

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Populaire et Démocratique

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة بلحاج بوشعيب - عين تموشنت

Université BELHADJ Bouchaib /Ain Temouchent



Domaine de Sciences et Technologie

Institut de Technologie

Département de Génie de l'Eau et de  
l'Environnement

Mémoire de fin d'études pour  
l'obtention du diplôme de Master

Filière :Hydraulique  
Spécialité:Hydraulique Urbaine

Thème :

Etude technico-économique des installations hydrauliques  
destinées à l'irrigation par la réutilisation des eaux usées  
épurées

Soutenu : Le 22/06/2022

Par

**LAMARI Halima Yasmine**

**ABDELALI Amani**

Devant le jury composé de :

Mr. BENCHEKOR.H	M.A.A	U.B.B.A.T	Présidente
Mr. NEHARI .A	M.A.A	U.B.B.A.T	Examinateur
Mme. BAGHLI. N	M.C.B	U.B.B.A.T	Encadreur
Mr. ABABOU. H	Ingénieur	U.B.B.A.T	Co-Encadreur

**Année Universitaire : 2021-2022**

## **Remercîments**

*Au terme de ce travail, nous remercions Dieu qui nous a aidés et donnés lapatience et le courage durant ces longues années d'étude*

*Nous voudrions exprimer notre gratitude à la Directrice de notre mémoire Madame **N.Baghi**, et au Co-directeur Mr **H.Ababou**. Nous les remercions denousnavoir encadrées, orientées, aidées et conseillées.*

*Aucun remerciement ne saurait être à la hauteur de l'aide et du soutien que Mr.**Djlil Abd Djlil**, d'après **DASA** qui nous a guidées de ses précieux conseil et son aide présieuse tout au longde ce travail.*

*Un grand remerciement pour le chef de la STEP de Ain Témouchent Monsieur**A.Khiaat**, Monsieur **K.Benallal**, et monsieur **R. Chaouche** toute l'équipe de la station pour leurs accueils et leurs Assistances.*

*Nos vifs remerciements vont à nos examinateurs de nous avoir fait l'honneur d'accepter d'examiner et de discuter ce travail.*

*Nous adressons nos sincères remerciements à tous les enseignants, aux orateurs età toutes les personnes qui ont guidé nos pensées avec leurs mots, leurs conseils et leurs critiques et qui ont accepté de nous rencontrer et de répondre à nos questions lors de nos recherches.*

## Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

Mes chers parents (Habib et Khadija) que je les  
Remercie énormément pour leurs sacrifices, leur  
soutien

et leurs encouragements durant toutes ces années;

Que Dieu les garde pour moi.

Ma sœur Aicha Khouloud et mes frères Mohammed  
Ayoub et Abderrahmane Hamadouch

Mon mari Begoug Ahmed

Mes grands-parents, Mes oncles et mes tantes

Toute la famille Abdelali et Bouidia.

Ma proche amie et mon binôme Lamari Halima  
Yasmine

Tous mes amis de promotion Hydraulique 2022

Toutes mes amies spécialement : Bentabba Yasmine,

Arabi Sarah, Riyahi Halima,

Tous ceux qui me connaissent.

Mme Amani Abdelali

## Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

A mes chers parents Khalid et Hadjria, aucun  
hommage ne pourrait être à la hauteur de l'amour  
dont ils ne cessent de me combler, qu'Allah leur  
procure bonne santé et longue vie.

A ma famille, mon frère Sofiane et ma petite Soeur  
Iness

A mon binôme et ma chère amie AbdelaliAmani.

Toute la famille Achour et Lamari .

Mes grands-parents, Mes oncles et mes tantes

A toute la promotion hydraulique 2022

Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin  
pour que ce projet soit possible, je vous dis merci.

Mlle Lamari Halima Yasmine.

## **Résumé**

La réutilisation des eaux usées épurées est une action volontaire et planifiée qui vise la production de quantités complémentaires en eau pour différents usages. En Algérie l'utilisation des eaux usées épurées pour l'irrigation des terres agricoles est encore à l'état « embryonnaire » et ne se pratique que sur de très faibles superficies et souvent à titre expérimentale. L'objectif principal de ce travail est de connaître le cadre réglementaire régissant l'usage des eaux non conventionnelles de la station d'épuration d'Ain Témouchent, ses capacités de production, la qualité des eaux épurées à la sortie et la possibilité de les réutiliser dans l'irrigation des terres agricoles. Les résultats de cette étude présentent un avantage écologique, environnemental, et technico-économique pouvant être exploités dans l'irrigation contrôlée, pour un type de culture précis qui sont les céréales.

**Mots clés** : STEP, Réutilisation des eaux usées , céréales.

## ملخص

إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة هو إجراء تطوعي ومخطط يهدف إلى إنتاج كميات إضافية من المياه لاستخدامات مختلفة. في الجزائر ، لا يزال استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة لري الأراضي الزراعية في حالة "جنينية" ولا يُمارس إلا في مناطق صغيرة جدًا وغالبًا على أساس تجريبي. الهدف الرئيسي من هذا العمل هو معرفة الإطار التنظيمي الذي يحكم استخدام المياه غير التقليدية من محطة معالجة مياه الصرف الصحي في عين تموشنت ، وقدراتها الإنتاجية ، وجودة المياه المعالجة عند المنفذ وإمكانية إعادة استخدامها في ري الأراضي الزراعية. تقدم نتائج هذه الدراسة ميزة بيئية، وتقنية اقتصادية يمكن استغلالها في الري المتحكم فيه، لنوع معين من المحاصيل وهو الحبوب

**الكلمات المفتاحية:** محطات معالجة مياه الصرف الصحي ، إعادة استخدام مياه الصرف الصحي ، حبوب

## **Abstract**

The reuse of treated wastewater is a voluntary and planned action that aims to produce additional quantities of water for different uses. In Algeria, the use of treated wastewater for the irrigation of agricultural land is still in the "embryonic" state and is only practiced on very small areas and often on an experimental basis. The main objective of this work is to know the regulatory framework governing the use of unconventional water from the Ain Témouchent wastewater treatment plant, its production capacities, the quality of the treated water at the outlet and the possibility of reuse in agricultural land irrigation. The results of this study present an ecological, environmental, and technical-economic advantage that can be exploited in controlled irrigation, for a specific type of crop which is cereals.

**Keywords:** WWTP, Wastewater reuse, cereals.

# Table des matières

Table des matières .....	8
Liste des figures .....	8
Liste des tableaux.....	9
INTRODUCTION GENERALE .....	1
Chapitre I.....	4
Généralités sur les eaux usées Et les procédés d'épuration .....	4
I.1 Introduction .....	4
I.2 Généralités sur les eaux usées .....	4
I.2.1 Définition des eaux usées .....	4
I.2.2 Les différents types d'eaux usées.....	4
I.3 Systèmes d'assainissement.....	5
I.3.1 Le système unitaire .....	5
I.3.2 Le système séparatif.....	5
I.3.3 Réseau mixte.....	6
I.3.4 Réseau pseudo-séparatif.....	6
I.4 La pollution des eaux .....	6
I.4.1 Classification de la pollution des eaux .....	6
I.5 Paramètres de la pollution des eaux usées .....	7
I.5.1 Paramètres organoleptiques .....	7
I.5.2 Paramètres physiques .....	7
I.5.3 Les paramètres chimiques .....	7
e. La conductivité électrique (CE).....	9
I.5.4 Les paramètres bactériologiques .....	9
a. Virus.....	9
b. Protozoaires .....	9

c. Les bactéries .....	9
d. Coliformes totaux.....	10
e. Coliformes fécaux.....	10
g. Les œufs d’Helminthes.....	10
I.5.5 L’équivalent Habitant (EH).....	11
I.6 Généralités sur l’épuration d’EU .....	11
I.6.1 Introduction.....	11
I.6.2 Rôle des stations d’épuration.....	11
I.6.3 La nécessité de l’épuration .....	11
I.6.4 Épuration des eaux usées .....	12
I.6.5 Normes de rejet internationales .....	12
I.6.6 Normes algériennes de rejet.....	13
CHAPITRE II.....	16
Réutilisation des eaux épurées.....	16
II.1 Introduction .....	16
II.2 Les différents types de réutilisations des eaux épurées .....	16
II.3 La réutilisation des eaux épurées dans le monde .....	17
II.4 La réutilisation des eaux usées épurées en Algérie .....	18
II.4.1 Cadre réglementaire en Algérie .....	19
II.5 La réutilisation des eaux épurées en Algérie en irrigation.....	20
II.5.1 les normes algériennes de la réutilisation des eaux épurées en irrigation.....	20
Chapitre III .....	23
Présentation de la zone d’étude d’Ain Temouchent .....	23
III.1 Introduction.....	23
III.3 La situation géographique.....	24
A.....	25
III.4 La situation de l’Assainissement.....	25
III.5 La Station d’épuration d’Ain Témouchant .....	26
III.6 La description des ouvrages de traitement de la filière eaux .....	27
III.6.1 Le déversoir d’orage .....	27
III.6.2 Le prétraitement.....	27

III.6.2.1 Dégrillage .....	28
III.6.3 Le traitement secondaire ou biologique .....	30
III.6.4 Le traitement tertiaire.....	31
a. Le clarificateur (décantation) .....	31
III.6.4 La description des ouvrages de traitement de la filière boues .....	33
III.7 L'extension de la STEP d'Ain Témouchent .....	33
III.8 Laboratoire de la station .....	34
III.9 Conclusion .....	35
Chapitre IV .....	37
Irrigation.....	37
IV.1 Introduction.....	37
IV .2 Définition de l'irrigation.....	37
IV.3 Les facteurs élémentaires de l'irrigation .....	38
IV.3.1 Le sol .....	38
a. Propriétés physiques .....	38
b. Propriétés chimiques .....	39
IV.3.2 L'eau.....	39
IV.3.3 Les cultures .....	40
IV.4 L'irrigation dans le monde .....	40
IV.5 Choix de la technique et du système d'irrigation.....	41
IV.5.1 Irrigation gravitaire (traditionnelle).....	42
➤ L'irrigation par infiltration (à la raie).....	43
IV.5.2 Irrigation par aspersion.....	46
IV.5.3 Irrigation localisée (Goutte à Goutte).....	49
a. Installation d'un réseau d'irrigation localisée .....	49
IV.6 Conclusion .....	52
Chapitre V .....	54
Etude technico-économique des aménagements hydrauliques.....	54
V.1 Introduction.....	54
V.I.1 présentation du périmètre d'irrigation.....	54

V.I.3 Evolution des céréales .....	61
V.I.4 Besoins d'eau pour l'irrigation .....	62
V.I.5 Le bilan hydrique .....	63
V.I.5.1 Déficit en eau .....	63
V.I.5.2 Déficit pluviométrique (climatique) .....	63
V.I.5.3 La dose réelle d'irrigation dr.....	64
V.I.5.4 L'évapotranspiration (ET) .....	64
V.I.6 L'évapotranspiration de références ET <sub>0</sub> .....	64
V.I.7 L'évapotranspiration potentielle ETP.....	64
V.I.8 Choix du coefficient cultural .....	65
V.I.9 Besoins en eau des cultures B.....	66
V.I.10 Besoins en eau net d'irrigation B <sub>n</sub> .....	66
Discussion des résultats.....	67
Chapitre VII.....	68
VII.1 Calcul de la Disponibilité en eau épurée à l'horizon de 30 ans de la STEP de AT .....	69
VII.1.1 Estimation de la population actuelle .....	69
1/Ain T'émouchent .....	69
2/ Sidi Ben Adda .....	70
• Estimation de population.....	70
VII.1.2 Estimation des débits des équipements .....	71
V.II.1 .3 Estimation des débits entrant et sortant de la STEP.....	72
V.II.2 Supposition : .....	73
VII.3 Le cout d'1 m <sup>3</sup> d'eau épurée .....	74
Conclusion générale Conclusion Générale .....	77
Liste des abréviations.....	80
Bibliographie .....	81

# Liste des figures

Figure.1 : Schéma de la réutilisation directe et indirecte des eaux usées(Landreau, 1982).	16
Figure 2 Volume moyen journalier des eaux usées réutilisées en Europe et quelques pays méditerranéens(Jurisiez et Asano,2007) .....	17
Figure.3 :3Différents types de réutilisation suivant les zones géographiques (Mm3/j(FAO, 2010) .....	18
Figure 4 Les principaux rejets de la ville d'Ain Témouchent vers la STEP sur Auto CAD .....	25
Figure 5 La STEP d'Ain Témouchent .....	26
Figure 6 Le déversoir d'orage. ....	27
Figure 7 Grille mécanique grossière .....	28
Figure 8 Les grilles fines motorisées. ....	29
(La notice de l'exploitation de la STEP, 2013) .	.
Figure 9 Les deux déssableurs–déshuileurs. ....	30
Figure 10 Le bassin de désinfection.....	32
Figure 11 Lit de séchage .....	33
Figure 12 Epaisseur .....	33
Figure 13 les différents systèmes d'irrigation.....	41
Figure 14 Irrigation gravitaire. ....	42
Figure 15 Irrigation par planche .....	43
Figure 16 Irrigation à la raie .....	43
Figure 17 Irrigation par submersion .....	44
Figure 18 Irrigation par aspersion.....	46
Figure 19 Champ irrigué par la technique d'aspersion .....	46
Figure 20 L'enrouleur .....	47
Figure 21 Irrigation localisée.....	50
Figure 22 Courbe de coefficients culturaux et définition des phases (Allen et al., 1998). ..	66

# Liste des tableaux

Tableau 1 Normes de rejets internationaux (OMS) .....	12
Tableau 2 Les valeurs limites des paramètres de rejet dans un milieu récepteur (JOURNAL OFFICIEL, 2006).....	14
Tableau II.1. Tableau 3 Les normes algériennes d'irrigation. (Journal officiel, 2012). .....	20
Tableau 4 présentation des ouvrages de l'extension.....	33
Tableau 5 Le bulletin hebdomadaire des analyses des eaux usées .....	40
Tableau 6 Bulletin hebdomadaire des analyses des eaux usées .....	55
Tableau 7. Guide technique .....	64
Tableau 8 Calcul de l'Evapotranspirations moyenne mensuelles d'ain temouchent (mm) .	65
Tableau 9 Les besoins en eau d'irrigation des céréales .....	67

# INTRODUCTION GENERALE

L'eau est indispensable à la terre et à ses habitants, elle est une ressource vitale pour l'homme, sa survie, sa santé, son alimentation ; elle l'est également pour ses activités agricoles, industrielles et touristiques, et la qualité de son environnement en dépend. (ZEGHOUD, 2013)

La réutilisation des eaux usées traitées est répandue dans de nombreux pays où les ressources en eau pour l'irrigation sont rares. Ceci est particulièrement important pour notre pays car il est principalement sec ou semi-sec. En Algérie, l'utilisation des eaux usées traitées pour irriguer les terres agricoles n'est pratiquée que sur de très petites surfaces et souvent à titre expérimental.

L'eau est économique, sociale et écologique. Par conséquent, il est nécessaire et important d'assurer sa disponibilité grâce à des modes d'utilisation durables qui lui permettent de répondre aux besoins actuels sans compromettre l'équilibre environnemental. Par conséquent, il est nécessaire de conserver les ressources en eau en gérant efficacement l'ensemble du cycle d'utilisation de l'eau en combinant l'utilisation rationnelle de ces ressources naturelles en eau avec d'autres sources d'eau, y compris le traitement des eaux usées.

Dans ce contexte, l'objet de nos travaux est l'analyse technico-économique de l'exploitation de la STEP d'Ain Témouchent et de son extension ainsi que celle des aménagements hydro-agricoles post STEP. L'intérêt est d'autant plus intéressant en considérant le taux de population de la wilaya d'Ain Témouchent avec leurs différents besoins en eau qui ne cessent d'augmenter. Ce taux est estimé actuellement et à l'horizon de 30 ans dans les trois communes Ain Temouchant, Sidi ben Adda et Chabat El ham.

Nous essayerons de diagnostiquer par une étude comparative et de proposer des solutions tenant compte des réalités actuelles et futures de la STEP actuelle et de son extension.

Ce travail, étant une contribution aux études liées au sujet de la réutilisation des eaux usées épurées, a été concrétisée par un stage pratique au niveau de la station d'épuration des eaux

usées d'Ain Témouchent, des enquêtes sur le terrain et à la Direction des Services Agricoles. Il est structuré en 5 chapitres :

Dans premier chapitre nous nous appuyons sur un ensemble de connaissances bibliographiques actualisées sur les eaux usées et leurs procédés d'épuration.

Le deuxième chapitre est consacré à la réutilisation des eaux usées épurées : différents types, dans le monde et en Algérie tout en mettant l'accent sur la réutilisation des eaux usées épurées en irrigation.

Quant à la description de la région d'étude et la présentation de la STEP de Ain Témouchent et le bon fonctionnement des ouvrages d'épuration, a été dédié au troisième chapitre.

Le quatrième chapitre est consacré à l'irrigation, ses facteurs élémentaires et ses diverses techniques.

Enfin, le dernier chapitre traite l'étude de l'exploitation et de l'attribution de la STEP d'Ain Témouchent avec une étude comparative des superficies irriguées par les eaux épurées et appliquées par les céréales du 2018 jusqu'à 2022, on se termine calculant les besoins en eau d'irrigation de cette culture.

Ce mémoire se termine par une conclusion générale.

# Chapitre I

# Chapitre I

## Généralités sur les eaux usées Et les procédés d'épuration

### I.1 Introduction

Une fois que l'eau est utilisée par les résidents ou l'industrie, elle est rejetée dans l'environnement.

Naturellement, nous passons aux eaux usées.

Les eaux usées, qu'elles soient d'origine domestique ou industrielle, sont produites par un

Un réseau d'égouts complexe avant traitement en station d'épuration

rejeté dans le milieu naturel. Dans les ressorts, les soins varient d'une personne à l'autre

La nature de ces eaux usées et leur susceptibilité à recevoir une contamination environnementale (BERRAHAL, 2014).

### I.2 Généralités sur les eaux usées

#### I.2.1 Définition des eaux usées

'Ramade' (2000) définit les eaux usées comme étant des eaux ayant été utilisées pour des usages domestiques, industriels ou même agricoles, constituant donc un effluent pollué et qui sont rejetées dans un émissaire d'égout. Les eaux usées regroupent les eaux usées domestiques (les eaux vannes et les eaux ménagères), les eaux de ruissellement et les effluents industriels (eaux usées des usines) ((BAUMONT, 2004).

#### I.2.2 Les différents types d'eaux usées

Dans les ouvrages et les rapports d'études spécialisés, les eaux usées sont souvent présentés en trois classes :

- 1- Les eaux usées domestiques.
- 2- Les eaux usées industrielles.
- 3- Les eaux urbaines.

### **a. Les eaux domestiques**

Les eaux usées sont un mélange « d'eau récupérée » (principalement salles de bains et cuisines) et d'eau noire ou d'eau domestique, également appelée « eau noire » (toilette). Cette eau contient des matières en suspension, des matières organiques, de l'azote, du phosphore, des bactéries fécales et divers produits de l'activité humaine à la maison (détergents, cosmétiques, médicaments, etc.) (JEAN RODIER, 2009).

