41	35	38	57,83

Source: ONM 1997-2007

L'humidité se manifeste durant sept mois dans l'année, du mois d'octobre au mois d'avril où les valeurs sont toutes supérieures à la moyenne annuelle. Le reste de l'année, notamment la période qui coïncide avec les fortes températures, l'humidité ne s'abaisse pas au dessous de 35 %.

VI.2.1.3.2- Insolation :

Tableau VI.6 : Nombre moyen d'heures par jour d'insolation.

<i>Mois</i>	<i>S</i>	<i>O</i>	<i>N</i>	<i>D</i>	<i>J</i>	<i>F</i>	<i>M</i>	<i>A</i>	<i>M</i>	<i>J</i>	<i>Jt</i>	<i>A</i>	<i>Moyenne Annuelle</i>
Heures /jour	8,9	7,6	6,3	5,8	5,9	7,4	7,7	8,7	9,7	10,7	11,5	10,4	8,38

Source: ONM 1997-2007

Le phénomène d'insolation qui est défini par le nombre d'heures pendant les quelles le soleil a brillé, est enregistré durant toute l'année avec des valeurs variables, les plus importantes ont lieu en période chaude allant d'Avril au mois de Septembre, la valeur la plus élevée est celle du mois de Juillet avec (11.5 heures).

Les moyennes inférieures à 8,38 heures (moyenne annuelle) sont enregistrées dans les six mois de la période froide, elles atteignent leurs minima au mois de Décembre avec 5,8 heures.

VI.2.1.3.3- Gelée :

Tableau VI.7 : Nombre de jours de Gelée.

<i>Mois</i>	<i>S</i>	<i>O</i>	<i>N</i>	<i>D</i>	<i>J</i>	<i>F</i>	<i>M</i>	<i>A</i>	<i>M</i>	<i>J</i>	<i>Jt</i>	<i>A</i>	<i>cumul Annuel</i>
jours	0	0.2	5.7	13.8	15.3	13.5	9.04	4.8	0.8	0	0	0	63.2

Source: ONM 1997-2007

D'après le tableau, on relève un total annuel de 63,2 jours/an. Nous enregistrons durant le printemps 13 jours de gelées, qui se manifestent au moment de la floraison des espèces arboricoles.

VI.2.1.3.4- Neige :**Tableau VI.8 :** Nombre de jours de Neige.

<i>Mois</i>	<i>S</i>	<i>O</i>	<i>N</i>	<i>D</i>	<i>J</i>	<i>F</i>	<i>M</i>	<i>A</i>	<i>M</i>	<i>J</i>	<i>Jt</i>	<i>A</i>	<i>cumul Annuel</i>
jours	0	0	0.3	2.2	2.7	3.7	0.8	0.7	0	0	0	0	10.4

Source: ONM 1997-2007

10,4 jours de chute de neige sont enregistrés au niveau de la station de Setif, elles débutent en hiver et se prolongent jusqu'au printemps.

VI.2.1.3.5- Grêles :**Tableau VI.9 :** Nombre moyen de jours de Grêles.

<i>Mois</i>	<i>S</i>	<i>O</i>	<i>N</i>	<i>D</i>	<i>J</i>	<i>F</i>	<i>M</i>	<i>A</i>	<i>M</i>	<i>J</i>	<i>Jt</i>	<i>A</i>	<i>cumul Annuel</i>
jours	0.8	0.2	0.1	0.1	0	0.1	0.3	0.1	1.6	0.2	0.3	0.3	4.1

Source: ONM 1997-2007

La durée moyenne de chutes de grêles est de 4,1 jours/an. Elles surviennent au printemps et à un degré moindre en automne.

VI.2.1.3.6- Vitesse du vent :

La vitesse moyenne des vents est considérée comme « modérée » (2,9 m/s).

Tableau VI.10 : Moyenne mensuelle de la vitesse des vents.

<i>Mois</i>	<i>J</i>	<i>F</i>	<i>M</i>	<i>A</i>	<i>M</i>	<i>J</i>	<i>Jt</i>	<i>A</i>	<i>S</i>	<i>O</i>	<i>N</i>	<i>D</i>	<i>Moyenne annuelle</i>
Vitesse (m/s)	2,5	2,7	3,1	3,5	3,1	3,0	2,9	2,9	2,8	2,7	3,0	2,8	2,92 m/s

Source: ONM 1997-2007

VI.2.1.3.7- Le Sirocco :

Le nombre de jours de sirocco enregistré est de 10 jours Il peut constituer une contrainte pour les cultures, des irrigations d'appoint seront nécessaires à partir de juin.

Tableau VI.11 : Nombre de jours de sirocco.

<i>Mois</i>	<i>J</i>	<i>F</i>	<i>M</i>	<i>A</i>	<i>M</i>	<i>J</i>	<i>Jt</i>	<i>A</i>	<i>S</i>	<i>O</i>	<i>N</i>	<i>D</i>	<i>total annuel</i>
<i>Nombre de jours</i>	0	0	0.4	0.9	1.9	2.3	1.9	1.5	0.7	0.4	0	0.1	10.2

Source: ONM 1997-2007

VI.2.1.3.8- Les Orages :

Ce sont des pluies torrentielles à caractère local qui se déversent durant toute l'année avec des fréquences importantes en période de printemps et été.

