

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de L'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة بلحاج بوشعيب- عين تموشنت-

Université Belhadj Bouchaib -Ain Témouchent-

Faculté des sciences et de la Technologie

Département : Hydraulique



Projet de fin d'étude

Pour l'obtention du diplôme de Master en : hydraulique urbaine

Domaine : Hydraulique

Filière : Science et technologie

Spécialité : Hydraulique Urbaine

Thème :

**DIMENSIONNEMENT D'UN OUVRAGE DE STOCKAGE POUR RECUPERATION DES
EAUX USEES EPUREES A DES FINS D'IRRIGATION _CAS LA STEP DE AIN
TEMOUCHENT_**

Présenter par :

Melle : MOKRANE FATIMA ZOHRA

Melle : DOUINI TAKWA

Devant le jury composé de :

Dr Baghli.N	UAT.B.B (Ain Temouchent)	Président
Mr Benaicha.M	UAT.B.B (Ain Temouchent)	Ecaderant
Dr Baghli.N	UAT.B.B (Ain Temouchent)	Co-Encaderant
Melle Mostefaoui.L	UAT.B.B (Ain Temouchent)	Examineur

Année universitaire :2024/2025

Remerciement

En premier lieu, nous tenons à remercier notre DIEU, notre créateur pour nous avoir donné la force d'accomplir ce travail.

Nous adressons nos vifs remerciements à notre encadreur **Mr Benaicha.M** pour nous avoir diligentés tout au long de ce travail, par sa compréhension, sa patience, sa compétence, et ces remarques qui nous ont été précieuses.

Un grand merci à madame **Dr Baghli.N** pour son expertise et son encadrement qui ont été déterminants dans l'aboutissement.

Nous tenons également à remercier les membres du jury : **Dr Baghli.N** et M. le chef du département **Nehari A, Melle Mostefaoui L** pour l'honneur qu'ils nous font en acceptant de juger et d'évaluer notre travail.

Nous présentons nos chaleureux remerciements à tous ceux qui ont contribués de près ou de loin à l'aboutissement de ce travail.

MOKRANE Fatima Zohra

DOUINI Takwa

Dédicaces

Je dédie ce travail,

A ma famille, qui m'a donnée une excellente éducation, leur amour m'a permis de faire ce que je suis aujourd'hui : en particulier mes chers parents, je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous m'avez donnés depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours.

A mes Sœurs: Soumia, Najet, Amel ;

A mon frère : Abdelkader.

A tous mes oncles et tantes, cousins et cousines, Veuillez trouver dans ce travail l'expression de mon respect le plus profond et mon affection le plus sincère.

A tous mes camarades.

A tous ceux que je connais.

MOKRANE Fatima Zohra.

Dédicaces

Je dédie ce travail,

A ma première lumière, ma raison d'avancer. quand tout tremble, ta confiance en moi demeure, solide comme un roc. Tu m'as offert l'amour comme on offre l'air à respirer, simplement, généreusement. Ton soutien fut mon refuge dans chaque épreuve. Ce travail est tien, mon amour, mon trésor, ma force ma mère. Qu'Allah te bénisse pour chaque Sacrifice.

A mon père, pilier silencieux dont la sagesse guide mes pas.

A mes sœurs, liens précieux qui unissent nos cœurs malgré les distances.

A ma grand-mère, ma seconde mère, que le Tout Miséricordieux l'accueille dans son vaste Paradis.

A la famille Douini, Maaroufi et Berrebie, ces racines qui nous tiennent debout, même lorsque l'ouragan menace de nous déraciner.

A Gaza, phare de résistance, dont le peuple écrit l'histoire avec son sang et son courage. Ta lutte est un rappel au monde : la dignité ne se rend pas, même sous les ruines.

DOUINI Takwa

Résumé

Cette étude vise à valoriser les eaux usées traitées par leur réutilisation en irrigation agricole à travers la conception d'un système de stockage et de distribution adapté. Elle s'inscrit dans une logique de gestion durable de la ressource en eau en milieu semi-aride.