### **b. Les eaux usées industrielles**

Elles sont très différentes des eaux usées domestiques. Leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. En plus de matières organiques, azotées ou phosphorées, elles peuvent également contenir des produits toxiques, des solvants, des métaux lourds, des micropolluants organiques et des hydrocarbures (BERRAHAL, 2014)

Les eaux urbaines

Les eaux usées urbaines comprennent les eaux usées domestiques et les eaux de ruissellement (eaux pluviales, eaux d'arrosage des voies publiques, eaux de lavage des caniveaux, des marchés et des cours). Les eaux qui ruissellent sur les toitures, les cours, les jardins, les espaces verts (Raymond, 1997).

## **I.3 Systèmes d'assainissement**

L'assainissement de l'eau constitue l'ensemble des dispositions relatives à l'évacuation des liquides d'une agglomération et à leurs traitements, de manière qu'ils ne puissent provoquer aucune nuisance pour l'hygiène publique.

Il existe deux différents systèmes à savoir :

### **I.3.1 Le système unitaire**

(Tout à l'égout) qui reçoit dans un réseau unique les eaux usées et les eaux pluviales (collecte les eaux pluviales et les eaux usées (BENAICHA, 2020).

### **I.3.2 Le système séparatif**

Comportant deux réseaux de canalisation différents pour collecter les eaux usées vers la station d'épuration et l'autre pour collecter les eaux pluviales vers un point de rejet dans le terrain naturel (BENAICHA, 2020).

### **I.3.3 Réseau mixte**

C'est un réseau constitué suivant les zones en partie en système unitaire et en partie en système séparatif. (BERRAHAL, 2014)

### **I.3.4 Réseau pseudo-séparatif**

C'est un réseau séparatif où le réseau d'eaux usées peut recevoir certaines eaux pluviales (BERRAHAL, 2014).

## **I.4 La pollution des eaux**

Une eau polluée est une eau qui a subi par l'activité humaine, directement ou indirectement ou sous l'action d'un effet biologique ou géologique, une modification de son état ou de sa composition qui a pour conséquence de la rendre impropre à l'utilisation à laquelle elle est destinée.

### **I.4.1 Classification de la pollution des eaux**

#### **a. Pollution physique**

Elle est due aux agents physiques (tout élément solide entraîné par l'eau). Elle comprend la pollution mécanique (effluents solides), la pollution thermique (réchauffement de l'eau par des usines) et la pollution atomique (résidus des usines atomiques et accidents nucléaires). (Rahou, 2014)

#### **Pollution organique**

Elle est engendrée par le développement des eaux usées domestiques ou résiduaires provenant des Industries textiles, papeteries, industries de bois, d'abattoirs et l'industrie alimentaire. (METAHRI, 2016)

#### **b. Pollution chimique**

Substances minérales ou organiques extraites, synthétisées et rejetées par ou pour les activités humaines : produits chimiques de synthèse (à base d'hydrocarbure, de charbon, de produits halogénés, de l'azote).

#### **c. Pollution biologique (microbienne)**

Pollution par des micro-organismes - d'origine humaine ou animale - potentiellement pathogènes pour l'homme ou les espèces vivantes (Ladjel, 2011)

## **I.5 Paramètres de la pollution des eaux usées**

La qualité d'une eau usée s'évalue en fonction des paramètres suivants :

### **I.5.1 Paramètres organoleptiques**

Les eaux usées brutes sont des couleurs et des odeurs, la couleur due aux matières organiques dissoutes ou colloïdes par des composés chimiques solubles qui sont colorés. L'odeur est provoquée par les matières organiques (BEADRY, 1992).

### **I.5.2 Paramètres physiques**

#### **a. La température**

La température est un facteur écologique important dans la dissolution des sels et surtout des gaz (en particulier O<sub>2</sub>) dans l'eau ainsi que la détermination du pH et la vitesse des réactions chimiques surtout dans la nitrification et la dénitrification biologique. (Botta, 2001)

#### **b. Les matières en suspension (MES)**

Les MES sont les matières non solubles de diamètre supérieur à 1 µm existe dans l'eau, exprimée par l'unité de mg par litre, sont de nature biodégradable. Les MES transportent la plus grande part des microorganismes pathogènes contenus dans les eaux usées. Elles donnent un mauvais goût et une mauvaise odeur donc elle ne peut pas être utilisée pour la potabilité, mais elles peuvent être utilisées pour l'irrigation des cultures. (FABY, 1997)

#### **c. La turbidité**

Elle est inversement proportionnelle à la clarté de l'eau du fait de la présence de matières organiques ou minérales en suspension sous forme colloïdale dans les eaux usées. Elle varie selon la présence de matières en suspension (MES) dans l'eau (LAKHDARI, 2011).

### **I.5.3 Les paramètres chimiques**

#### **a. Le potentiel d'hydrogène (pH)**

Le pH indique la concentration en ions H<sup>+</sup> et le potentiel hydrogène. Par conséquent, il peut modifier l'équilibre entre les acides et les bases sur une échelle de 0 à 14 ; 7 est un pH neutre. Ceci est important des manières suivantes :

- propriétés physico-chimiques (acidité et alcalinité) ;

- l'efficacité de certains procédés (coagulation-floculation) ;
- Processus biologiques.

La valeur du pH doit être mesurée par un pH-mètre ou une méthode colorimétrique. (Taradat, 1992)

#### **b. La demande biochimique en oxygène pendant 5 jours (DBO5)**

La demande biochimique en oxygène, qui représente la quantité d'oxygène consommée par les bactéries, a été incubée à 20°C dans l'obscurité pendant 5 jours pour assurer l'oxydation biologique des matières organiques carbonées présentes dans l'eau brute (déchets). Ce paramètre mesure la quantité d'oxygène nécessaire pour décomposer la matière organique par oxydation aérobie. La mesure était basée sur la quantité d'oxygène consommée après 5 jours. (TANDIA, 2007)

#### **c. Demande chimique en oxygène (DCO)**

La DCO représente la quantité d'oxygène consommée par les matières dissous dans l'eau et oxydable dans des conditions opératoires bien définies . Elle est d'autant plus élevée qu'il y'a des corps oxydables dans le milieu. L'oxygène affecte pratiquement la totalité des matières organiques biodégradables et non biodégradables. La DCO est mesurée en mg d'O<sub>2</sub>/l. (Suschka, 1986)

La relation empirique de la matière oxydable en fonction de la DBO5 et la DCO est donnée par l'équation suivante :  $MO = (2 DBO5 + DCO) /$

#### **d. La biodégradabilité (K)**

La biodégradabilité traduit l'aptitude d'un effluent à être décomposé ou oxydé par les micro-organismes qui interviennent dans le processus d'épuration biologique des eaux.

La biodégradabilité est exprimée par un coefficient K, tel que  $K = DCO / DBO5$

- Si  $K < 1.5$  : cela signifie que les matières oxydables sont constituées en grande partie de matière fortement biodégradables ;
- Si  $1.5 < K < 2.5$  : cela signifie que les matières oxydables sont moyennement biodégradables ;
- Si  $2.5 < K < 3$  : les matières oxydables sont peu biodégradables ;
- $K > 3$  : les matières oxydables sont non biodégradables.

Un coefficient K très élevé traduit la présence dans l'eau d'élément inhibiteur de la croissance bactérienne.

La valeur du coefficient K détermine le choix de la filière de traitement à adopter, si l'effluent est biodégradable on applique un traitement biologique, sinon on applique un traitement physico-chimique. (LAKHDARI, 2011)

#### **e. La conductivité électrique (CE)**

La conductivité est la propriété que permet le passage d'un courant électrique. Elle fournit une indication précise sur la teneur en sels dissous (salinité de l'eau). La conductivité s'exprime en micro-Siemens par centimètre. Sa mesure est utile car au-delà de la valeur limite de la salinité correspondant à une conductivité de 2500  $\mu\text{Sm/cm}$ , la prolifération de microorganismes peut être réduite d'où une baisse du rendement épuratoire. (LAKHDARI, 2011)

### **I.5.4 Les paramètres bactériologiques**

Ils comprennent les virus, les bactéries, les protozoaires et les helminthes. Parmi les éléments pathogènes les plus rencontrés, on cite :

#### **a. Virus**

Les virus sont des parasites intracellulaires obligés qui ne peuvent se multiplier que dans une cellule hôte. On estime leur concentration dans les eaux usées urbaines comprise entre  $10^3$  et  $10^4$  particules par litre. (BERRAHAL, 2014)

#### **b. Protozoaires**

Ces sont des organismes unicellulaires munis d'un noyau, plus complexes et plus gros que les bactéries. Ils sont présents dans les eaux usées à l'état de kystes, comme *Entamoeba histolytica*, *Balantidium coli*, *Giardia intestinalis*, *Cryptosporidium parvum*. (RODIER, 2005)

#### **c. Les bactéries**

Les bactéries sont des organismes unicellulaires simples et sans noyau de taille comprise entre 0,1 et 10  $\mu\text{m}$ . Il existe environ  $10^6$  à  $10^7$  bactéries par 100 ml dans les eaux usées urbaines. Parmi ces bactéries, on trouve les salmonelles responsables de la typhoïde, des paratyphoïdes et des troubles intestinaux. (Draa el guendoul, 2006).

#### **d. Coliformes totaux**

Les bactéries coliformes existent dans les matières fécales mais se développent également dans les milieux naturels. Les eaux traitées ne doivent pas contenir de coliformes, car sont des risques pathogènes. (POTLON, 1998)

Ce sont de redoutables agents pathogènes, provoquant des diarrhées graves. (Keffala, 2006)

#### **e. Coliformes fécaux**

Ils sont capables de se développer à 44°C, et permettent d'estimer le risque épidémiologique dans l'eau. Il faut en toute logique tenir compte de la présence plus ou moins importante de germes pathogènes. La principale bactérie fécale est *Escherichia coli*. (Asano, 1998).

Les microorganismes de pollution fécale des eaux sont des bactéries susceptibles de provoquer des troubles gastro-intestinaux, de l'hépatite A et des virus responsables, selon les cas, de gastro-entérites ou syndromes neuro-méningés. (Keffala, 2006)

#### **f. Les streptocoques fécaux**

On peut trouver aussi des streptocoques fécaux dans le sol, les plantes et les insectes et sa présence dans l'eau confirme la pollution de cette dernière. Ils sont à l'origine d'une forme minoritaire d'angines rouges, d'infections cutanées, d'abcès, d'infections broncho-pulmonaires, elles peuvent également évoluer vers des complications comme le rhumatisme articulaire aigu si la maladie n'a pas été traitée étant jeune. (l'environnement, 2010)

#### **g. Les œufs d'Helminthes**

La concentration d'œufs d'Helminthes dans les eaux usées variait de 10 à 103 œufs par litre. Ils se présentent dans les eaux usées sous forme d'œufs, d'excréments d'humains ou d'animaux infectés et peuvent constituer une source de réinfection par voie orale, respiratoire ou cutanée. (CSHPF, 1995)

Les exemples incluent *Ascaris lumbricades*, *Oxyuris vermicularis*, *Trichuris trichuria*, *Taenia saginata*. (Fera, 2000).

### **I.5.5 L'équivalent Habitant (EH)**

:Un équivalent habitant est relié à la pollution quotidienne que génère un individu. Chacun est sensé utiliser 180 à 300 l d'eau par jour. La quantité de pollution journalière produite par un individu est estimée à 57 g de matières oxydables (MO), 90 g de matières en suspension (MES), 15 g de matières azotées (MA), et 4 g de matières phosphorées (MP). Enfin, la concentration des germes est généralement de l'ordre de 1 à 10 milliards de germes pour 100 ml. (Metahri A, 2012)

## **I.6 Généralités sur l'épuration d'EU**

### **I.6.1 Introduction**

Le traitement des eaux usées a pour but d'obtenir une eau purifiée conforme aux normes de rejet prévues par la législation et pouvant donc être rejetée sans danger en termes de risques pour la santé humaine et l'environnement. En termes d'hygiène, l'épuration est un processus visant à restaurer la qualité des eaux usées rejetées pour répondre aux exigences du milieu récepteur, il s'agit donc d'éviter la pollution de l'environnement plutôt que de produire de l'eau potable. (OUALI, 2008)

L'épuration biologique des eaux usées repose sur le même phénomène que l'autoépuration naturelle des cours d'eau (rivières, barrages, lacs, océans) par l'action de microorganismes aquatiques. (Banzaoui, 2009)

### **I.6.2 Rôle des stations d'épuration**

Les stations d'épuration ont pour rôle :

- Traiter les eaux.
  - Protéger l'environnement.
  - Protéger la santé publique.
  - Valoriser éventuellement les eaux épurées et les boues issues du traitement.
- (Josep, 2002)

### **I.6.3 La nécessité de l'épuration**

L'épuration des eaux est un ensemble de techniques qui consistent à purifier l'eau soit pour recycler les eaux usées dans le milieu naturel, soit pour transformer les eaux naturelles en eau potable.

Les caractéristiques d'une station d'épuration et le degré de traitement doivent être tels que l'effluent n'altère pas l'état du milieu récepteur dans une mesure incompatible avec les exigences de l'hygiène et de la salubrité publique et d'une façon générale, avec les exigences des diverses utilisations ou activités (alimentation en eau des hommes et des animaux, utilisation agricole ou industrielles, production piscicole ou production de coquillages, navigation, baignades et autres activités sportives) (Djeddi, 2007).

#### **I.6.4 Épuration des eaux usées**

Le traitement des eaux usées le plus approprié est celui qui est capable de fournir avec certitude la qualité chimique et microbiologique requise pour une utilisation spécifique, à faible coût et avec des exigences minimales d'exploitation et d'entretien.

Les stations d'épuration, quel que soit le type de traitement, réduisent les charges organiques et les solides en suspension, et éliminent les composants chimiques des eaux usées qui peuvent être toxiques pour les cultures ainsi que les composants biologiques (micro-organismes pathogènes) qui affectent la santé publique.

#### **I.6.5 Normes de rejet internationales**

Les normes sont des chiffres qui fixent une limite supérieure à ne pas dépasser ou une limite inférieure à respecter. Une norme est fixée par une loi, une directive, un décret de loi. Les normes internationales selon l'organisation mondiale de la santé OMS pour les eaux usées sont représentées dans le tableau (**Tableau I-1**) suivant. (JOURNAL OFFICIEL, 2006)

**Tableau I** Normes de rejets internationaux (OMS)

paramètres	Valeur limite	unité
PH	6.5-8.5	---
DBO	< 30	Mg/l
DCO	< 90	Mg/l
MES	< 20	Mg/l
NH <sub>4</sub>	< 0.5	Mg/l
NO <sub>2</sub>	1	Mg/l
NO <sub>3</sub>	< 1	Mg/l
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	< 2	Mg/l
Température	< 30	°C
Couleur	Incoleur	--

odeur	inodore	--
-------	---------	----

### **I.6.6 Normes algériennes de rejet**

La législation algérienne dans le cadre de la protection du milieu récepteur (rivières, lac, périmètre d'irrigation) établit ces normes. Les paramètres physicochimiques et bactériologiques des eaux usées sont fixés par des valeurs limites qu'ils ne doivent pas dépasser et doivent respecter à la sortie de la station d'épuration) (JOURNAL OFFICIEL, 2006). Ces valeurs sont présentées dans le tableau suivant **(2) :Tableau 2**

**Tableau2 : Les valeurs limites des paramètres de rejet dans un milieu récepteur  
(JOURNAL OFFICIEL, 2006)**

Paramètres	Valeur limite	Unité
Température	30	°C
PH	6.5-8.5	--
MES	35	Mg/l
Azote	30	Mg/l
Phosphore totale	10	Mg/l
DCO	120	Mg/l
DBO5	35	Mg/l
Aluminium	3	Mg/l
Substance toxique bioaccumuable	0.005	Mg/l
Cyanures	0.1	Mg/l
Fluore et composés	15	Mg/l
Indice de phénol	0.3	Mg/l
Hydrocarbures totaux	10	Mg/l
Huile et graisses	20	Mg/l
Cadmium	0.2	Mg/l
Cuivre total	0.5	Mg/l
Mercure total	0.01	Mg/l
Plomb total	0.5	Mg/l
Etain total	2	Mg/l
Chrome total	0.5	Mg/l
Manganèse	1	Mg/l
Nickel total	0.5	Mg/l
Zinc total	3	Mg/l
fer	3	Mg/l
Composés organique chlorés	5	Mg/l

# Chapitre II

# CHAPITRE II

## Réutilisation des eaux épurées

### II.1 Introduction

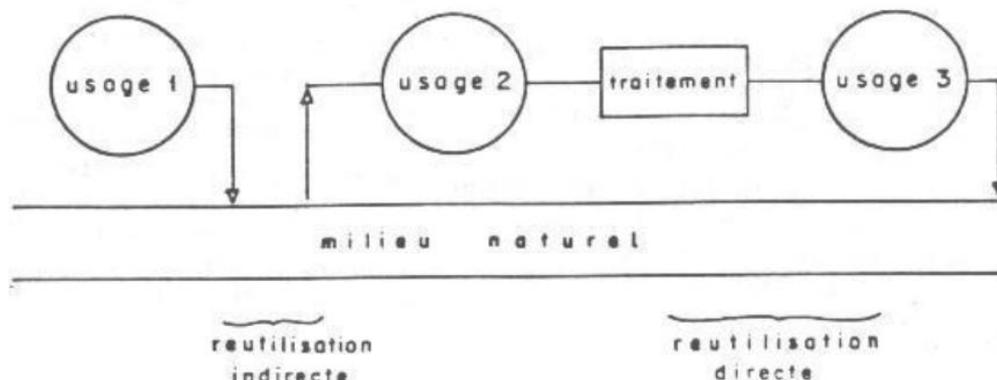
On appelle réutilisation de l'eau, nouvelle utilisation de l'eau ancienne pour un usage autre que l'usage originel par des actions (Banzaoui, 2009). La réutilisation des eaux usées est une question de politique socio-économique pour le développement futur des services d'assainissement de l'eau potable à l'échelle mondiale. En effet, il a pour principal avantage de sécuriser une ressource qui permet de limiter le déficit hydrique, de meilleures ressources naturelles, et d'atténuer les pénuries d'eau causées par le changement climatique.

### II.2 Les différents types de réutilisations des eaux épurées

La réutilisation des eaux usées épurées peut être réalisée de deux manières (fig.1), En fonction des exigences de qualité des consommateurs, deux grandes classes de réutilisation peuvent être définies :

Les usages potables qui peuvent être directs, après un traitement poussé, ou indirects, après passage dans le milieu naturel (**Figure 1**).

Les usages non potables dans les secteurs agricoles (irrigation), industriel et urbain. (ECOSSE, 2001).