Tableau VI.12 : Nombre de jours d'orage.

<i>Mois</i>	<i>J</i>	<i>F</i>	<i>M</i>	<i>A</i>	<i>M</i>	<i>J</i>	<i>Jt</i>	<i>A</i>	<i>S</i>	<i>O</i>	<i>N</i>	<i>D</i>	<i>total annuel</i>
<i>Nombre de jours</i>	0.5	0.8	1.4	2.6	4.2	5.8	3.9	6.1	7.9	2.7	1.4	0.7	38.4

Source: ONM 1997-2007

Le mois de septembre est le plus orageux avec 7,9 jours. Au total on compte 3,2 jours d'orage par mois en moyenne pendant l'année.

Ce sont les eaux excédentaires de ces averses qui causent des dégâts aux cultures et nécessitent un traitement spécial à travers la commune.

VI.3- Indices Climatiques :**VI.3.1- Quotient pluviométrique d'Emberger :**

3,43

$Q = \frac{M - m}{P}$

M - m

Q : Quotient d'Emberger

P : Moyenne des précipitations annuelles exprimées en mm

M : Moyenne des températures maximales (°C) du mois chaud

m : Moyenne des températures minimales (°C) du mois le plus froid.

Le quotient d'Emberger calculé en utilisant les données de la station de Sétif, est le suivant :

Tableau VI.13 : paramètres et quotient d'Emberger.

<i>P (mm)</i>	<i>M°C</i>	<i>m°C</i>	<i>Q</i>	<i>Etage bioclimatique</i>	<i>Variante thermique</i>
380,9	32,9	1,9	42,14	Semi – aride	Frais

Source: ONM 1997-2007

Cette valeur du quotient pluviométrique d'Emberger classe le climat de la commune dans l'étage bioclimatique semi-aride à hiver frais.

VI.3.2- Indice d'aridité :

PA

A = -----

T+10

A : indice de De Matonne

PA : Précipitation moyenne annuelle

T : température moyenne annuelle

VI.3.3- Indice annuel :

L'indice d'aridité annuel s'élève à 15,4. Il est inférieur à 20 ou l'irrigation n'est pas indispensable mais juste d'appoint.

VI.3.4- Indice mensuel :

Pm

Am = 12 -----

Tm + 10

Dans la quelle :

Am : indice d'aridité mensuel

Pm : Pluviométrie moyenne mensuelle

Tm : Température moyenne mensuelle

L'application de la formule a permis de calculer les valeurs mensuelles de l'indice d'aridité qui sont indiquées dans le tableau suivant :

Tableau VI.14 : Indice d'aridité mensuel.

<i>Mois</i>	<i>Pluie (mm)</i>	<i>Température (mm)</i>	<i>Indice d'Aridité</i>	<i>Mensuel Observation</i>
Janvier	38,4	5,4	29,9	Irrigation d'appoint
Février	29,4	6,7	21,1	Irrigation d'appoint
Mars	28,5	9,3	17,7	Irrigation indispensable
Avril	32,5	11,2	18,4	Irrigation indispensable
Mai	45,2	17,1	20,0	Irrigation d'appoint
Juin	18,0	22,5	6,6	Irrigation indispensable
Juillet	7,4	25,8	2,5	Irrigation indispensable
Août	12,5	25,6	4,2	Irrigation indispensable
Septembre	52,9	20,7	20,6	Irrigation d'appoint
Octobre	31,0	15,6	14,5	Irrigation indispensable
Novembre	42,4	9,8	25,7	Irrigation indispensable
Décembre	42,6	6,3	31,3	Irrigation indispensable

Source: ONM 1997-2007

On compte 4 mois humides d'octobre à avril dont les valeurs de l'indice d'aridité sont supérieures à 20 et où l'irrigation n'est pas indispensable.

Par contre, les mois secs s'étalent du mois de mai à septembre avec des valeurs qui sont inférieures à 20 et où l'irrigation devient nécessaire.

VI.4- Calcul de l'évapotranspiration potentielle :

Les résultats des calculs sont représentés ci-après :

Tableau VI.15 : Calcul d'ETP (mm/mois) par Panman et Turc.

<i>Mois</i>	<i>J</i>	<i>F</i>	<i>M</i>	<i>A</i>	<i>M</i>	<i>J</i>	<i>J</i>	<i>A</i>	<i>S</i>	<i>O</i>	<i>N</i>	<i>D</i>	<i>Total</i>
<i>Penman</i>	24	41	78	109	151	182	199	180	123	77	37	21	1222
<i>Turc</i>	30	42	70	92	140	178	201	184	116	82	47	30	1212

Source: ONM 1997-2007

Les chiffres du tableau N°15 montrent que la formule de Penman et celle de Turc donnent des résultats presque identiques.