A partir de l'évaluation des performances de la station d'épuration de Ain Témouchent, la qualité des eaux traitées a été analysée selon les normes en vigueur pour l'irrigation. Une méthodologie de dimensionnement basée sur le bilan hydrique mensuel a été appliquée afin de déterminer le volume optimal du réservoir, en tenant compte des besoins cultureux, des pertes hydriques et des contraintes du site.

Les résultats obtenus confirment la faisabilité d'un projet de réutilisation, tout en soulignant les conditions techniques et sanitaires à respecter.

Les mots clé : Réutilisation des eaux usées épurées, irrigation, step, besoin en eau des cultures.

المخلص

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم وإعادة توظيف المياه العادمة المعالجة في الري الزراعي من خلال تصميم منشأة مخصصة للتخزين والتوزيع، وذلك ضمن إطار التنمية المستدامة وإدارة الموارد المائية في المناطق الجافة انطلاقاً من تحليل تقنيات المعالجة المعتمدة في محطة تطهير عين تموشنت، تم تقييم صلاحية المياه المعالجة وفقاً للمعايير الدولية لإعادة الاستخدام الزراعي.

اعتمدت المنهجية على الجمع بين الدراسة النظرية (الأنظمة التقنية ومعايير الجودة وأنماط الري والتطبيق العددي المتمثل في موازنة مائية شهرية لتحديد الحجم الأمثل للخزان كما شملت الدراسة تحديد خصائص شبكة الضخ والتوزيع استناداً إلى معطيات الطبوغرافيا والاستهلاك الفعلي للمحاصيل

تبرز نتائج البحث إمكانية تجسيد مشروع فعال لإعادة استخدام المياه المعالجة، مع مراعاة المعايير الصحية و البيئية.

الكلمات المفتاحية: إعادة استخدام مياه الصرف الصحي النقية، ري، محطة تنقية المياه، الاحتياجات المائية للمحاصيل.

Abstract

This research explores the reuse of treated wastewater for agricultural irrigation by designing a dedicated storage and distribution facility. The project supports sustainable water resource management in semi-arid environments.

Based on the performance analysis of the Ain Temouchent wastewater treatment plant, treated water quality was assessed against international standards for agricultural reuse. A monthly water balance methodology was employed to determine the optimal storage capacity, accounting for crop demand, system losses, and site constraints.

The study confirms the technical viability of implementing a wastewater reuse system.

Keywords: Reuse of treated wastewater, irrigation, wastewater treatment plant, crop water requirements.

Table des Matières

Remerciement.....	
Dédicaces.....	
Résumé	
Table des Matières.....	
Liste des figures.....	
Liste des tableaux	
Listes des abréviations.....	
INTRODUCTION GENERALE	1

CHAPITRE I

SYSTEME D'EPURATION DES EAUX USEES

1.1. Introduction.....	4
I.2. Technologies et processus d'épuration des eaux usées	4
I.2.1. Le prétraitement	4
I.2.2. Traitement primaire.....	8
I.2.3. Traitement secondaire (biologique).....	9
I.2.4. Le traitement tertiaire	15
I.3. Technologies modernes pour le traitement des eaux usées	17
I.3.1 le traitement par digestion anaérobie des eaux usées	17
I.3.2 Traitement VTA Nanocarbon.....	18
I.3.3 Traitement anaérobie (ECSB) + aérobie (MBBR).....	20
I.3.4 Traitement primaire + Traitement aérobie MBR	21
I.4. Conclusion.....	22