**Figure 1:** Schéma de la réutilisation directe et indirecte des eaux usées (Landreau, 1982)

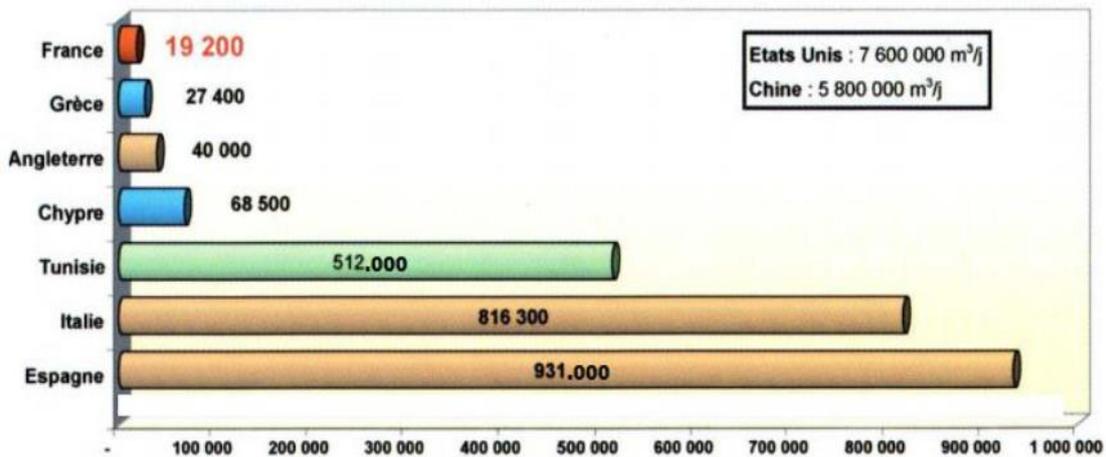
### II.3 La réutilisation des eaux épurées dans le monde

La réutilisation mondiale des eaux usées a augmenté rapidement au cours de la dernière décennie. Une croissance de 10 à 30% par an a été observée en Europe, aux Etats-Unis et en Chine et de plus de 40% en Australie

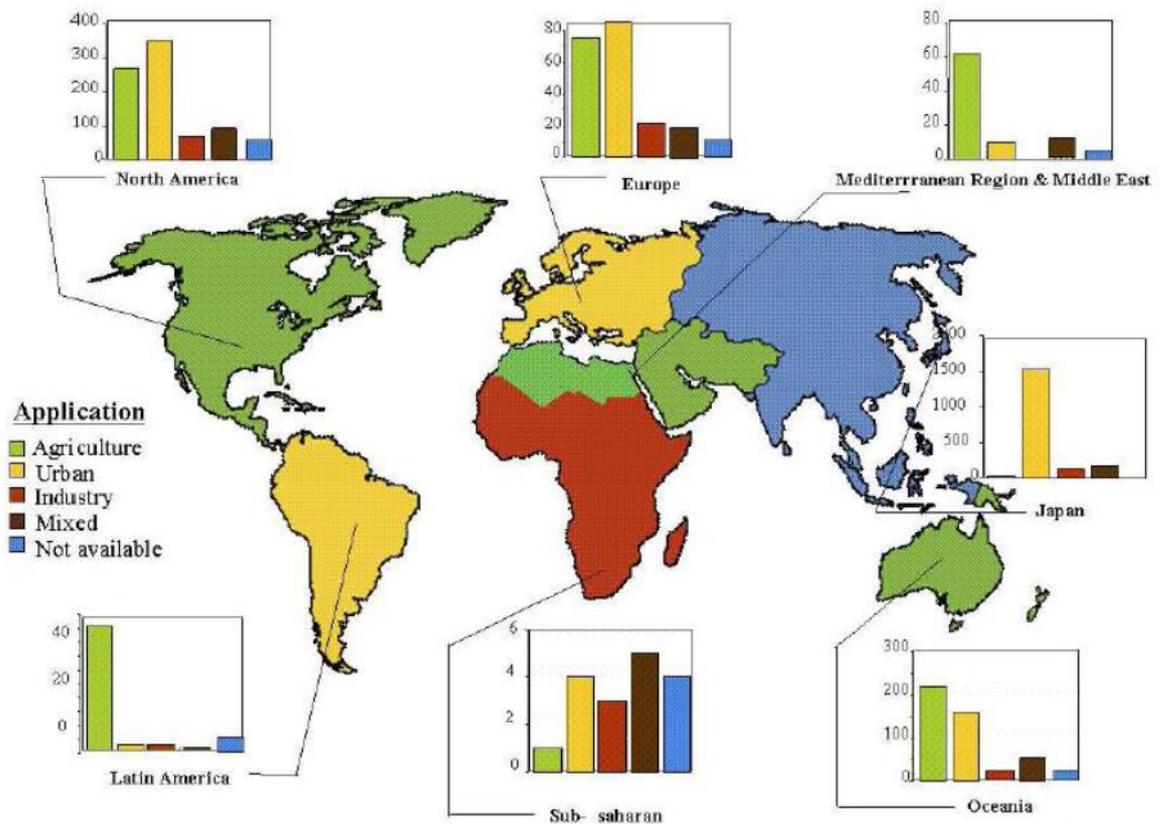
On estime qu'actuellement, 1,5 à 1,7 million de mètres cubes par jour sont réutilisés respectivement en Californie, en Floride, au Mexique et en Chine.

Le potentiel de développement reste important puisqu'on estime que 5% de toutes les eaux usées traitées, à l'échelle mondiale, sont actuellement réutilisées, ce qui représente la totalité, voire un sur, 7 milliards de m<sup>3</sup> d'eau par an, avec une demande globale en eau d'environ 4000 milliards de m<sup>3</sup>. (Lazarova, ., 2007. )

Les figures 2 et 3 donnent quelques informations quantitatives sur les volumes et les formes d'utilisation dans différentes régions du monde.



*Figure 2* Volume moyen journalier des eaux usées réutilisées en Europe et quelques pays méditerranéens (Jurisiez et Asano, 2007).



*Figure 3* Différents types de réutilisation suivant les zones géographiques Mm3/j (FAO, 2010)

#### II.4 La réutilisation des eaux usées épurées en Algérie

L'Algérie est un pays au climat majoritairement aride à semi-aride, avec des précipitations faible et irrégulières, et des ressources en eau très limitées

Face au manque d'eau conventionnelle, l'Algérie n'en a plus les moyens de rejeter la possibilité de réutiliser de grands volumes d'eaux usées épurées rejetées par les stations d'épuration dans le milieu naturel ou en mer (Hannachi et al. 2014). Le traitement des eaux usées est devenu une solution la plus courante pour satisfaire certains besoins en eau, pour la recharge des eaux souterraines et pour sa réutilisation urbaine non alimentaire et industrielle. L'eau traitée doit respecter des normes d'hygiène fixées au Journal officiel de l'Algérie (Saifi et al. 2018). Notre pays utilise cette ressource majoritairement pour l'irrigation permettant ainsi une irrigation accompagnée de fertilisation par les éléments contenus. Une économie d'engrais est ainsi réalisée. Quant aux autres éventuelles utilisations, on cite : les utilisations industrielles pour le refroidissement, Municipales, l'arrosage des espaces verts, le lavage des rues, l'alimentation de plans d'eau, la lutte

contre les incendies, l'arrosage des terrains de sport et des chantiers de travaux publics, l'arrosage pour compactage des couches de base des routes et par-dessus tout l'amélioration des ressources par la recharge des nappes pour la lutte contre les rabattements des nappes et la protection contre l'intrusion des biseaux salés en bord de mer.(ONA, 2017)

#### Le potentiel de l'Algérie

En 2017(dernière statistique):Sur les 130 stations d'épuration exploitées par l'office national de l'assainissement à travers les 44 wilayas, 17 étaient concernées par la réutilisation des eaux usées épurées en agriculture. Le volume réutilisé en fin Août 2016 était estimé à 14,6 Millions de m<sup>3</sup>, pour ces 17 STEP concernées par la réutilisation des eaux usées épurées afin d'irriguer plus de 11 076 ha de superficies agricoles, il s'agit de :

- Kouinine (El Oued) et Ouargla ;
- Guelma, Souk Ahras ;
- Tlemcen, Mascara et les lagunes de : Ghriss, Bouhanifia, Hacine, Oued Taria,

Froha, Khalouia, Tizi-Ouzou et Mohamadia ;

- Boumerdes(ONA, 2017)

#### II.4.1 Cadre réglementaire en Algérie

1. La loi n°05-12 du 04 Août 2005, relative à l'eau, a institué la concession de l'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation (JO n°60-année 2005) .

2. Le décret n°07-149 du 20 mai 2007 fixe les modalités de concession de l'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation ainsi que le cahier des charges type y afférent.

3. Les arrêtés interministériels du 02 janvier 2012 qui prennent en application les dispositions de l'article 2 du décret exécutif n°07-149, publiés en Janvier 2012 par le ministère des ressources en eau.

(JO n°41) Ces arrêtés fixent :

4. Les spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation et notamment en ce qui concerne les paramètres microbiologiques et les paramètres physico-chimiques.

5. La liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées.

6. La norme Algérienne N°17683 « Réutilisation des eaux usées épurées à des fins agricoles, municipales et industrielles - Spécifications physico-chimiques et biologiques » est disponible au niveau de l'Institut Algérien de Normalisation IANOR.

7. La réutilisation des eaux usées épurées sollicite une coordination étroite entre les différentes structures impliquées dans les opérations de réutilisation à tous les niveaux. (ONA, 2017)

## **II.5 La réutilisation des eaux épurées en Algérie en irrigation**

Compte tenu de la situation de stress hydrique, les autorités ont vu dans cette opportunité un moyen de préserver les ressources en eau traditionnelles en augmentant la production d'eau désinfectée destinée à l'agriculture. L'Algérie dispose de 200 stations d'épuration d'une capacité de production de 500 millions de mètres cubes/an. la capacité de production de ces usines atteindra un milliard de mètres cubes / an d'ici 2032, expliquant que son secteur travaille à réutiliser l'eau traitée pour irriguer 24 mille hectares de terres agricoles d'ici 2024 et pour atteindre d'ici 2030 à environ 400 millehectares, dont 16 000 hectares dans les hautes terres. Article de presse. (service Presse algérienne, 2022)

### **II.5.1 les normes algériennes de la réutilisation des eaux épurées en irrigation**

Les normes fixées par les autorités algériennes sont (**Tableau 3**) :

*Tableau3Les normes algériennes d'irrigation. (Journal officiel, 2012)*

Paramètres		Unité	ConcentrationMax
Physiques	pH	-	6.5≤pH≤8.5
	MES	mg/l	30
	CE	ds/m	3
	InfiltrationleSAR=0-3 CE		0.2
	3-6		0.3
	6-12	ds/m	0.5
	12-20		1.3
20- 40		3	
Chimiques	DBO5	mg/l	30
	DCO	mg/l	90
	Cl	meq/l	10
	NO3-N	mg/l	30
	HCO3	meq/l	8.5
	Aluminium	mg/l	20.0
	Arsenic	mg/l	2.0
	Béryllium	mg/l	0.5
	Bore	mg/l	2.0
	Cadmium	mg/l	0.05
	Chrome	mg/l	1.0
Elements Toxiques	Cobalt	mg/l	5.0
	Cuivre	mg/l	5.0
	Cyanures	mg/l	0.5
	Fluor	mg/l	15.0
	Fer	mg/l	20.0
	Phénols	mg/l	0.002
	Plomb	mg/l	10.0
	Lithium	mg/l	2.5
	Manganèse	mg/l	10.0
	Mercure	mg/l	0.01
	Molybdène	mg/l	0.05
	Nickel	mg/l	2.0
	Sélénium	mg/l	0.02
	Vanadium	mg/l	1.0
Zinc	mg/l	10.0	

# CHAPITRE III

# Chapitre III

## Présentation de la zone d'étude d'Ain Temouchent

### III.1 Introduction

Le milieu naturel n'est souvent plus capable de traiter toute la pollution produite à l'intérieur de nos villes.

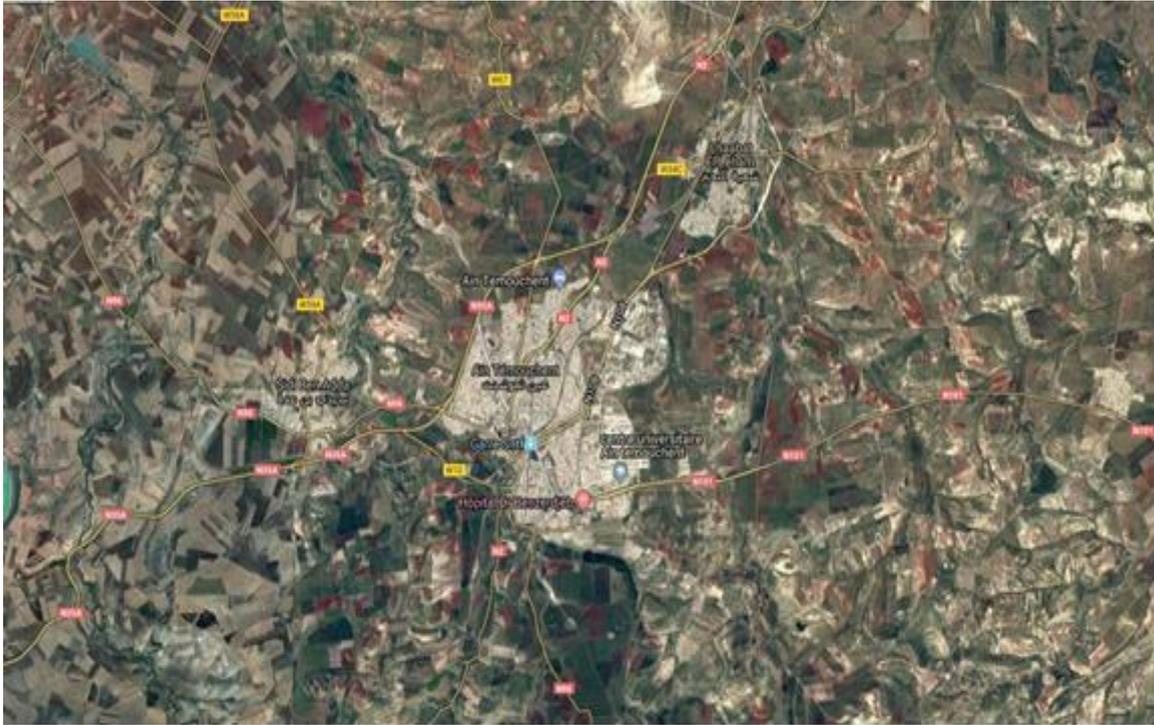
C'est pourquoi le traitement des polluants contenus dans les eaux usées nécessite la construction de stations d'épuration.

Pour remédier aux problèmes de pollution de l'environnement que provoquait le rejet des eaux usées directement dans la nature (principalement dans la mer), les pouvoirs publics ont entrepris un projet de grande envergure pour traiter et épurer toutes les eaux usées de la wilaya d'Ain Témouchent.

La ville d'Ain Témouchent chef-lieu de la wilaya depuis, le dernier découpage administratif (1984) est située à 70 km à l'ouest d'Oran (capitale de la région ouest), 15 km de la cote méditerranéenne et à 100 km vers l'est des frontières Algero-Marocaine .

La ville s'étend sur 78.9 km<sup>2</sup> et compte 87187 habitants depuis le dernier recensement de la population (2021).

Entourée par Sidi Ben Adda, AïnKihal et Chaabat El Leham, AïnTémouchent est située à 18km au Sud-Ouest de Hammam Bou Hadjar. Carillo A, Ain-Temouchent, terre d'Algérie, 1957.



**Figure 4:** Ain Témouchent ville sur l'imagerie satellitaire de Google Maps.

### **III.2 La situation climatique**

La wilaya d'Ain Témouchent bénéficie d'un climat méditerranéen avec des étés chauds et agréables, hiver tempéré. Le régime climatique est caractérisé par des vents qui généralement n'apportent quand ils passent Reliefs au Maroc et en Espagne, ces vents perdent une grande partie de leur humidité. Traverser Ailleurs, les reliefs du sud (Sebaa - Chioukh, Tessala, Monts de Tlemcen) ont une Effets bénéfiques en empêchant l'arrivée des vents continentaux chauds et secs du sud. Les précipitations sont faibles et irrégulières, ce qui affecte directement l'environnement Activités matérielles et économiques essentiellement basées sur l'agriculture (ANDI, 2013). Le régime climatique se caractérise par des vents qui n'apportent généralement que peu d'humidité (vents de direction Nord - Ouest, Sud - Est), lors de leur passage sur les reliefs Marocains et Espagnols, ces vents perdent une grande partie de leur humidité. Par ailleurs, les reliefs méridionaux (Sebaa - Chioukh, Tessala, Monts de Tlemcen) ont une influence favorable en entravant l'arrivée des vents continentaux secs et chauds du Sud (sirocco). La faiblesse et l'irrégularité des précipitations influent directement sur le milieu physique et l'activité économique basée essentiellement sur l'agriculture (ANDI, 2013)

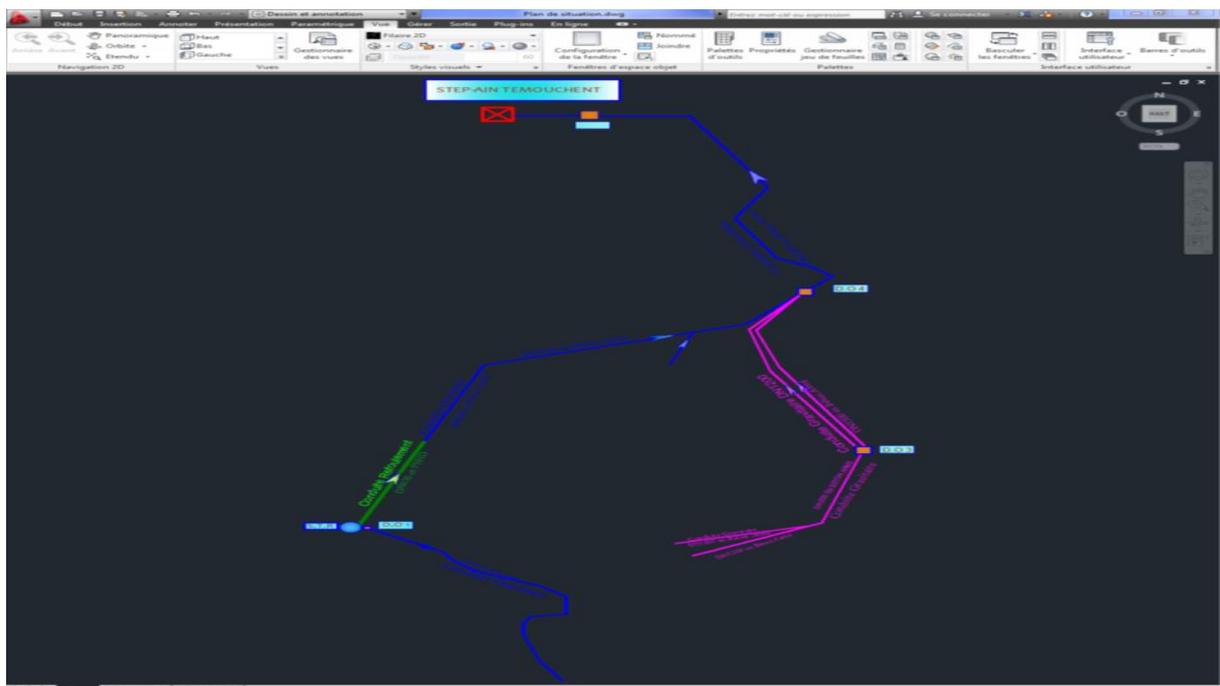
### **III.3 Lasituationgéographique**

Ain Témouchent, située à l'extrémité occidentale de la haute plaine du sahel oranais, dont le fond en cuvette, est occupée par la grande sebkha d'Oran qui se trouve à 504 km à l'ouest d'Alger. Le site, à mi-étape entre Oran et Tlemcen, a commandé l'édification d'une redoute militaire en 1843, qui fut le noyau de l'actuelle ville d'Ain-Temouchent 18.