VI.5- Types de Sols

Les sols inventoriés au niveau du périmètre de Ain Sfiha sont répartis suivant la classification de l'ANRH en quatre (04) classes :

- sols peu évolués ;
- Sols calcimagnésiques ;
- Vertisols ;
- Sols sesquioxydes de fer.

Le périmètre présente trois zones homogènes de mise en valeur, zones I,II, et III

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

Ils sont riches en calcaire total et actif et bien prouves en élément nutritifs N, P, K. Par conséquent, ils nécessitent des amendements humiques et une fertilisation minérale.

Zone II : Ce sont des sols qui présentent des niveaux limitants (croûtes et encroûtement calcaires) à des faibles profondeurs.

Ils sont peu profonds de textures moyenne, pauvres en matières organique et en éléments fertilisant mais riches en calcaires et la pente varie de 1 à 5%.

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

Zone III : ce sont des sols peu profonds, rocailloux ou occupant des pentes variant entre 6 et 15%.

L'aptitude est nulle pour les différentes cultures.

VI.6-Le choix des cultures :

VI.6.1-Définition de la ressource en eau :

La station d'épuration est située au sud de la ville de Sétif et à proximité de l'extrémité amont du périmètre assurera l'irrigation des terres du périmètre de AIN SFIHA.

Le débit d'eau traité par la station d'épuration qui est de 49500 m³/j soit 572.92 l/s, est destiné pour l'irrigation du périmètre d'étude.

Les normes de rejet après le traitement sont :

- * DBO₅ <30mg/l
- * MES <30mg/l
- * DCO <90mg/l

Taux de destruction des genres pathogènes est de 80%.

L'affectation de débit de rejet prévue par la direction de l'hydraulique de la wilaya de Sétif est comme suite :

- Irrigation 75%.
- Industrie 20%.
- Usages divers 5%.

Le débit d'équipement disponible de 572.92 l/s sera affecté à l'irrigation du périmètre de AIN SFIHA, d'une superficie de 800 ha située à l'aval de la station d'épuration

VI.6.2- Découpage du périmètre en îlots d'irrigation :

Nous rappelons les principes qui ont servi à l'établissement des îlots d'irrigation

- les îlots d'irrigation sont constitués par le groupement de plusieurs parcelles existantes ou leur fractionnement pour celles ayant des tailles importantes.
- La détermination des îlots a été effectuée de façon à leur donner la forme la plus régulière possible. Les limites des îlots coïncident généralement avec les limites parcellaires existantes.

VI.6.3- Les brises-vents :

Un quadrillage systématique du périmètre et des îlots est réalisé. Sa disposition est fonction de la direction des vents dominants à savoir Nord-Ouest pour la saison froide et Nord-Est pour la saison chaude. (cf Rose des vents).

Les brises-vents seront disposés en deux rangées distantes de 3.00 m et l'équidistance entre les arbres de 2.00m (source ; la direction de l'agriculture de la wilaya Sétif)

La disposition en quinconce ou l'alternance des arbres dans les deux rangées est conseillée car l'espacement dans la rangée est le même. Ceci contribue non seulement à combler des vides causés par la mortalité mais aussi à fournir des brises-vents d'une densité plus uniforme.

VI.6.4- Choix de la technique d'arrosage :

Le système d'irrigation adopté est l'aspersion. Le réseau est organisé suivant les principes des réseaux ramifiés et fonctionnera à la demande tout en permettant de satisfaire les besoins en eau des plantes pendant la période critique (mois de juin).

a) Avantages :

- Ne nécessite en aucune manière le nivellement préalable des sols.
- Peut être employée quelle que soit la nature du sol arrosé.
- Elle provoque une forte oxygénation de l'eau projetée en pluie.
- Elle réalise une importante économie d'eau.
- Elle assure une bonne homogénéité de la répartition des apports.
- Possibilité de réaliser des installations mobiles, susceptibles d'être déplacées suivant la nature des cultures, ce qui facilite les rotations culturales.

b) Inconvénients :

- Elle favoriserait l'évaporation qui est d'autant plus intense que les gouttelettes sont plus fines et l'air plus sec.
- Difficultés d'utilisation et efficacité réduite en régions ventées.
- Obligation de multiplier les traitements phytosanitaires en raison du lavage des appareils foliaires.
- Mouillage des feuilles favorisant les maladies cryptogamiques chez certaines espèces végétales.

- Mauvaise adaptation aux sols « battants », susceptibles de tassement superficiel sous l'impact des gouttes d'eau.
- Possibilités réduites pour l'arrosage avec des eaux résiduaires (formation d'aérosols).
- Déplacement du matériel difficile dans les zones à culture hautes.

Conclusion :

La commune de Sétif se caractérise par un bioclimat de type semi-aride à hiver frais avec une pluviométrie annuelle insuffisante de 380,9 mm. Ces conditions climatiques sont défavorables au développement de la végétation et des cultures.

Les gelées sont fréquentes et il faut les prendre en considération, notamment celles de printemps (mars avril) qui constituent une contrainte majeure.

En plus ; le caractère torrentiel de certaines pluies , conjugué aux fortes pentes, favorisent et amplifient le phénomène d'érosion.