CHAPITRE II

IRRIGATION

II.1. Introduction.....	25
-------------------------	----

II.2. Définition	25
II.3. Irrigation dans le monde	25
II.4. L'irrigation en Algérie	26
II.5. Choix de la technique et du système d'irrigation.....	26
II.6. Les systèmes d'irrigation	27
II.6.1. Irrigation traditionnelle	27
II.6.2. Irrigation sous pression	28
II.7. Les avantages et les inconvénients de l'irrigation	30
II.8. Les normes de la qualité d'eau destinée à l'irrigation	33
II.9. Normes de réutilisation des eaux usées épurées	35
II.10. Les avantages et les inconvénients de la réutilisation des eaux usées épurées	39
II.11. L'objectif des normes.....	39
II.12. Les cultures possibles irriguées par les eaux usées épurées.....	40
II.13. Conclusion	41

CHAPITRE III
LES RESERVOIRS DE STOCKAGE

III.1. Introduction.....	43
III.2. Définition	43
III.3. Les types des réservoirs	43
III.3.1. Par rapport la position.....	43
III.3.2 Par rapport la formes :	45
III.3.3. Par rapport les matériaux de construction utilisés : Il existe plusieurs types des matériaux :	46
III.3.4 Par rapport la situation au réseau de distribution :	48
III.4. Technologies modernes pour le stockage des eaux usées	49
III.4.1. Les bassins de rétention	49
III.4.2. COMPOSITE GRP (Glass Reinforced Plastic) –RÉSERVOIR MODULAIRE :	50
III.4. 3.RESERVOIRS DE LUTTE CONTRE L'INCENDIE :	51

III.5. Le rôle du réservoir :.....	52
III.6. Les caractéristiques du réservoir :	52
III.7. Équipements hydrauliques des réservoirs :.....	53
III.7.1. Conduite d'arrivée :.....	53
III.7.2. Conduite de départ ou de distribution :	53
III.7.3. Conduite de trop-plein :.....	53
III.7.4. Conduite de décharge ou de vidange :.....	54
III.7.5. Conduite de dérivation :	54
III.7.6. Système de matérialisation d'incendie :	54
III.8. Les critères de choix de type des réservoirs :	55
III.9. Conclusion	56

Chapitre IV

Présentation de la zone d'étude Ain Témouchent

IV.1. Introduction	58
IV.2. Présentation de la wilaya de Ain Témouchent	58
IV.2.1. Situation géographique de la wilaya d'Ain Témouchent	58
IV.2.2. Situation climatique.....	60
IV.2.3. Situation hydrique et agricole de la wilaya de Ain Témouchent.....	60
IV.2.4. Les stations d'épurations à wilaya de Ain Témouchent.....	64
IV.3. Station d'épuration de la ville Ain Témouchent.....	66
IV.3.1. Localisation de la STEP	67
IV.3.2. La fiche technique de la station d'épuration de la ville Ain Témouchent...	68
IV.3.3. Mode de fonctionnement de la STEP	69
IV.3.4. Filière de traitement des eaux usées	69
IV.3.5. Les analyses physique-chimique au niveau de laboratoire.....	79
IV.4. Conclusion.....	82

Chapitre V

Méthodologie de conception et dimensionnement d'un ouvrage de stockage

V.1.Introduction.....	85
-----------------------	----

V.2. Les données de base.....	85
V.2.1. Les données climatiques	85
IV.2.2. Données agricoles.....	87
IV.2.3. Données de la STEP	89
IV.3. Calcul des besoins en eau	89
IV.3.1. Olive	90
IV.3.2. Carotte	91
IV.3.3. Blé	91
IV.4. Méthodologie de dimensionnement du réservoir	92
IV.4.1. Répartition des superficies cultivées	92
IV.4.2. Bilan hydrique mensuel et volume de stockage	93
IV.5. Conception géométrique du réservoir	94
IV.5.1. L'emplacement du réservoir.....	94
IV.5.2. Dimensionnement des équipements	95