La ville occupe une situation privilégiée en raison de sa proximité de trois grandes villes de l'ouest de l'Algérie : Oran, Sidi Bel Abbes et Tlemcen. Grâce à cette position de carrefour, au terroir fertile qui l'entoure, la ville, créée en 1851 comme un simple centre de population de 228 feux près du poste militaire, a pu se développer rapidement, devenant le centre économique de la petite région nommée Bled-Kerkour, ou Témouchentois, puis une sous-préfecture en 1955, et un chef-lieu de wilaya en 1983. Coordonnées Géographiques : 35° 17' 22" nord, 1° 08' 28" ouest.

### III.4 La situation de l'Assainissement

La figure (Figure5) présente les principaux rejets de la ville d'Ain Témouchent vers la STEP



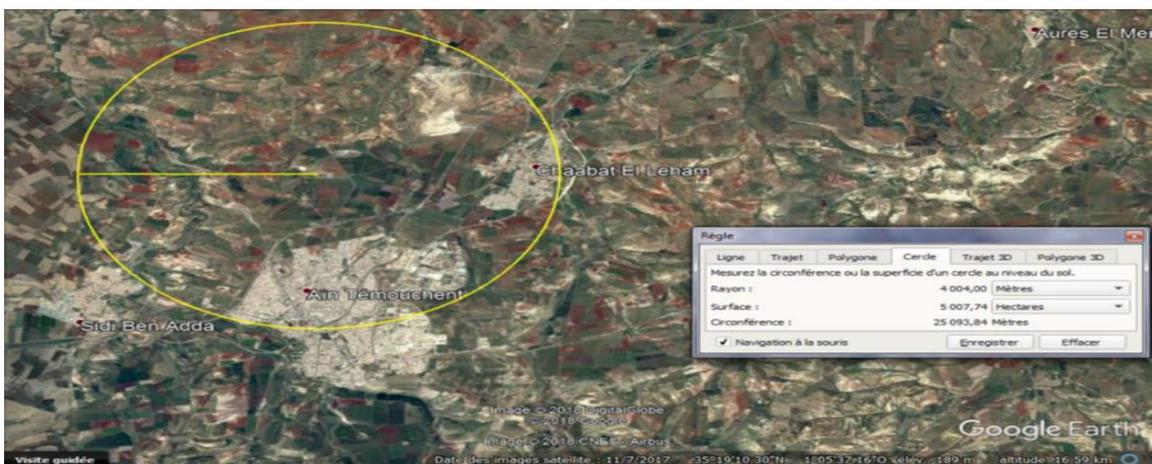
*Figure 5* Les principaux rejets de la ville d'Ain Témouchent vers la STEP sur Auto CAD

### III.5 La Station d'épuration d'Ain Témouchent



*Figure 6 La STEP d'Ain Témouchent*

La station d'épuration d'Ain Temouchent se caractérise par une situation géographique (Figure 6) à boues activées à faible charge avec élimination du phosphore dans le rayon d'Ain Temouchent, chabat Elham et Sidi Ben Adda, à proximité de la route nationale RN01 vers Terga à l'est par un poste police de la ville, au sud de la route nationale RN02 (vers Oran), du nord par l'oued Senane, à l'ouest par les habitations. Station d'épuration gérée par l'Office National de l'Assainissement, qui a été réalisée en coopération avec deux sociétés de traitement des eaux (Algérie) et Comsa (Espagne) sur une période de 19 mois pour un montant de 2 milliards de dinars algériens, et l'étude a été réalisée en coopération avec deux bureaux d'études experts Al Bina (Algérie) et INCO Engineering (Italie). (2017, p. tayeb I & naaimi)



*Figure 7 la situation de la STEP sur l'image satellite Google earth*

La station d'épuration est réalisée dans le but de :

- La protection du milieu récepteur.
- La protection du littoral.
- La protection des eaux souterraines.
- La réutilisation des eaux épurées et des boues produite dans le domaine agricole.

### **III.6 La description des ouvrages de traitement de la filière eaux**

#### **III.6.1 Le déversoir d'orage**

Le déversoir d'orage installé à l'amont de la STEP a une longueur de 6 m à pour objectif la collecte entre le réseau de rejet et la STEP et la séparation entre les eaux pluviales et domestiques.

De ce déversoir les eaux usées diluées seront véhiculées gravitairement vers la STEP (puits de réception) par une conduite de diamètre 800 mm en béton et sur une longueur de 250 m. Les eaux excédantes au 3Q24, seront déviées latéralement vers l'oued par le biais d'un canal. (La notice de l'exploitation de la STEP, 2013)



*Figure 8*Le déversoir d'orage.

#### **III.6.2 Le prétraitement**

Ils permettent d'éliminer la fraction la plus grossière afin de ne pas gêner les opérations ultérieures. Ce sont le dégrillage, le dessablage, le dégraissage également appelé déshuilage (Grosclaude, 1999)

### III.6.2.1 Dégrillage

La STEP d'Ain Témouchent est composée de deux grilles sont les suivante :

#### a. Grille mécanique grossière

La grille mécanique grossière motorisée pour le prétraitement est du type, elle est réalisée en AISI 304 et fonctionne automatiquement suivant l'augmentation de niveau amont (largeur 1000 mm, espacement des barreaux 35 mm, épaisseur des barreaux 15mm). (La notice de l'exploitation de la STEP, 2013)



*Figure 9* Grille mécanique grossière

#### b. Grilles fines motorisées

Les deux grilles fines sub-verticales sont installées, dont l'inclinaison est de  $85^\circ$ , la largeur est de 1000 mm, l'espacement entre les barreaux est de 3 m, la hauteur de déchargement par rapport au fond du canal est de 45 mm, avec la possibilité de fonctionner simultanément ensemble dans le cas du débit égal à  $3Q_{24}$ . (La notice de l'exploitation de la STEP, 2013)



*Figure 10* Les grilles fines motorisées.

### **c. Le dessablage-déshuilage**

C'est une opération destinée à réduire les graisses et huiles non émulsionnées par simple sédimentation physique en surface. Il existe différents dispositifs de déshuilage-dégraissage conçus suivant la nature de l'eau à traiter (Werther, 1999.)

Les deux déssableurs - déshuileurs installés sont aptes à satisfaire le rejet jusqu'au 2030 avec un volume de 120 m<sup>3</sup> chacun, une largeur de 5.7 m, une hauteur de 5 m, une superficie utile de 10 m<sup>2</sup> et une longueur de 12 mètres.

Les sables et les graisses sont récupérés au moyen d'un pont mobile motorisé équipé d'un racleur de fond pour les sables. Les éléments flottants de même que les huiles sont évacuées au moyen d'un pont racleur dans deux bassins de stockage ayant une capacité de 20 m<sup>3</sup> (2×2×5 mètres) chacun, incorporés dans le coté aval des déssableurs.

Le sable décanté dans le fond du bassin est déplacé par raclage dans la fosse située à l'entrée des déssableurs. Une pompe pneumatique récupère par intermittence les sables en les refoulant dans un dispositif de lavage. Le temps de rétention prévu pour un débit moyen étant de 25 minutes, et un rendement de 98.5 % pour des granulométries

*(La notice de l'exploitation de la STEP, 2013)*



*Figure 11 Les deux déssableurs–déshuileurs*

**Remarque** : dans le tableau servant de base au calcul des dessableurs, la densité retenue est de 2,65.

### **III.6.3 Le traitement secondaire ou biologique**

La dénitrification biologique peut être définie comme un processus, les micro-organismes réduisent les ions nitrate et azote (N<sub>2</sub>).

Ce phénomène existe dans le processus principal d'élimination de la DBO<sub>5</sub>, en Station d'épuration biologique à boues activées.

A STEP à Ain Témouchent, il y a deux bassins de dénitrification, Les dimensions sont : hauteur utile 4,75 m, largeur 20 m, longueur 22 m.

Le processus de dissimilation des nitrates se produit par une série de réactions Complexe catalysé par une enzyme en deux étapes :

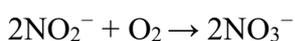
Premièrement, le nitrate est réduit en nitrite, et deuxièmement, le nitrite est réduit Réduction en azote (N<sub>2</sub>)

Au cours de cette section les eaux usées sont soumises à une forte agitation à l'aide d'une série de mélangeurs agissant en contrecourant .Ce type d'appareil dérive par sa conception des pompes submersibles, il présente des caractéristiques de mélange optimal.

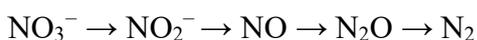
Les eaux sortant du bassin de dénitrification débordent le mur de séparation qui fait la fonction de déversoir pour obtenir un déplacement uniforme sur toute la largeur du bassin sur le fond de bassin est prévue un réseau des diffuseurs d'air de type à membrane ayant une porosité de 60  $\mu$ .

Pour chaque bassin il existe un compresseur d'alimentation d'air à vitesse fixe (débit d'air 4700 m<sup>3</sup>/h), et un deuxième à débit d'air variable de 2350 à 4500 m<sup>3</sup>/h équipé d'un convertisseur de fréquence asservi à l'instrument de la mesure de l'oxygène dissous.

### **La nitrification**



### **La dénitrification :**



## **III.6.4 Le traitement tertiaire**

### **a. Leclarificateur (décantation)**

Cette étape consiste à séparer l'eau des boues ou des résidus secondaires issus de la dégradation des matières organiques. Cette décantation est opérée dans des bassins spéciaux, les « clarificateurs», les boues se déposent au fond du bassin, où elles sont racclées et évacuées.

L'eau débarrassée de 80 à 90 % de ses impuretés subit alors des analyses et des contrôles avant d'être rejetée dans le milieu naturel.

La STEP d'Ain Témouchent dispose de deux décanteurs secondaires circulaires à traction périphérique ayant pour chacun un diamètre de 25 m et une hauteur totale de 4.4 m. Le décanteur est équipé d'un racleur de fond, d'un déflecteur central de distribution radiale, d'une lame superficielle pour l'évacuation des écumes vers la boive à écumes reliée à un puits et d'une pompe mobile assura l'évacuation de ces écumes avec les huiles et les graisse. L'eau en provenance du bassin d'aération s'écoule vers les deux clarificateur. Le clarificateur est un bassin circulaire, équipé d'un point racleur du fond, le but de ce phénomène est de séparée l'eau épurée et les boues par décantation (meriem, 2018).

### **b. La clarifloculation.**

Les eaux venant des clarificateurs sont dirigées vers un puits répartiteur, et être mélangées avec le chlorure ferrique par l'intermédiaire d'un agitateur rapide, puis elles seront séparées et dirigées chacune vers le clarifloculateur pour la précipitation du phosphore sous forme des boues chimiques, au moyen du puits des boues chimiques, ces dernières sont

évacuées dans l'épaisseur (La notice de l'exploitation de la STEP, 2013)



*Figure 12* Le clarifloculateur

### c. La désinfection

L'installation contient un bassin de désinfection dont les dimensions sont : une hauteur de 2.75 m, une largeur de 5m, et une longueur de 23 m, le réactif utilisé pour la désinfection est l'hypochlorite de sodium ( $\text{NaClO}$ ).

La solution de l'hypochlorite de sodium est un produit instable, mais sa décomposition peut être contrôlée en augmentant la valeur du pH jusqu'à 11, en évitant la présence des ions métalliques qui ont l'effet de catalyseur de la décomposition. Même pour un local isolé thermiquement et à l'abri de la lumière, le temps de stockage doit être limité à 60 jours. (La notice de l'exploitation de la STEP, 2013)



**Figure 13** Le bassin de désinfection.

### III.6.4 La description des ouvrages de traitement de la filière boues

Les boues décantent naturellement et sont renvoyées en plus grande partie vers le bassin d'aération (recirculation), la partie excédentaire est dirigée vers un circuit de déshydratation ou un stockage spécifique (fig12,13,14).



*Figure 14* Lit de séchage



*Figure 15* Epaaisseur

### III.7 L'extension de la STEP d'Ain Témouchent

L'extension de la station d'Ain Témouchent, s'appuiera sur : la mise en place d'un bassin biologique ; l'ajout d'un bassin d'anoxie ; clarificateur, clarifloculateur, épaisseur, déshydratation mécanique et station de relevage complémentaires pour augmenter la capacité d'accueil de la STEP. Les ouvrages de l'extension présenter dans le **tableau III.1** ci-dessus :

*Tableau 3* présentation des ouvrages de l'extension

Différents traitements	Nom d'ouvrage	Nombre
Traitement biologique	Bassin biologique	01
Traitement tertiaire	Bassin d'anoxie	01
Traitement	Clarificateur	01
Traitement	Clarifloculateur	01
Epaississement	Epaaisseur	01
Déshydrationsmécanique	Lit de séchage	01

## Remarque

Bassin d'anoxie : ce bassin est permet de réaliser l'étape de dénitrification en vue de l'élimination biologique de l'azote. Cette étape de nitrification est pour sa part réalisée dans un bassin dans un bassin aérobie distinct. Les bactéries anaérobies présentes dans un bassin de vont, en l'absence d'oxygène gazeux, utiliser l'oxygène présent dans les nitrates pour dégrader la matière organique.

## III.8 Laboratoire de la station

Des analyses quotidiennes sont réalisées pour plusieurs échantillons de l'eau et de la boue.

D'après la fiche d'analyses journalières de la station d'épuration d'Ain Témouchant :

- La capacité de la STEP : 80000 EH
- Débit journalier : 10920 m<sup>3</sup>/jr

### *Tableau 4Le bulletin hebdomadaire des analyses des eaux usées*

(REF : 76/STEP-AT/U AT/ONA/2021, le 20/12/2021)

Paramètres	04/01/2022		12/01/2022		18/01/2022		25/01/2022	
	Eau brute	Eau épurée	Eau brute	Eau épurée	Eau brute	Eau épurée	Eau brute	Eau épurée
Volume (m <sup>3</sup> )	5813	5100	4838	4338	4333	3710	4568	4140
MES (mg/l)	370	31	593	28	376	25	344	24
DBO5 (mg/l)	180	5	170	10	150	9	140	9
DCO (mg/l)	1142	24	1039	55	688	41	370	29
NT (mg/l)	-	-	-	-	-	-	-	-
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	41.79	4.52	34.31	1.38	40.76	2.51	41.28	10.57
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	0.25	0.044	-	-	0.246	0.082	-	-
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	4.1	0.07	-	-	0.51	0.36	-	-
PT (mg/l)	-	-	-	-	-	-	-	-
PO <sub>4</sub> (mg/l)	19.3	8.2	-	-	10.8	8.4	-	-
O <sub>2</sub> dissous (mg/l)	0.73	9.36	-	-	-	-	-	-
T/eau (c°)	11	7	13	10	12	9	14	10
T/air (c°)	12	12	11	11	11	11	10	10
PH	6.92	6.9	8.8	7.25	7.51	7.29	7.89	7.8
Conductivité µs/cm	2100	2001	1616	1605	1721	1585	1670	1624
Turbidité (FTU)	448	51	501	17	250	16	220	17
Rendements épuratoires %	MES : 91.62% DBO5 : 97.22% DCO : 97.89%		MES : 95.27% DBO5 : 94.11% DCO : 94.70%		MES : 93.35% DBO5 : 94% DCO : 94.04%		MES : 93.02% DBO5 : 93.57% DCO : 92.16%	

**Tableau 5 Bulletin hebdomadaire des analyses des eaux usées**

(REF : 76/STEP-AT/U AT/ONA/ 2022 , Le 28/02/2022)

Paramètres	01/02/2022		08/02/2022		15/02/2022		21/02/2022	
	Eau brute	Eau épurée	Eau brute	Eau épurée	Eau brute	Eau épurée	Eau brute	Eau épurée
Volume (m3)	3901	3304	7158	4969	3778	3235	4769	3935
MES (mg/l)	585	29	408	24	333	23	653	22
DBO5 (mg/l)	210	12	120	9	130	11	220	12
DCO (mg/l)	1097	33	662	30	660	36	1038	32
NT (mg/l)	-	-	-	-	-	-	-	-
NH4+ (mg/l)	58.05	14.57	52.89	11.61	44.44	10.2	50.89	3.56
NO2-(mg/l)	0.426	0.08	-	-	0.107	0.098	-	-
NO3-(mg/l)	0.8	0.55	-	-	0.1	0.54	-	-
PT(mg/l)	-	-	-	-	-	-	-	-
PO4(mg/l)	9.8	6.1	-	-	9.8	8.2	-	-
O2dissous (mg/l)	3.12	11.77	-	-	-	-	-	-
T/eau (c°)	14	10	15	9	15	10	15	12
T/air (c°)	10	10	10	10	11	11	10	10
PH	8.35	8.07	8.7	8.62	8.52	8.45	7.5	7.42
Conductivité µs/cm	1712	1566	1731	1488	1950	1634	1747	1624
Turbidité (FTU)	493	19	224	17	210	17	420	18
Rendements épuratoires %	MES : 95.04% DBO5 : 94.28% DCO : 96.99%		MES : 94.11% DBO5 : 92.5% DCO : 95.46%		MES : 93.09% DBO5 : 91.53% DCO : 94.54%		MES : 96.63% DBO5 : 94.54% DCO : 96.91%	

### III.9 Conclusion

Ce chapitre nous a permis :

La présentation des diverses situations de la ville d'Ain Témouchent (géographique, géologique, topographique, hydrologique, hydraulique, hydrogéologique et climatologiques

La description de la station d'épuration des eaux usées d'Ain Témouchent, ses caractéristiques, son procédé épuratoire, ces infrastructures et les dimensions de chaque ouvrage.

# Chapitre IV

# Chapitre IV

## Irrigation

### IV.1 Introduction

L'eau est source de vie pour les plantes. L'eau seule ou combinée à l'air et le sol est un élément constitutif. L'eau est aussi un élément de végétation par ce qu'elle véhicule les minéraux nécessaires au développement des plantes. Les végétaux contiennent 60 à 95% d'eau et pour chaque kg de matière sèche produite la plante utilise de 400 jusqu'à 1000 kg d'eau.

L'utilisation rationnelle de l'eau agricole passe par la compréhension des besoins en eau des sociétés en évaluant correctement les paramètres et facteurs liés à la parcelle à équiper.

Le recours à l'irrigation est dans bien des cas nécessaires pour garantir le maintien d'un niveau de production suffisant dans de nombreuses régions du monde pour rentabiliser l'investissement consenti afin de se prémunir contre les aléas climatiques et sécuriser la production. On distingue essentiellement les techniques d'irrigation de surface, par aspersion et localisée avec leurs avantages et inconvénients (cours irrigation, N.Baghli)

### IV .2 Définition de l'irrigation

L'irrigation peut être définie comme une série de dispositifs sociaux et techniques qui autoriser un approvisionnement artificiel en eau pour augmenter la croissance des cultures, des arbres et des pâturages. Elle consiste à apporter de l'eau aux plantes cultivées par des procédés divers afin de permettre leur développement normal lorsque les conditions de pluviométrie naturelle sont insuffisantes (courN.Baghli)

Jusqu'à maintenant, l'irrigation reste la seule solution d'augmenter les rendements et de les régler sur vraiment incontinent des régions du monde. En réalité, selon les espèces et variétés cultivées, selon les terres, et selon les techniques utilisées, l'irrigation peut aider d'obtenir de deux à cinq fois plus de production (et même dix en zone aride) (Plauchu, 2004). L'irrigation n'est pas uniquement un apport d'eau sur une terre cultivée en vue de compenser l'insuffisance des précipitations et de permettre le plein développement des

cultures. Elle est distinguée comme un ensemble d'actions de développement intégré des milieux agricole et rural qui doit se traduire non seulement par l'augmentation de la production et l'amélioration du niveau de vie de l'agriculteur, mais doit se traduire également par la préservation du milieu, notamment des terres agricoles, et par une économie de l'eau d'irrigation qui elle-même traduit par une économie dans l'utilisation de l'énergie, : (Ollier, 1983)

### **IV.3 Les facteurs élémentaires de l'irrigation**

#### **IV.3.1 Le sol**

Le caractère d'ordre général qui doit retenir tout spécialement l'attention réside dans la grande hétérogénéité du sol, il est donc indispensable de chiffrer certaines propriétés de sol(Bauchamp, 2006)

##### **a. Propriétés physiques**

- **Topographie**

la pente est un facteur critique pour l'irrigation important dans le processus de l'érosion , l'infiltration , ruissèlement et système d'irrigation adaptée ....

- **Perméabilité et capacité du sol pour l'eau**

La teneur en eau est fonction de la porosité et de la perméabilité du sol.La quantité maximale d'eau qu'un sol peut contenir est déterminée dans une large mesure par la taille des particules du sol. Plus la pénétration est élevée, plus la capacité est faible (Bauchamp, 2006)

- **Cohésion**

L'eau joue un rôle significatif concernant la cohésion. En réalité, lorsque la quantité d'eau est trop importante les particules de sol se séparent les unes des autres et alors la cohésion du sol est nulle. En revanche, la présence d'eau peut donner une certaine consistance (Bauchamp, 2006)

Les sols lourds à forte cohésion peuvent utiliser de grandes quantités d'eau sur des pentes relativement droites.

Il faut faire très attention lors du piégeage lorsque le sol sableux est laissé volontairement, car il est cohésif.

Les terres sablonneuses sont considérées comme le moyen le plus difficile d'irriguer l'eau.

La consolidation peut se faire pour un même sol, de façon marquée lors de la rotation des cultures en fonction de l'état d'ameublissement, de la nature et de l'âge des plantes cultivées (Bauchamp, 2006)

#### **b. Propriétés chimiques**

- Matières organiques

L'humidification constante du sol contribue à fournir des conditions environnementales optimales pour la transformation rapide de la matière organique. L'eau d'irrigation a tendance à endommager le sol en décomposant la matière organique.

Matières minérales

La Terre a une phase solide composée de minéraux, de matière organique inerte et d'organismes vivants. Les éléments minéraux sont disponibles par transformation mécanique ou chimique des roches qui ont été exposées aux intempéries (ce qui produit des minéraux secondaires : argiles, oxydes, etc.). Tous les métaux secondaires forment un complexe variable. Au niveau agricole, le stockage du sable et du limon entraîne très peu d'eau, ce qui entraîne un réchauffement plus rapide du sol au printemps et facilite l'utilisation des outils, notamment sur le sable (Bauchamp, 2006)

#### **IV.3.2 L'eau**

La qualité de l'eau utilisée pour l'irrigation est un critère essentiel pour la production végétale, le maintien de la productivité des sols et la protection de l'environnement. Par conséquent, les propriétés physiques et chimiques telles que la structure du sol (stabilité des agrégats) et la perméabilité sont très sensibles aux espèces d'ions échangeables présentes dans l'eau d'irrigation (Bauchamp, 2006)

Grâce à l'analyse chimique en laboratoire, la qualité de l'eau d'irrigation peut être mieux déterminée.

Les facteurs les plus importants pour déterminer la qualité requise de l'eau dans l'agriculture sont:

- pH
- Risque de Salinité
- Risque de Sodium (Degré d'Adsorption du Sodium ou SAR)
- Carbonate et bicarbonates en relation avec les teneurs en Ca et Mg
- Autres traces d'éléments
- Anions toxiques

- Aliments
- Chlore libre

### **IV.3.3 Les cultures**

Le type d'irrigation est influencé, soit par des caractéristiques non cumulables avec tous les systèmes, soit par le besoin en eau qui peut modifier la circulation d'irrigation. (Zareb, 2002)

#### **a. Natures des cultures**

Pour créer un système d'irrigation, les conditions naturelles doivent correspondre à la fois à la plante et à son système d'irrigation. Si l'environnement contrôle le type d'irrigation, alors les choix de cultures sont limités (Zareb, 2002)

#### **b. Besoin des plantes**

Cela dépend du climat, des espèces et du degré de développement de la végétation. Les changements causés par les facteurs climatiques varient principalement d'une année à l'autre, en fonction des conditions de température, de précipitations, de vent et d'humidité qui doivent changer selon les espèces. Certaines attentes, en saison de croissance estivale, les cultures maraîchères et les cultures précoces nécessitent peu d'arrosage au printemps, et d'autres attentes comme l'irrigation de la luzerne et du palmier dattier au cours de l'année. Certaines graines de fruits peuvent être satisfaites par un arrosage occasionnel (abricotier, olive), tandis que d'autres graines de fruits nécessitent un arrosage constant. (Zareb, 2002)

### **IV.4 L'irrigation dans le monde**

Il ne s'agit que d'environ 273 millions d'hectares dans le monde disséminés irrégulièrement sur tous les continents. Contrairement à ce que l'on pourrait penser, les pays les plus irrigués ne sont pas des pays au climat aride ou semi-aride. La consommation d'eau pour l'agriculture est très variable d'un pays à l'autre. (BOUARDOUJ, 2012). En réalité, dans ces zones, il ne peut y avoir d'agriculture sans irrigation car toutes les surfaces cultivées sont irriguées. Les zones restent limitées en superficie, et limitées par le manque de ressources en eau, constatées là où ces ressources sont disponibles, c'est par exemple le cas dans des pays comme l'Égypte, où l'agriculture s'est développée sur les rives du Nil, ou dans certains pays d'Amérique latine comme le Mexique. Inversement, dans les zones qui reçoivent des précipitations suffisantes, la superficie des terres cultivées peut être très

importante, surtout si le terrain le permet. Bien que l'irrigation n'y soit pas nécessaire, elle est utilisée, et cela augmente facilement avec la disponibilité de l'eau, de Afin de diversifier et d'améliorer les cultures, d'obtenir de multiples cultures, voire d'augmenter les rendements. Même si elle n'est pas systématique, dans certains pays comme le Japon, la Chine ou le Pakistan l'irrigation peut être conséquente (Milos, 1971)

Des facteurs autres que la situation géographique sont également inclus , qui doivent être pris en compte t pour expliquer la répartition mondiale de l'irrigation. Par exemple, l'irrigation qui nécessite parfois des infrastructures coûteuses, la richesse des pays considérés est une composante importante. Il montre notamment que l'irrigation en Afrique ou au Brésil est moins développée. En conclusion, les pays les plus irrigués sont ceux situés en Asie du Sud-Ouest, qui collectent plus de 60 % des terres irriguées de la planète, et certains pays du pourtour méditerranéen. (Fao, 2012)

#### IV.5 Choix de la technique et du système d'irrigation

Les besoins en eau des cultures dépendent de nombreux facteurs agro-pédo-climatiques etsont les mêmes quelques soit la technique d'irrigation utilisée. Néanmoins, les quantités d'eau à apporter pour satisfaire ces besoins varient avec le système d'irrigation envisagé.

En irrigation, il y a trois systèmes les plus répandus, qui sont : l'irrigation gravitaire,l'irrigation par aspersion et l'irrigation localisée (goutte à goutte)(fig16).

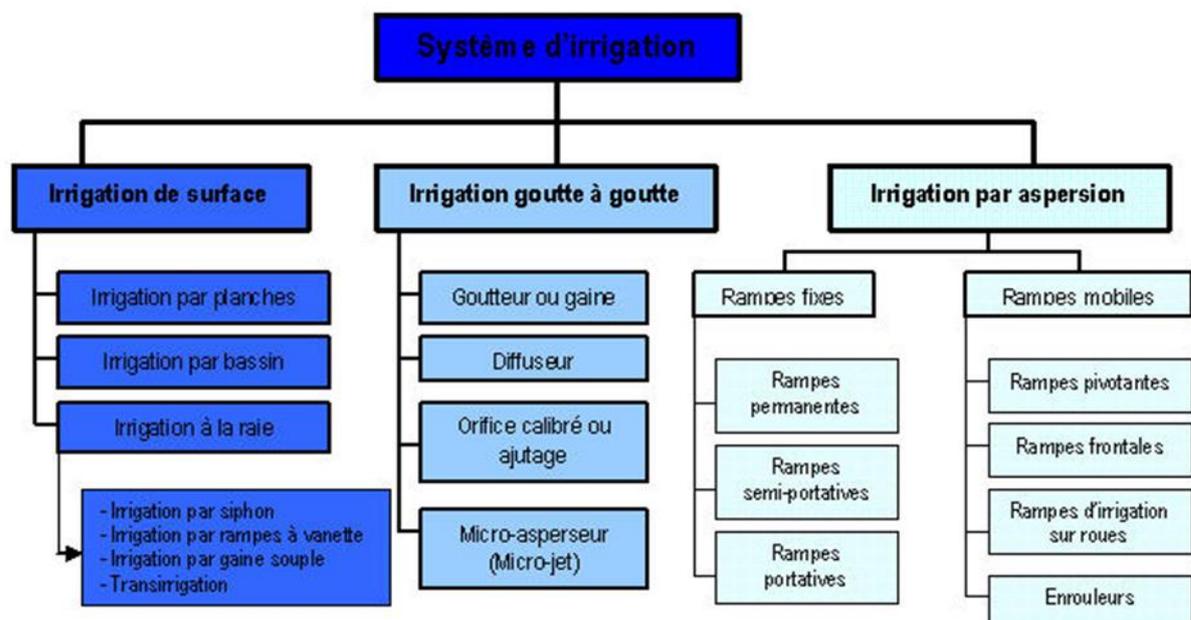


Figure 16 les différents systèmes d'irrigation

#### IV.5.1 Irrigation gravitaire (traditionnelle)

Elle est considérée comme la technique d'irrigation la plus ancienne dans laquelle les terres arables sont irriguées à l'aide de canaux ouverts où la gravité dirige l'eau dans des canaux de plus en plus petits. Ce système d'irrigation utilise de grandes quantités d'eau, d'autant plus que la majeure partie est perdue par évaporation.

L'irrigation gravitaire est un ensemble de toutes les techniques d'irrigation qui s'écoulent uniquement à la surface du sol et la distribution de l'eau sur l'ensemble de la parcelle est totalement externe. La distribution de l'eau est assurée par la topographie du sol et les caractéristiques de l'eau du sol (ruissellement, osmose, capillaires). Dans l'irrigation de surface, la différence entre les différentes techniques réside principalement dans la manière dont l'eau est utilisée. Il s'agit de l'écoulement, de l'immersion et de l'infiltration latérale ou descendante). (Tiercelin, 1998)



*Figure 17* Irrigation gravitaire.

Il existe différents modes d'irrigation gravitaire :

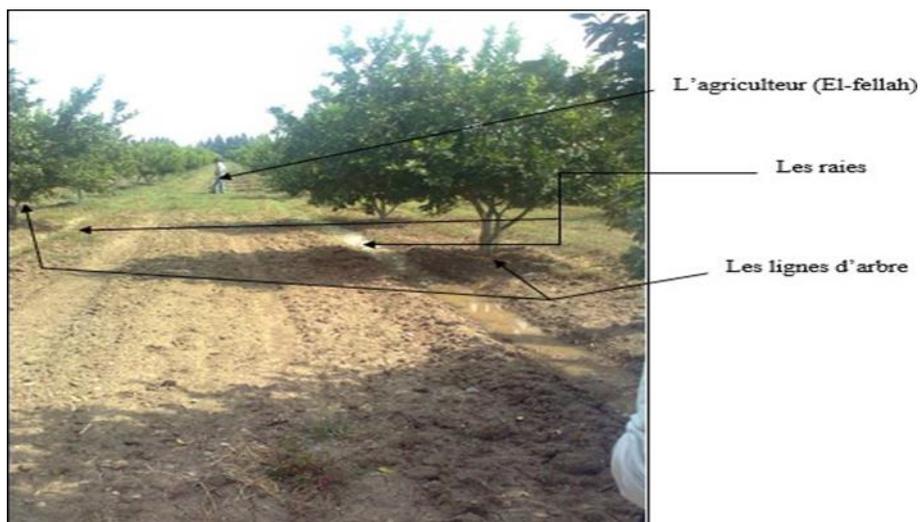
##### a. L'irrigation par ruissèlement

- **L'irrigation par planches ou par calant** : l'irrigation par planches Aussi connu sous le nom de calant est principalement réservée aux cultures céréalières ou fourragères. Les planches sont de longues bandes de terrain, aménagées en pente douce et séparées par des diguettes. L'alimentation en eau des planches sont réalisée de plusieurs façons soit par des siphons ou une gaine souple ou encore par des travaux d'alimentation passant à travers les berges du canal. (CLEMENT, 2007)



*Figure 18* Irrigation par planche

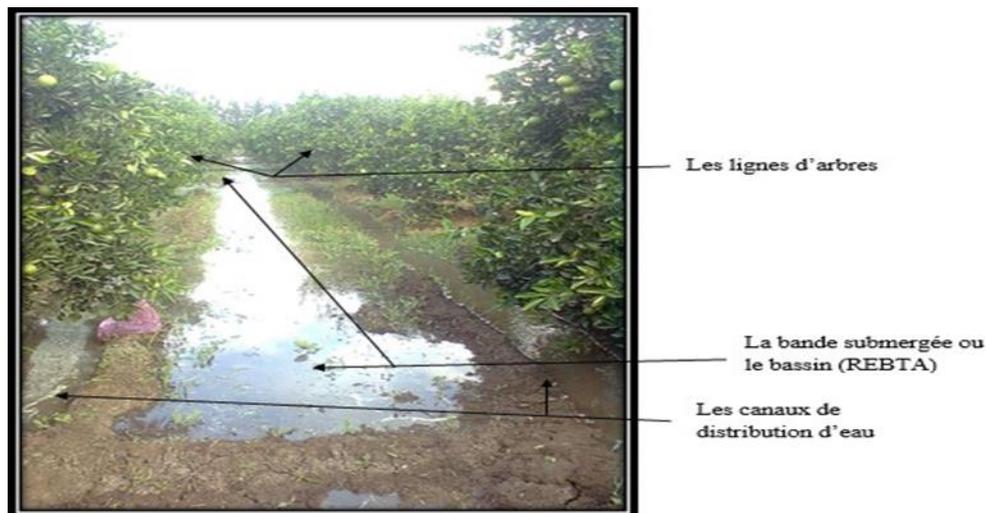
- **L'irrigation par infiltration (à la raie)** : Pour transférer l'eau entre les rangées de cultures, l'irrigation à la raie doit être assurée en créant des rainures ou de petites tranchées à partir du sol dans le sens de la pente du sol. Et l'eau s'infiltré dans le sol, principalement des côtés de la rainure, le long de son parcours dans le sens de la pente de la terre. En général, les plantes sont plantées sur les bords séparant les rainures. Cette technique est valable pour irriguer toutes les cultures en rangs et pour toutes les cultures qui ne tolèrent pas une immersion prolongée de leurs feuilles ou de leur collet dans l'eau. Les gorges sont alimentées par des prises d'eau aménagées sur les berges du canal d'amenée (CLEMENT, 2007)



*Figure 19* Irrigation à la raie

➤ **L'irrigation par submersion (ou inondation)**

Des étangs en terre à fond plat entourés de barrières basses sont formés dans l'irrigation par submersion où appelée bassins. Ces barrages sont conçus pour empêcher le passage de l'eau dans les champs adjacents. Cette technique est généralement utilisée pour irriguer les rizières en terrain plat ou les terrasses à flanc de coteau. Cette méthode est également utilisée pour irriguer les arbres fruitiers. Dans ce cas, un bourrelet est construit autour de l'arbre pour le protéger de l'eau due à des maladies comme le mucilage par exemple. Cette méthode ou les canaux d'arrivée d'eau sont trop nombreux, ou les pertes dues aux infiltrations sont importantes dans les canaux. La sortie comprend un tuyau vertical sortant au-dessus du sol, souvent avec une vis pour régler le débit (CLEMENT, 2007). Aussi connu sous le nom de "Robta" au Maroc, c'est le système d'irrigation gravitaire le plus connu. L'eau est transportée sous forme de nappes vers des bassins (divisibles) situés sur un terrain plat (pente de 0,1-1%). C'est une technique traditionnelle de montagne adaptée aux périmètres irrigués. L'irrigation se fait en coupant la sole en bassin de base (ou milieu). Sa taille moyenne est de 40 m<sup>2</sup>. (Tiercelin, 1998)



**Figure 20** Irrigation par submersion

➤ **L'irrigation Mixte**

C'est un ruissellement suivi d'une submersion. Les dispositions générales pour ce mode d'irrigation sont similaires à celles que nous avons vues, mais lorsque l'eau atteint le niveau requis dans l'aquarium, on continue à l'alimenter en prenant soin de vider le surplus. Les compartiments sont équipés d'un joint de niveau au niveau fixe du niveau maximum. L'excès d'eau est drainé dans un puisard ou un bassin adjacent pour cette fin.

L'avantage de ce système est que l'eau est plus aérée ce qui apporte plus de matières nutritives et présente une température plus régulière ce qui peut être intéressant pour les cultures. ((CHIKH, 2013)

### **b. Critères de choix des techniques d'irrigation gravitaire**

Les critères de choix de l'irrigation gravitaire sont les suivantes :

- Le type du sol ;
- La pente de la parcelle ;
- La vitesse d'écoulement de l'eau ;
- Les travaux du sol ;
- Les cultures ;
- Les ressources en eau ;
- Le climat ;
- Qualité de l'eau (salée ou non) (FAO, 2010)

### **c. Les avantages et inconvénients de l'irrigation gravitaire**

Les avantages et les inconvénients de l'irrigation gravitaire sont portés sur le tableau suivant (tableau7) (Ollier, 1983)

*Tableau 6 Avantages et inconvénients de l'irrigation gravitaire*

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coût d'investissement faible, relativement aux systèmes plus technicisés comme le goutte-à-goutte ou l'aspersion</li> <li>• Besoin en énergie faible ou nul</li> <li>• Technique éprouvée</li> <li>• Insensibilité au vent</li> <li>• Bonne adaptation à l'épandage d'eaux usées</li> <li>• Possibilités d'utiliser les eaux salées</li> <li>• Les végétaux ne sont pas mouillés, ce qui est favorable sur le plan phytosanitaire</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les sillons longitudinaux gênent le déplacement latéral des engins</li> <li>• Pertes importantes surtout par infiltration profonde</li> <li>• Besoins importants en main d'œuvre</li> <li>• Lenteur de l'arrosage</li> <li>• L'uniformité de l'arrosage dépend directement de planage des parcelles, d'où l'importance de nivellement laser.</li> <li>• Inadaptation aux sols filtrants</li> <li>• Surface consommée par les canaux et les rigoles</li> </ul>

#### **IV.5.2 Irrigation par aspersion**

L'irrigation par aspersion a pour objectif l'utilisation régulière de l'eau dans la zone occupée par la culture. Pour éviter les pertes par ruissellement, le système d'irrigation doit être conçu pour utiliser l'eau à un débit inférieur à la capacité d'infiltration du sol.

Différents systèmes sont utilisés qui sont : l'irrigation classique à asperseurs, l'enrouleur, la rampe frontale et le pivot (figureIV.6)....

Cependant, l'eau est loin d'être distribuée uniformément par un seul arroseur. Cette uniformité le long de la ligne dépend principalement de l'espacement entre les gicleurs. La couverture est nécessaire pour obtenir l'uniformité requise dans la distribution de l'eau (Kessira, 2003).

Un ensemble d'équipements permettant l'irrigation sous forme de pluie artificielle, composé d'une pompe et de ses dispositifs de fonctionnement, de tuyaux spéciaux, de gicleurs et d'accessoires de raccordement pour alimenter le système.



*Figure 21Irrigation par aspersion*

##### **a. Les systèmes d'irrigation par aspersion**

L'irrigation par aspersion est une technique qui consiste à amener à la plante, l'eau pulvérisée sous forme de fines gouttelettes, grâce à un réseau de distribution sous pression (figureIV.7)(Meda, 2011)



***Figure 22 Champ irrigué par la technique d'aspersion***

De par le type d'installation et d'équipement utilisé, on distingue :

- ❖ Aspersion classique
- ❖ L'aspersion avec les machines
- ❖ L'aspersion classique

C'est le système le plus répandu et vulgarisé en Algérie, il fonctionne à une pression de 2,5 à 5 bars et on le retrouve sous trois formes :

- L'installation classique mobile
- La couverture intégrale
- L'installation classique fixe
- L'aspersion avec les machines

il s'agit à des rampes pivotantes (systèmes pivot) et la rampe frontale et de L'Enrouleur (Kessira, 2003)(figure23)



*Figure 23L' enrouleur*

**b. Les avantages et les inconvénients de l'irrigation par aspersion**

Les avantages et les inconvénients sont portés sur le tableau suivant (**tableau IV.2**) :

*Tableau 7Avantages et inconvénients de l'irrigation paraspersion*

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Applicable dans la plupart des cultures et terrains</li> <li>• Elle ne nécessite aucun aménagement préalable de la surface à irriguer.</li> <li>• Elle provoque une forte oxygénation de l'eau projetée en pluie</li> <li>• Humidification de l'atmosphère ambiante qui limite les pertes en évaporation direct</li> <li>• permet un dosage précis et régulier des quantités d'eau distribuées</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exige une nombreuse main d'oeuvre d'exploitation</li> <li>• Création d'une atmosphère humide propice au développement des maladies Cryptogamiques (champignons) et des mauvaises herbes</li> <li>• Grande sensibilité au changement climatique, et surtout au vent</li> <li>• Risque de vol</li> </ul>

### **IV.5.3 Irrigation localisée (Goutte à Goutte)**

L'irrigation localisée est une méthode d'irrigation qui fournit de l'eau aux cultures en petites quantités et à une fréquence élevée. L'irrigation est réalisée en surface ou en profondeur directement dans la zone racinaire si l'irrigation est souterraine.

On peut dire que l'irrigation localisée repose sur le concept d'alimentation optimale en eau des cultures par humidification continue du volume de sol exploité par le système racinaire.

Le fait qu'une partie seulement de la surface du champ de culture soit irriguée a pour conséquence de réduire les pertes d'eau par évaporation (en réduisant la surface d'évaporation). Cela réduit également la quantité de mauvaises herbes et réduit l'interruption des opérations de plantation (Bouzar, 2012).

En réalité, il est possible de réaliser simultanément l'irrigation, l'entretien des cultures et la récolte. Les systèmes d'irrigation localisée sont conçus pour fonctionner quotidiennement pendant environ 24 heures et pour humidifier le volume de sol prélevé uniquement par les racines (figure 24) (Bouzar, 2012)



*Figure 24 Irrigation localisée*

#### **a. Installation d'un réseau d'irrigation localisée**

Toutes les installations d'irrigation localisée comprennent, de l'amont à l'aval :

- Une station de pompage ou une branche d'un réseau de distribution d'eau.
- Des équipements de tête, chargés de mesurer ou de réguler le débit ou la pression et d'améliorer la qualité physique de l'eau par filtration (car les buses ont de très petits diamètres) et parfois la qualité chimique en incorporant des éléments fertilisants.
- Conduites principales et secondaires, etc... qui amènent l'eau en tête de talus, avec régulateurs de pression si nécessaire. Ce sont des tubes à parois ou enveloppes poreuses, c'est-à-dire des tubes étanches munis de buses.

#### **b. Les systèmes d'irrigation localisée**

L'irrigation localisée est l'apport d'eau, fertilisée ou non, en des points de la surface du sol à haute fréquence et sans charge.

En chaque point, la distribution est assurée par une buse reliée à un réseau fermé (Kessira, 2003)

Il existe deux grands systèmes d'irrigation localisée :

- Les gaines souples, poreuses ou perforées fixées en surface du sol.
- Les rampes entrées ou en surface du sol pouvant assurer une distribution de l'eau par points, par lignes ou par petites zones

#### **c. Les Avantages d'irrigation localisée**

Les principaux critères de choix entre les systèmes d'irrigation demeurent les avantages techniques et économiques que présente chacun des systèmes par rapport aux contextes agronomiques, pédologiques et climatiques où se trouve l'exploitation agricole (**tableau 9**)(ARTAS, 2004).

**Tableau 8** Avantages et inconvénients du goutte à goutte

a) L'efficience de l'eau	b) Avantages agronomiques	c) Avantages économiques
<p>Perte d'eau considérablement réduites en raison de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La réduction des pertes par évaporation, par ruissellement et par percolation,</li> <li>• L'absence de concurrence des mauvaises herbes,</li> <li>• Des conditions du milieu (vents, températures élevées) qui n'influencent pas beaucoup le rendement du système.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Constance de degré d'humidité du sol, due à la continuité relative des apports d'eau dans le temps,</li> <li>• Bonne aération du sol.</li> <li>• Pas de brûlures de feuillage en cas de salinité de l'eau d'irrigation.</li> <li>• Les maladies cryptogamiques sont considérablement réduites.</li> <li>• Les insectes ne sont pas attirés au voisinage des cultures en raison de la sécheresse relative à l'air.</li> <li>• Développement des mauvaises herbes très réduites.</li> <li>• Grande efficacité de la fertilisation.</li> <li>• Possibilité d'utiliser les eaux salées en veillant sur la fréquence et la continuité des arrosages, afin de maintenir l'humidité du sol élevée, de façon à ce que la teneur en sel du sol n'atteigne pas un seuil préjudiciable à la plante.</li> </ul>	<p>Du point de vu économique, les avantages de l'irrigation localisée sont multiples et autant defacteurs pouvant influencer fortement le prix de revient :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Main d'œuvre,</li> <li>• Eau,</li> <li>• Fertilisation,</li> <li>• Temps</li> <li>• Augmentation des rendements des cultures</li> </ul>

**d. Inconvénients d'irrigation localisée**

L'irrigation localisée présente un certain nombre de problèmes qui sont (ARTAS, 2004) :

- ❖ Colmatage des ajutages par des débris physiques, des éléments chimiques et du
- ❖ Matériel biologique, ce phénomène entraîne un manque d'uniformité de distribution de l'eau et des dommages sérieux aux cultures si l'on ne remédie pas à temps à ce problème.
- ❖ Coût initial d'installation est relativement très élevé.
- ❖ Ne peut pas être utilisé avec une eau de mauvaise qualité chimique.
- ❖ Travail technique et régulier de vérification et d'entretien de la station de filtration et des lignes de goutteurs.
- ❖ Une technicité de l'agriculteur pour la gestion du réseau.

**e. Choix de la technique d'irrigation localisée**

Le choix judicieux de la technologie la plus appropriée aux conditions essentielles d'exploitation agricole au sein de ce système est une fois convaincu des avantages

techniques et économiques que peut apporter l'adoption d'un système d'irrigation de proximité. À cette fin, il est nécessaire de prendre en compte les particularités et les caractéristiques de ce système afin de tirer le meilleur parti des avantages qu'il peut offrir (Dine El Hennenai, 2004)

#### **f. Les caractéristiques de l'irrigation localisée**

Les caractéristiques sont les suivantes (INSDI, 2003) :

- ❖ N'arrose qu'une fraction du sol.
- ❖ Utilise de faibles débits avec de faibles pressions.
- ❖ Met en œuvre des équipements fixes et légers.
- ❖ Ne mouille pas le feuillage.
- ❖ Convient bien à l'irrigation fertilisante.
- ❖ Est totalement indépendante vis-à-vis des autres interventions sur la culture.
- ❖ Ce qui est nécessaire en irrigation localisée c'est d'avoir un système adapté :
  - Au type de sol.
  - A la nature des cultures.
  - A la qualité de l'eau.
  - A la configuration de la parcelle à irriguer

#### **IV.6 Conclusion**

Dans ce chapitre, en plus d'une description détaillée et après avoir dressé les avantages et les inconvénients des principales techniques d'irrigation utilisées dans notre étude (aspersion, goutte à goutte et gravitaire).

Nous avons déterminé la technique adaptée pour chaque application. Ainsi, l'irrigation localisée où goutte à goutte est la meilleure technique et la meilleure solution.

# Chapitre V

# **Chapitre V**

## **Etude technico-économique des aménagements hydrauliques**

### **V.1 Introduction**

La durée de vie des plantes dépend de divers facteurs environnementaux, notamment de facteurs climatiques qui affectent le développement des plantes dans une situation étroitement dépendante de la température, de l'eau et la lumière qui affectent d'abord la croissance et surtout le rendement final (Halimi, 1980 in Sebaibi, 2014).

Les précipitations, en particulier leur partie efficace, fournissent une partie de l'eau nécessaire pour répondre aux besoins d'évapotranspiration des cultures. Le sol agit comme un tampon, stockant une partie de l'eau de pluie et la restituant aux cultures lorsque l'eau se fait rare. En climat humide, ce mécanisme est suffisant pour assurer une croissance satisfaisante dans les systèmes de culture pluviale. En conditions de climat semi-aride à aride ou de saisons sèches prolongées, l'irrigation est nécessaire pour compenser le manque d'évapotranspiration (transpiration des cultures et évaporation du sol) dû à une pluviométrie insuffisante ou irrégulière (FAO, 2017). L'évapotranspiration maximale réelle varie autant que la consommation d'eau varie entre les cultures, à différentes allocations de temps. Par conséquent, en général, pendant la phase de croissance rapide, lorsque la plante commence à entrer dans la phase de fructification, la quantité d'eau nécessaire à ces croissances est plus faible. Une fois le poids de croissance maximal atteint, les besoins en eau commencent à diminuer progressivement jusqu'à pleine maturité (Sebaibi, 2014).

#### **V.1.1 présentation du périmètre d'irrigation**

Le périmètre affecté par l'irrigation situé entre la position géographique de la station et le déversoir des eaux épurées (Oued Senane) est dominé principalement par les céréales et l'arboriculture. Les autres cultures ne bénéficient pas du programme d'irrigation à partir de la STEP pour des mesures d'hygiène et de protection de la santé publique.

En 2021, les superficies autorisées sont 62 ha appliquées par les céréales irriguées par aspersion comme c'est présenté dans la carte des parcelles à proximité d'Ain t'émouchent ces surfaces sont limitées par le bleu. Les 8 surfaces limitées par le rouge seront irrigables prochainement (fig).



*Figure 25 la carte des parcelles à proximité d'Ain témouchent présentés les surfaces irriguées et irrigables*

**Tableau 9:** les superficies irriguées et irrigables

<b>Surface</b>	<b>Sol</b>	<b>HA</b>
S1	irrigable	8
S2	irrigable	6.5
S3	irrigable	11
S4	irriguée	7
S5	irrigable	10
S6	irrigable	5
S7	irrigable	19
S8	irrigable	4.5
S9	irrigable	10
S10	irriguée	13
S11	irriguée	17
S14	irriguée	25

D'après le tableau V.1, les superficies irriguées sont de 62 ha alors que celles irrigables sont de 74 ha.

### **V.I.2 Superficie irriguée par type d'ouvrage et par mode d'irrigation**

Le tableau suivant (Tableau.11) nous donne les valeurs de cette évolution en fonction des cultures avec leurs modes d'irrigation :

**Tableau 10** Superficie irriguée par type d'ouvrage et par mode d'irrigation 2017/2018

Année	2017/2018										
	Superficies irriguée ( ha)							Mode d'irrigation (ha)			
Culture	puits	Forage	Ret.coll	Prise sur oued	sources	P.barrage	STEP	aspersion	G.A.G	Gravitaire	total
Agrumes	95	137	0	263	5	12	0	0	106	406	512
Arboriculture	314	438	5	123	0	14	0	0	285	609	894
Maraichage	2307	3778	10	1465	104	499	0	3030	3993	1140	8163
fourage	4	52	0	158	0	0	0	214	0	0	214
viticulture	15	132	0	0	20	0	0	35	132	0	167
céréales	5	30	0	0	-	0	0	35	132	0	167
Culture Ind	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	2740	4567	15	2009	129	525	0	3314	4516	2155	9985

### Interprétation

- En 2018 aucune superficie n'est irriguée (culture) par les eaux usées de la STEP.
- Les techniques d'irrigation utilisées pour arroser les céréales en cette année (2018) sont : irrigation par aspersion et Irrigation par G.A.G.

**Tableau 11** Superficie irriguée par type d'ouvrage et par mode d'irrigation 2018/2019

Année	2018/2019										
Culture	Superficies irriguée ( ha)							Mode d'irrigation (ha)			
	puits	Forage	Retenues collinaires	Prise sur oued	sources	P. barrage	STEP	aspersion	G.A.G	Gravitaire	total
Agrumes	116	129	4	305	7	13	0	0	182	392	574
Arboriculture	527	527	2	128	55	13	0	0	357	895	1252
Maraichage	1922	2927	3	1064	1	450	0	1731	4052	584	6367
fourage	4	244	0	0	0	0	0	248	0	0	248
viticulture	15	361	0	0	0	0	0	0	314	62	376
céréales	398	1114	0	79	21	300	62	1974	0	0	1974
Culture Ind	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	2982	5302	9	1576	84	776	62	3953	4905	1933	10791

#### Interprétation

- En 2019 une seule superficie (les céréales) était irriguée par les eaux la STEP pour 62 ha.
- Système d'irrigation utilisé pour arrosage de céréales est l'arrosage par aspersion en 2019 sur une superficie de 1974 ha.

**Tableau 12** Superficie irriguée par type d'ouvrage et par mode d'irrigation 2019/2020

Année	2019/2020										
Culture	Superficies irriguée ( ha)							Mode d'irrigation (ha)			
	puits	Forage	Ret.coll	Prise sur oued	sources	P.barrage	STEP	asperision	G.A.G	Gravitaire	total
Agrumes	151	158	0	318	9	14	0	0	270	380	650
Arboriculture	733	644	12	144	125	13	0	0	526	1145	1671
Maraichage	2699	3210	3	1053	61	286	0	2845	3919	548	7312
fourage	0	261	0	0	0	0	0	261	0	0	261
viticulture	161	396	0	0	0	15	0	0	552	20	572
céréales	692	1420	5	93	17	145	82	2454	0	0	2454
Culture Ind	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	4436	6089	20	1608	212	473	82	5560	5267	2093	12920

#### Interprétation

- En 2020 ;82 ha de céréales sont irrigués par la STEP.
- Le système d'irrigation adopté en 2020 par les céréales est par aspersion pour superficie de 2454 ha

**Tableau 13** Superficie irriguée par type d'ouvrage et par mode d'irrigation 2020/2021

Année	2020/2021										
Culture	Superficies irriguée ( ha)							Mode d'irrigation (ha)			
	puits	Forage	Ret.coll	Prise sur oued	sources	P.barrage	STEP	aspersion	G.A.G	Gravitaire	total
Agrumes	155	199	0	353	14	9	0	0	347	383	730
Arboriculture	757	770	9	165	125	13	0	0	582	1257	1839
Maraichage	2845	3325	5	1242	67	362	0	3316	4056	474	7846
fourage	21	260	0	0	0	0	0	261	20	0	281
viticulture	172	595	0	0	0	0	0	0	764	3	767
céréales	672	1908	0	120	2	49	92	2843	0	0	2843
Culture Ind	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	4622	7057	14	1880	208	433	92	6420	5769	2117	14306

#### Interprétation

- En 2021 ;92 ha de céréales seront irriguées par la STEP.
- En 2021 toujours le même système d'irrigation est utilisé pour les céréales de superficie de 2843 ha.

**Tableau 14** Superficie irriguée par type d'ouvrage et par mode d'irrigation 2021/2022

Année	2021/2022										
	Superficies irriguée ( ha)							Mode d'irrigation (ha)			
	puits	Forage	Ret.coll	Prise sur oued	sources	P.barrage	STEP	aspersion	G.A.G	Gravitaire	total
Agrumes	116	129	4	305	7	13	0	0	182	392	574
Arboriculture	527	527	2	128	55	13	0	0	357	895	1252
Maraichage	1922	2927	3	1013	52	450	0	1731	4052	584	6367
fourage	4	244	0	0	0	0	0	248	0	0	248
viticulture	15	361	0	0	0	0	0	0	314	62	376
céréales	398	1114	0	79	21	300	62	1974	0	0	1974
Culture Ind	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	2982	5302	9	1525	135	776	62	3953	4905	1933	10791

#### Interprétation

- En 2022 toujours 62 ha de céréales seront irrigués par la STEP.
- La technique d'irrigation utilisée pour irriguer les céréales est toujours par aspersion d'une superficie de 1974 ha.

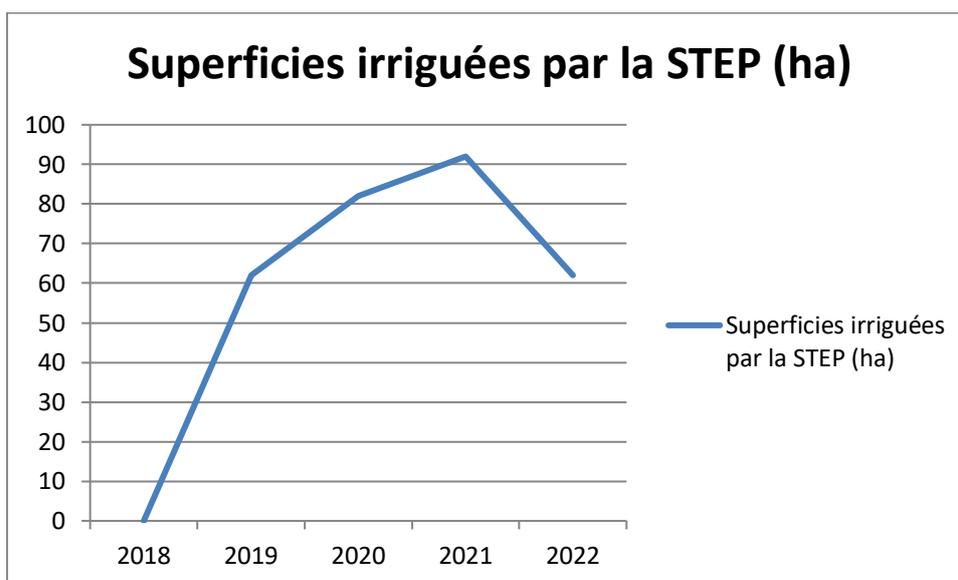
#### V.1.3 Evolution des céréales

D'après DSA, depuis 2019 jusqu'à 2022 les surfaces irriguées sont appliquées par les céréales et non par d'autre culture. En 2019, la DSA autorise 62 ha à irriguer. En 2020, c'était une augmentation des hectares irrigués. En 2020, 82 ha était irrigués. En 2021, les eaux épurées irriguent 92 ha. En 2022, 62 ha de céréales sont irrigués.

Le tableau suivant (tableau 16) interpréter les superficies irriguées par céréales des années 2018, 2019, 2020, 2021 et 2022 :

**Tableau 15** les surfaces irriguées appliquées par céréales

Superficies irriguées par céréales (Ha)	
Années	Superficies irriguées par la STEP(ha)
2018	0
2019	62
2020	82
2021	92
2022	62



**Figure** Evolution des superficies des céréalicultures.

#### V.I.4 Besoins d'eau pour l'irrigation

Les besoins en eau des cultures sont à la base de la:

- Conception des réseaux d'irrigation.
  - ✓ calcul du débit et du dimensionnement des ouvrages.
- Gestion des réseaux d'irrigation
  - ✓ prévision et programmation des apports d'eau
- Planification de l'utilisation des ressources hydrauliques
  - ✓ volume d'eau nécessaire pour l'irrigation,
  - ✓ Calcul des surfaces irrigables au vu des ressources, etc.

### V.I.5 Le bilan hydrique

L'estimation des quantités d'eau passant par chacune des étapes du cycle hydrologique se fait à l'aide de l'équation hydrique.

Cette équation est le bilan des quantités d'eau entrant et sortant d'un système défini dans l'espace et dans le temps.

- Le temps représente l'année hydrologique.
- L'espace représente l'échelle d'un bassin versant

L'équation du bilan hydrique pour une période et un bassin donnés s'écrit:

$$P + S = R - ETP + (S + \Delta S)$$

**Avec:**

**P** : précipitations [mm],

**S** : ressources (accumulation) de la période précédente (eaux souterraines) [mm],

**R** : ruissellement de surface et écoulements souterrains [mm],

**E** : évapotranspiration [mm],

**S + ΔS** : ressources accumulées à la fin de la période [mm].

#### V.I.5.1 Déficit en eau

Déficit en eau est la comparaison entre les besoins mensuels des plantes avec la quantité d'eau disponible par le sol au cours de la période de végétation

#### V.I.5.2 Déficit pluviométrique (climatique)

Déficit pluviométrique ou climatique est la différence entre l'ETP et le module pluviométrique correspondant :

$$dp = ETP - P$$

**P** correspond à la pluviométrie (mm)

**ETP** est l'évapotranspiration potentielle (mm)

le déficit pluviométrique annuel est évalué mois par mois (pas de stock pluviométrique).

### V.I.5.3 La dose réelle d'irrigation $d_r$

C'est le volume d'eau qu'il faut apporter à chaque irrigation,  $d_r$  dépend de la profondeur explorée par les racines et de la nature du sol comme il est indiqué dans le tableau suivant (tableau 17):

$$d_r = RU * (RFU / RU) * \text{Profondeur enracinement}$$

tableau 17 Guide technique (type) de sols par rapport à la profondeur enracinement

Type de sols	RFU/RU
Sols argileux	0.5
Sols limoneux	0.65
Sols sableux	0.75

### V.I.5.4 L'évapotranspiration (ET)

ET est l'ensemble des phénomènes et des flux de l'évaporation physique et de la transpiration de la végétation. C'est exprimé en hauteur moyenne évaporée sur la surface considérée pendant une durée définie.

(ET) = EVAPORATION (Evaporation des surfaces d'eau libre et l'eau contenue dans le sol et dans les plantes) + TRANSPIRATION (Transpiration des végétaux émanant de leur feuillage)

### V.I.6 L'évapotranspiration de références $ET_0$

$ET_0$  est définie comme le niveau de l'évapotranspiration d'une surface importante d'un gazon de hauteur uniforme (entre 8 et 15 cm), en croissance active, recouvrant complètement le sol et alimenté en eau d'une façon non conditionnelle.

### V.I.7 L'évapotranspiration potentielle ETP

$ET_p$  est l'évapotranspiration d'une culture (stade de développement végétatif max) bien fournie en eau et où le sol est à sa capacité de rétention, C'est la limite maximale de l'évapotranspiration

On calcule l'ETP par les formules empiriques suivantes :

Formule de Thornthwaite

$$ETP = 16(10 t/I)^a K$$

Avec : ETP : en mm

**T** : température moyenne (°C)

**I**: indice thermique annuel  $I = \sum_{i=1}^{12} i$

**I** : indice thermique mensuel  $i = (t/5)^{1.5}$

**A** : simplification apporté par serra  $a = 1.6/100 I + 0.5$

**K** : coefficient d'ajustement mensuel

A l'aide de ces formules, le calcul de l'évapotranspiration à Ain Témouchent sont faits (**tableau 18**) :

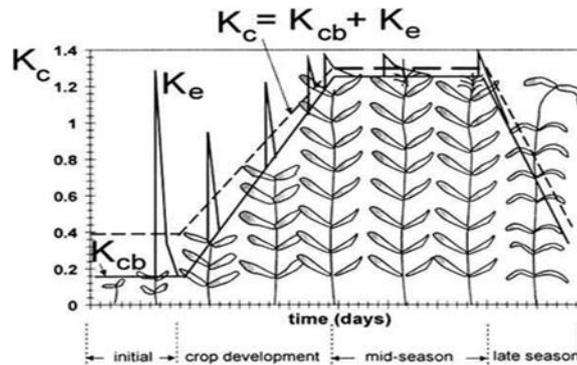
**Tableau 18** Calcul de l'Evapotranspirations moyenne mensuelles d'ain temouchent (mm)

Mois	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	juin	juil	aout	sept	oct	nov	déc
<b>Tmoy(°C)</b>	15	16	18	20	23	28	32	33	30	25	20	17
<b>i (m)</b>	3,2	3,52	4,34	3,58	4,35	5,38	6,37	10,8	5,76	4,72	3,47	2,69
<b>I</b>	58,18	58,18	58,18	58,18	58,18	58,18	58,18	58,18	58,18	58,18	58,18	58,18
<b>F (m,φ)</b>	0,87	0,85	1,03	1,09	1,21	1,21	1,23	1,16	1,03	0,97	0,86	0,85
<b>A</b>	1,43	1,43	1,43	1,43	1,43	1,43	1,43	1,43	1,43	1,43	1,43	1,43
<b>Et<sub>p</sub>(mm)</b>	53,93	57,78	82,86	101,95	138,21	183,11	225,30	222,04	172,03	124,83	80,44	63,02

### V.I.8 Choix du coefficient cultural

Par définition, le coefficient cultural ( $K_c$ ) est le rapport entre l'évapotranspiration potentielle de la culture ( $ET_c$ ) et l'évapotranspiration potentielle ( $ET_p$ ). Il intègre les effets des 4 caractéristiques primaires qui distinguent une culture par rapport à la culture de référence qui sont : la hauteur de la culture, la résistance de surface sol - végétation, l'albédo, l'évaporation du sol (Allen, 98).

Les facteurs qui influent la valeur du ( $K_c$ ) sont : les caractéristiques de la culture, les dates de plantation ou de semis, le rythme de son développement et la durée de son cycle végétatif, les conditions climatiques, en particulier au début de la croissance et la fréquence des pluies ou des irrigations (**figure V.3**) (FAO, 2017).



**Figure 26** Courbe de coefficients culturaux et définition des phases (Allen et al., 1998).

### V.I.9 Besoins en eau des cultures B

$$B = ETM - Pu - X Rfu \pm \Delta H$$

Avec :

**ETM**: évapotranspiration de la culture (mm),

**Pu**: précipitation efficace (mm),

**X Rfu**: variation de la réserve d'eau du sol (mm), différence entre les quantités d'eau disponibles dans la zone racinaire au début et à la fin de la saison végétative

$\pm \Delta H$ : contribution de la nappe

Nous appellerons les Bi: besoins en eau d'irrigation

$$Bi = ETM - Pu$$

### V.I.10 Besoins en eau net d'irrigation Bn

Bn est la quantité qui doit être effectivement absorbée par la plante

$$Bn = Etp - Pu - R$$

Avec ;

**Bn**: besoin en eau (mm)

**Etp**: évapotranspiration (mm)

**Pu**: fraction de la pluie stockée dans la zone racinaire (mm)

$$Pu = 80 \% P$$

**R**: ruissellement de la pluie (mm)

Ces différentes formules ont permis de calculer les besoins en eau des céréales cultivées dans les terres au voisinage du cours d'eau où sont rejetées les eaux usées épurées de la STEP d'Ain Témouchent (tableau V.10)

**Tableau 19** Les besoins en eau d'irrigation des céréales

Mois	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
P(mm)	19.475	46.16	80.47	58.72	72.4	63.93	58.43	59.41	34.08	8.85	2.93	4.23
PU	15.58	36.93	64.38	46.98	57.92	51.15	46.75	47.53	27.27	7.08	2.35	3.39
<b>Et<sub>p</sub>(mm)</b>	53,93	57,78	82,86	101,95	138,21	183,11	225,30	222,04	172,03	124,83	80,44	63,02
K <sub>c</sub>	0.9	0.9	0.9	0.9	0	0	0	0	0.45	0.8	0.9	0.9
RFU=Dp(mm)	49.04	49.04	49.04	49.04	49.04	49.04	49.04	73.55	49.04	49.04	49.04	49.04
ETM=ETP*K <sub>c</sub>	48.54	52.002	74.57	91.755	0	0	0	0	77.41	99.86	72.39	56.02
Bi=ETM-Pu	32.96	15.07	10.19	44.77	-57.92	-51.15	-46.75	-47.53	50.14	92.78	70.04	52.63
Bir=Bi*10(m <sup>3</sup> /Ha)	329.6	150.7	101.9	447.7	-579.2	-511.5	-467.5	-475.3	501.4	927.8	700.4	526.3
B brute (m <sup>3</sup> /ha)= $\frac{B_{net}}{\eta}$ avec $\eta=0.85$	387.76	177.29	119.88	526.70	- 681.41	-601.77	-550	- 559.17	589.88	<b>1091.52</b>	824	619.17

### Discussion des résultats

- On remarque que les besoin brutes en eau d'irrigations des céréales prennent la valeur maximale qui est 1091.52 m<sup>3</sup>/ha de mois d'octobre.

$$1091.52 * 62 \text{ ha} = 67674.24 \text{ m}^3$$

Le volume nécessaire pour l'irrigation de 62 Ha de céréales est 67674.24 m<sup>3</sup>, de ce volume on a 1850 m<sup>3</sup> d'eau épurée utilisable.

Afin de savoir la disponibilité en eau épurées après un période de 30 ans il faut passer par : l'estimation de population de les 3 communes qui verser l'eau usées a la STEP pour calculer le débit des eaux usées et le débit de consommation de ces dernières, on utilise ces débits pour calculer les débits des eaux épurés.

# Chapitre VII

## VII.1 Calcul de la Disponibilité en eau épurée à l'horizon de 30 ans de la STEP de AT

Pour calculer les débits d'eau épurés on doit calculer les débits des eaux usées à l'horizon des années 2021, 2026, 2031, 2036, 2041, 2046 et 2051, comme ci-dessous :

### VII.1.1 Estimation de la population actuelle

#### 1/Ain T'émouchent

Le calcul se fait par la formule de l'évolution de population suivante : (tableau V.11) :

$$P = P_0(x + 1)^n$$

Avec :

**P** : nombre de la population à l'horizon

**P<sub>0</sub>** : nombre de population de l'année de référence d'Ain T'émouchent est **87187**

**X** : taux d'accroissement d'Ain T'émouchent est **2.45%**

**N** : nombre d'années compris dans l'intervalle de temps considéré d'après **DPSB (direction de planification et de suivi budgétaire)**.

*Tableau 20 Estimation des eaux usées d'Ain T'émouchant*

Horizon	X	X+1	n	P	Q cons	Q Eu
2021	0.0245	1.0245		87187	17437.4	13949.92
2026	0.0245	1.0245	5	98403	19680.6	15744.48
2031	0.0245	1.0245	5	111062	22212.4	17769.92
2036	0.0245	1.0245	5	125350	25070	20056
2041	0.0245	1.0245	5	141476	28295.2	22636.16
2046	0.0245	1.0245	5	159677	31935.4	25548.32
2051	0.0245	1.0245	5	180219	36043.8	28835.04

$$Q_{\text{cons}} = P \times D$$

Avec

**Q** : débit de consommation moyenne m<sup>3</sup>/jour

**D** : dotation de 200 l/hab/jour

**P** : nombre d'habitant

Pour l'estimation du débit des eaux usées urbaines le taux de rejet des eaux de consommation est de **80%**

$$Q_{\text{EU}} = 80\% \times Q_{\text{cons}} \text{ (m}^3\text{/jour)}$$

## 2/ Sidi Ben Adda

- **Estimation de population**

Le calcul se fait par la formule de l'évolution de population suivante (tableau V.12) :

$$P = P_0(x + 1)^n$$

**P<sub>0</sub>** : nombre de population de l'année de référence de Sidi Ben Adda est **16255**

**X** : taux d'accroissement de Sidi Ben Adda est **1.05%**.

*Tableau 16 Estimation des eaux usées de Sidi Ben Adda*

Horizon	X	X+1	n	p	Q <sub>cons</sub>	Q <sub>eu domestique</sub>
2021	0.0105	1.0105		16255	3251	2600.8
2026	0.0105	1.0105	5	17126	3425.2	2740.16
2031	0.0105	1.0105	5	18044	3608.8	2887.04
2036	0.0105	1.0105	5	19011	3802.2	3041.76
2041	0.0105	1.0105	5	20030	4006	3204.8
2046	0.0105	1.0105	5	21103	4220.6	3376.48
2051	0.0105	1.0105	5	22234	4446.8	3557.44

$$Q_{\text{cons}} = D \times P$$

**Q<sub>cons</sub>** : débit de consommation moyenne m<sup>3</sup>/jour

**D** : dotation de 200 l/hab/jour

**P** : nombre d'habitant

D'après DBSP

Q<sub>EU</sub> = 80% × Q<sub>cons</sub> (m<sup>3</sup>/jour)

## 3/ ChaabatElham

- **Estimation de population**

Le calcul se fait par la formule de l'évolution de population suivante (tableau V.12) :

$$P = P_0(x + 1)^n$$

**P<sub>0</sub>** : nombre de population de l'année de référence de chaabatElham est **P<sub>0</sub>=16995**

**X** : taux d'accroissement de chaabatElham est **0.67%**

**Tableau22 Estimation des eaux usées de chaabatElham**

horizon	X	X+1	n	p	Q <sub>cons</sub>	Q <sub>Eu</sub>
2021	0.0067	1.0067		16995	3999	3199.2
2026	0.0067	1.0067	5	17572	3514.4	2811.52
2031	0.0067	1.0067	5	18168	3633.6	2906.88
2036	0.0067	1.0067	5	18784	3756.8	3005.44
2041	0.0067	1.0067	5	19421	3884.2	3107.36
2046	0.0067	1.0067	5	20080	4016	3212.8
2051	0.0067	1.0067	5	20761	4152.2	2906.88

$$Q_{\text{cons}} = D \times P$$

Q<sub>cons</sub> :débit de consommation moyenne m<sup>3</sup>/jour

D : dotation de 200 l/ hab /jour

P : nombre d'habitant

D'après DBSP  $Q_{\text{EU}} = 80\% \times Q_{\text{Cons}}$  (m<sup>3</sup>/jour)

### VII.1.2 Estimation des débits des équipements

Le débit d'équipement C'est 20% de débit des EU domestique

#### 1/ Ain T'émouchant

**Tableau23 Estimation des eaux usées des équipements d'Aint'émouchent**

Horizon	Q <sub>EU domestique</sub>	Q équipement	Q totale annules
2021	13949.92	69749.6	83699.52
2026	15744.48	78722.4	94466.88
2031	17769.92	88849.6	106619.52
2036	20056	100280	120336
2041	22636.16	113180.8	135816.96
2046	25548.32	127741.6	153289.92
2051	28835.04	144175.2	173010.24

➤ Le débit annuel augmente en fonction de l'augmentation de la population

#### 2/ Sidi Ben Adda

**Tableau24** Estimation des eaux usées des équipements de sidi ben Adda

Horizon	Q <sub>EU</sub> domestique	Q équipement	Q totale annules
2021	2600.8	13004	15604.8
2026	2740.16	13700.8	16440.96
2031	2887.04	14435.2	17322.24
2036	3041.76	15208.8	18250.56
2041	3107.36	15536.8	18644.16
2046	3212.8	16064	19276.8
2051	3321.76	16608.8	19930.56

- Le débit annuel augmente en fonction de l'augmentation de la population

### 3/ chaabatElham

**Tableau 25** Estimation des eaux usées des équipements de chaabatElham

Horizon	Q <sub>EU</sub> domestique	Q équipement	Q totale annules
2021	3199.2	15996	19195.2
2026	2811.52	14057.6	16869.12
2031	2906.88	14534.4	17441.28
2036	3005.44	15027.2	18542.24
2041	3107.36	15536.8	18644.16
2046	3212.8	16064	19276.8
2051	2906.88	14534.4	17441.28

- Le débit annuel augmente en fonction de l'augmentation de la population

#### V.II.1 .3 Estimation des débits entrant et sortant de la STEP

Les débits entrants la STEP : sont les sommes des débits des EU domestiques et débits des EU des équipements

Les débits sortants de la STEP c'est-à-dire les débits des eaux épurées représentent un pourcentage de 80% des débits entrants.

Le tableau suivant (tableau V.17) mentionne les débits entrants et sortants à l'horizon de 30 ans

**Tableau 17** les débits entrants et sortants de la STEP à l'horizon e 30 ans

Horizon	Débit entrant la STEP(m <sup>3</sup> /j)	Débit sortant la STEP(m <sup>3</sup> /j)
2021	118499.52	10920
2026	127776.96	13388880
2031	141383.4	1536776.08
2036	157128.8	1707921.7
2041	173105.28	1881579.13
2046	191843.52	998299.13
2051	210382.08	2286761.73

### V.II.2 Supposition :

On suppose que les surfaces irrigables et irriguées autour du cours d'eau sont cultivées par céréales à l'horizon de 30 ans

Et on suppose que l'ETP est constant pour fixer les besoins en eau de céréale.

**Tableau 27** les besoins en eau de céréales

Horizons	Besoins en eau annuels m <sup>3</sup> / ha	volumes épurés annuels
2021	148446.72	10920
2026	148446.72	13388880
2031	148446.72	1536776.08
2036	148446.72	1707921.7
2041	148446.72	1881579.13
2046	148446.72	998299.13
2051	148446.72	2286761.73

Le tableau ci-dessus montre clairement que les eaux usées épurées peuvent largement couvrir les besoins en eau des supposées céréales cultivées sur toutes les terres irrigables et bien plus.

Cette utilisation des eaux épurées de la STEP aura pour bénéfice l'économie des eaux souterraines.

D'un autre côté, ceci contribuera à la rentabilité de la STEP, le prix de vente des eaux épurées seront ajoutés aux frais d'exploitation.

### VII.3 Le cout d'1 m3 d'eau épurée

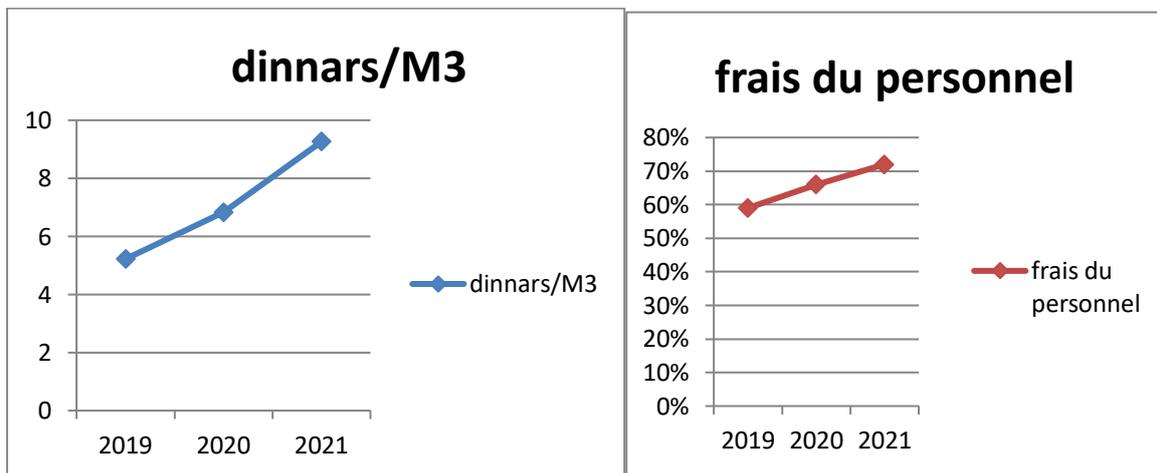
Le tableauxuivant exprime les rations d'exploitation et attribution suivant la STEP d'Ain T'émouchant

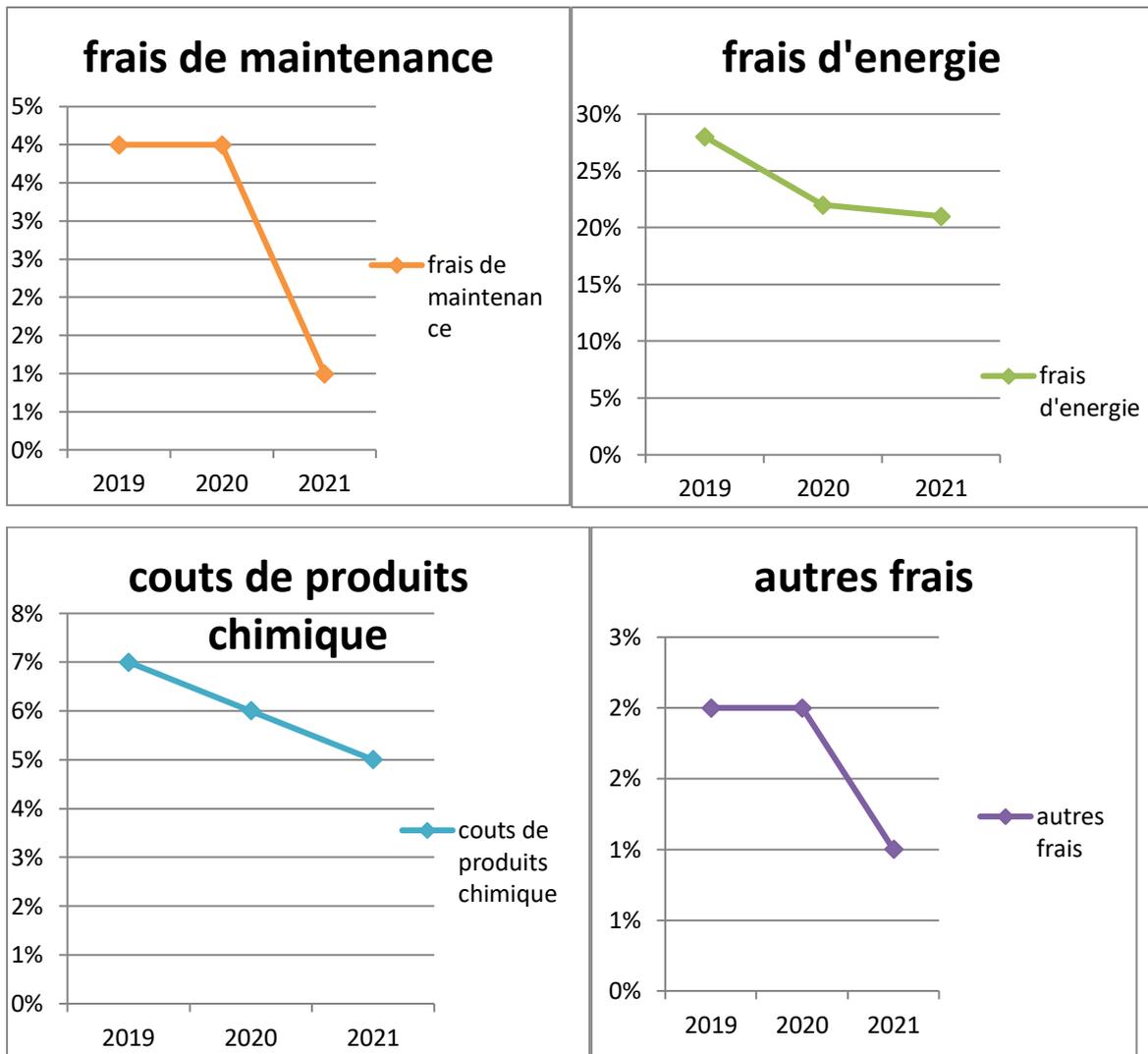
**Tableau 18**relations entre exploitation et attribution dans la STEP d'Ain T'émouchant

année	Dinars /m <sup>3</sup>	Débit annuel (m <sup>3</sup> /an)	frais du personnel	frais d'énergie	frais de maintenance	couts de produits chimiques	autres frais
2019	5,22	4364340	59%	28%	4%	7%	2%
2020	6,83	3966366	66%	22%	4%	6%	2%
2021	9,26	3211159	72%	21%	1%	5%	1%

Si le prix croît de façon linéaire et similaire comme entre 2019 et 2021, le prix du m<sup>3</sup>d'eau épurée coûtera dans les 70 DA en 2051. En conséquence, 70 \* 2286761.73 sera le prix total au bénéfice de la STEP !

Les courbes suivantes représentent les paramètres en fonction des années :





**Différents frais d'exploitations relatifs de la STEP d'Ain Témouchent**

**Figure 26**

**Interprétations**

La présente estimation du coût du m<sup>3</sup> d'eau épurée est donnée à titre indicatif car elle ne tient pas compte de coût du terrain.

L'estimation du m<sup>3</sup> d'eau est exprimée par la formule suivante:

$$\text{Ration d'épuration} = \frac{\text{charge totale de l'année(DA)}}{\text{Volume totale de l'année(m}^3\text{)}}(\text{DA/m}^3)$$

Avec :

la charge totale de l'années est la somme de tous les frais dépenser par années

❖ Evolution des ratios

-En 2020 : augmentation des salaires du personnel de l'ONA (charge salariale augmente)

- Chaque année la masse salariale augmente par rapport à l'expérience du personnel. Pour répétitif des équipements due au leur vétuste et le sur exploitations, c'est pour ça il sera une extension de la STEP avec réalisation de troisième filière.

### **Conclusion**

D'après tous les calculs et les données on obtenir que Le cout d'1 m<sup>3</sup> d'eau épurés est concerné par les frais consommables de la STEP, et par le débit entrant la step qui est en augmentation due au la croissance démographique.

# **Conclusion**

## **générale**

# Conclusion Générale

La récupération et la réutilisation de l'eau usée s'est avérée être une option réaliste pour couvrir le déficit en eau et les besoins croissants en cette dernière dans notre pays, mais aussi pour se conformer aux règlements relatifs au rejet des eaux usées, en vue de la protection de l'environnement, et de la santé publique. En outre, du point de vue environnemental, la récupération et la réutilisation de l'eau usée urbaine traitée pour l'irrigation constituent probablement l'approche d'élimination la plus réaliste, cette réutilisation n'est pas un nouveau concept. Avec l'augmentation de la demande en eau, liée à l'augmentation de la population et l'amélioration de niveau de vie, la réutilisation de l'eau usée acquiert un rôle croissant dans la planification et le développement des approvisionnements supplémentaire en eau.

Ce travail nous a aussi permis de connaître les différentes installations de la STEP de la ville d'Ain Témouchent et leur le fonctionnement ainsi que les différentes filières de traitement pour les boues et les eaux usées. L'objectif principal de nos travaux est d'avoir réalisé une étude diagnostique, de réhabilitation et d'extension pour améliorer le fonctionnement de la station d'épuration de la ville d'AinTémouchant.

A travers notre travail mené, nous avons réalisé que la réutilisation des eaux usées épurées en agriculture s'est avérée être une solution adaptée et efficace car elle a entraîné la disponibilité de l'eau en quantité suffisante pour l'agriculture, la diminution des risques de pollution et de maladies liées à l'utilisation des eaux usées brutes pour l'irrigation, la préservation des ressources d'eau souterraines et de surface et les conflits liés à la répartition des eaux dans les périmètres, la contribution à la rentabilité de la production des aliments particulièrement les agrumes et les fruits divers en général ce qui pousse à dire que cette contribution participe à l'autosatisfaction alimentaire qui est le projet et l'objectif de l'Etat algérien.

Cette réutilisation inclut certaines cultures précises qui sont les céréales sur 62 ha. On a calculé les besoins en eau nets et bruts de céréales, on a obtenu comme résultat que le volume nécessaire pour irriguer cette superficie est de 67674.24 m<sup>3</sup>. On a estimé les débits

consommables et les débits des eaux usées à l'horizon de 30ans (2051) de trois communes Ain T'émouchant, sidi ben Adda et Chabat Elham. Comme résultat on a que le débit annuel des eaux épurées, augmentant en fonction des débits des eaux usées, couvrira dans le futur, toutes les surfaces actuellement considérées irrigables. Par ailleurs, le cout d'1 m<sup>3</sup> d'eau épurée de la STEP, de 5.22 DA en 2019, 6.83DA en 2020 et 9.26 en 2021 et sans doute augmentera davantage dans le futur (2051), vendu aux agriculteurs constituera une rentabilité de la STEP et couvrira toutes les charges d'exploitation. Nous terminons par dire :

***L'eau est une ressource limitée, il faut agir pour conserver et préserver ce patrimoine commun irremplaçable.***

# Liste des abréviations

**MES** : matière en suspension

**Ph** : Le potentiel d'hydrogène

**OMS** : organisation mondiale de la santé

**EU** : eau usée

**FAO** : Food and Agriculture Organisation

**AT** : Ain T'émouchent

**ONA** : office national d'assainissement

**STEP** : station de traitement de l'eau polluée

**DSA** :direction des services agricoles

**DPSB** : direction de planification et du suivi budgétaire

# Bibliographie

- (BAUMONT, S. C. (2004). Réutilisation des eaux usées: risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. *Rapport ORS*, 22.
- (CHIKH, H. ( 2013). Etude de possibilité de création d'un périmètre d'irrigation à Ain El Houtz» ; mémoire pour l'obtention du diplôme master en hydraulique. *Université de tlemcen*.
- (Meda. (2011). Etude comparative des systèmes d'irrigation goutte à goutte et d'aspersion sur la moreinga oleifera dans la commune de dano. . *Institut du développement rural. Burkina Faso*, 17.
- ANDI. (2013).
- ARTAS. (2004). . L'irrigation. Deuxième partie (l'aspersion et le goutte à goutte : avantages et inconvénients des systèmes, automates, conditions d'installation). *Guide technique de la canne n°06*, 8.
- Asano, T. (1998). Irrigation with Reclaimed municipal waste water: California Experiences. *Options Méditerranéennes. Série A. Séminaire Méditerranéen I. Reuse of Low, Quality Water for Irrigation in Mediterranean Countries*.
- Banzaoui, N. E. (2009). Epuration des eaux usées par les procédés des boues activées au niveau de la commune de Touggourt.
- Bauchamp. (2006). L'eau et le sol. *Mémoire d'ingénieur, Université de picardie jules vermes France*, 88.
- BEADRY, P. J. (1992). chimie des eaux. *le griffon d'argile*.
- BENAICHA, M. (2020). Cour monsieur. *module assainissement*.
- BERRAHAL, N. S. (2014). ETUDE DE L'EXTENSION DE STATION D'AIN EL HOUTZ. 83.
- Botta, A. L. (2001). Pollution de l'eau et santé humaine. *Laboratoire de biogénotoxicologie et mutagenèse environnementale, Université Euro Méditerranée TEHYS*.
- BOUARDOUJ, S. (2012).
- Bouzar, W. (2012). Dimensionnement d'un réseau d'irrigation goutte à goutte. *Université du Blida*, 93.

- CLEMENT, .. P. (2007). Bases techniques de l'irrigation par aspersion. *éditions TEC & DOC, Paris* .
- courN.Baghli. (s.d.).
- CSHPF. (1995, février 06). *conseil supérieur d'hygiène publique de France section des eau*. Récupéré sur Recommandations sanitaires relatives à la désinfection des eaux usées urbaines: [http://www.sante.gouv.fr/dossiers/cshpf/re\\_1095\\_desinfection.htm](http://www.sante.gouv.fr/dossiers/cshpf/re_1095_desinfection.htm)
- Dine, E. H. (2004). Choix et utilisation des équipements de micro irrigation. *Guide technique*.
- Djeddi, H. (2007). Utilisation des eaux d'une station d'épuration pour l'irrigation des essences forestières urbaines . *Université Constantine 1 (ex Mentouri) Grade : Magister*.
- Draa el guendoul, N. L. (2006). Etude d'amélioration des performances de la station d'épuration de Zemmouri. *mémoire de master chimie UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA - BOUMERDES* .
- ECOSSE, D. (2001). Techniques alternatives en vue de subvenir à la pénurie d'eau dans le monde. . *Mém. D.E.S.S. « Qualité et Gestion de l'Eau », Fac. Sciences, Amiens, , 62*.
- FABY, J. A. (1997). L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation. *Office International de l'Eau, 76*.
- FAO. (2010). besoins et prélèvement d'eau par pays. 11.
- Fao. (2012). Small-scale irrigation for arid zones, principles and options, rom, . *food and agriculture organization of the United Nations (Fao)*.
- Feray, C. (2000). Nitrification en sédiment d'eau douce : incidence de rejets de station d'épuration sur la dynamique de communautés nitrifiantes », Thèse de doctorat sciences naturelles,. *Écologie microbienne. Université Claude Bernard-Lyon, Lyon, France*.
- Grosclaude, G. (1999). L'eau, tome 1 : Milieu naturel et maîtrise et tome 2 : Usages et polluants. Versailles. *Institut National de la recherche Agronomique Coll. Un point sur, 204-210*.
- JEAN RODIER, B. L. (2009). L'analyse de l'eau : contrôle et interprétation. *DUNOD, 10ème édition, 201*.
- Josep, P. (2002). station d'épuration : dispositions constructives pour améliorer leur fonctionnement et faciliter leur exploitation.
- JOURNAL OFFICIEL. (2006). DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 26, 23 avril.

- Journal officiel. (2012). de la république algérienne . *dimanche 25 chaâbane 1433 correspondant au 15 juillet*, 19-20.
- Keffala, C. ,.-L. (2006). Œufs d'helminthes dans les eaux usées et les boues de station d'épuration : enjeux sanitaires et intérêt du traitement par lagunage. *Volume 11, numéro 6*.
- Kessira, M. (2003). Conception d'un projet d'irrigation, Guide pratique pour l'investissement en irrigation. *Ed, 2000*.
- La notice de l'exploitation de la STEP. (2013).
- Ladjel, F. B. ( 2011). Exploitation d'une STEP à boues activées niveau II.
- LAKHDARI, B. (2011). effet de la coagulation-floculation sur la qualité des eaux épurées de la STEP de Ain El Houtz. *mémoire de Magister en chimie, Université de Tlemcen*, 106.
- Landreau, A. (1982). 4e conférence internationale sur la planification et la gestion des eaux. *Marseille*, 16.
- Lazarova, V. B. (., 2007. ). Intérêt, bénéfices et contraintes de la réutilisation des eaux usées en France. *l'Eau, l'industrie, les nuisances*, pp. 43-54.
- l'environnement, T. d. (2010). Traité de l'environnement, Technique de l'ingénieur. *Volume G1210*. .
- Metahri A. (2012). élimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées par des procédés mixtes. Cas de la step est de la ville de tizi-ouzou. *obtention de diplôme de master*.
- METAHRI, M. ( 2016). Effect of the use of wastewater purified on the biofonctionning soils(Laboratoire Ressources Naturelles. *Département des Sciences Agronomiques, U.M.M.T.O*.
- Milos, H. (1971). L'eau et l'environnement bull. *FAO*, 32-38.
- Ollier, c. P. (1983). Irrigation : les réseaux d'irrigation, théorie, technique et économie des arrosages. *Ed. Eyrolles. paris*, 455.
- ONA. (2017). Office national de l'assainissement d'Ain Témouchent.
- OUALI, M. S. (2008). Cours de procédés unitaires biologiques et traitement des eaux. *2ème édition, office des publications universitaires*.
- PFE, t. e. (2017).
- POTLON, J. L. (1998). le guide des analyses de l'eau potable. *ED, SEPT, France*, 79-213.
- Rahou, K. B. (2014). Evaluation des performances des aérateurs de surface de la STEP d'El-kerma Oran, . *mémoire de master, département de génie*.

- Raymond, D. (1997). le traitement des eaux usées.
- RODIER, J. (2005). L'analyse de l'eau naturelle, eaux résiduaires, eaux de mer . 8ème Edition DUNOD technique, Paris, 1008-1043.
- service Presse algérienne. (2022).
- Suschka, J. F. (1986). Activated sludge respirometric measurements. *Water research*, 137-144.
- TANDIA, C. ». (2007). Contrôle Et suivi De La Qualité Des Eaux Usées Protocole de Détermination Des Paramètres Physico-chimiques Et Bactériologiques . Centre Régional Pour L'eau Potable Et L'assainissement A Faible Coût, Centre collaborant de l'OMS, Ouagadougou.
- Taradat, M. H. (1992). Chimie des eaux. Première, le griffon d'argile inc, canada., 573.
- Tiercelin. (1998). Traité d'irrigation. Lavoisier tec & doc, paris, 1011.
- Werther, O. (1999.). Sewagesludge combustion prog. *Energy comb.sci.*25,, 55-116.
- Zareb. (2002). Equipement des parcelles agrumicoles en irrigation localisée dans l'EAC n°3 Mtidja Est . *INSID*.
- ZEGHOUD. (2013).