CHAPITRE VI RESULTATS ET DISCUSSION

VI.1. Volume totale du réservoir	97
VI.2. Conception géométrique du réservoir	97
VI.3. Dimensionnement des équipements	97
VI.4. Qualité des eaux	97
VI.5. Impact de phosphore sur les cultures.....	98
VI.5.1. Eutrophisation des eaux de surface	98
VI.5.2. Pollution par le cadmium.....	98
VI.5.3. Déséquilibre nutritionnel.....	98
VI.6. Traitement supplémentaire (pour éliminer le taux de phosphore).....	98
VI.6.1. Elimination du phosphore par traitement chimique	98
VI.7. Impact de réutilisation des eaux usées épurées dans l'agriculture	99
VI.7.1. Risque sanitaires.....	100
VI.7.2. Risque environnementaux	100

VI.8. Conclusion..... 100
CONCLUSION GENERALE **102**
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES **105**

Liste des figures

Figure 1 : Schéma principal de prétraitements.....	5
Figure 2 : Le dégrillage.....	6
Figure 3 : Le dessablage.....	7
Figure 4 : Le déshuilage-dégraissage.....	8
Figure 5 : Schéma de procédé coagulation-floculation.....	10
Figure 6 : Schéma de procédé disque biologique.....	12
Figure 7 : Schéma de procédé lits bactériens.....	13
Figure 8 : Schéma de procédé biofiltres.....	14
Figure 9 : Schéma de procédé boues activées.....	15
Figure 10 : Schéma de phosphatation.....	17
Figure 11 : Digestion anaérobie des eaux usées.....	19
Figure 12 : VTA Nanocarbon.....	20
Figure 13 : Valeurs mesurées de purification divers composé traces anthropique.....	21
Figure 14 : Schéma de la technologie de MBBR.....	22
Figure 15 : Schéma de la technologie de MBR.....	23
Figure 16 : Irrigation gravitaire.....	28
Figure 17 : Irrigation par aspersion.....	29
Figure 18 : Irrigation par goutte à goutte.....	30
Figure 19 : réservoir semi-enterrée.....	44
Figure 20 : réservoir souterraine.....	44
Figure 21 : réservoir surélevé.....	45
Figure 22 : schéma de réservoir surélevé.....	45
Figure 23 : réservoir carré.....	46
Figure 24 : réservoir circulaire	46
Figure 25 : réservoir de forme irrégulière.....	46
Figure 26 : réservoir en maçonnerie	47

Figure 27 : réservoir en béton armé.....	47
Figure 28 : réservoir en béton précontraint.....	47
Figure 29 : réservoir en plastique.....	47
Figure 30 : réservoir en acier.....	48
Figure 31 : réservoir de passage.....	48
Figure 32 : réservoir d'équilibre.....	49
Figure 33 : réservoir de rétention.....	50
Figure 34 : réservoir modulaire.....	51
Figure 35 : réservoir de lutte.....	52
Figure 36 : Les limites géographiques de la wilaya de Ain Témouchent.....	59
Figure 37 : La répartition des terres dans la wilaya de Ain Témouchent.....	63
Figure 38 : La répartition des stations d'épurations de la wilaya.....	79
Figure 39 : Dénomination de la Station d'épuration de la ville Ain Témouchent.....	67
Figure 40 : Localisation de la station d'épuration de la ville Ain Témouchent.....	68
Figure 41 : Le déversoir d'orage.....	70
Figure 42 : Grille mécanisée grossière.....	71
Figure 43 : Grilles fines motorisées.....	71
Figure 44 : Le dessablage-déshuilage.....	72
Figure 45 : Le bassin biologique.....	74
Figure 46 : Le clarificateur.....	75
Figure 47 : Le bassin de désinfection.....	77
Figure 48 : Le lits de séchage.....	79
Figure 49 : Bande de presseur.....	80
Figure 50 : ET0 mensuel de Ain Témouchent.....	86
Figure 51 : Pluie efficace de Ain Témouchent.....	87
Figure 52 : La carte des parcelles entourant de la STEP.....	88
Figure 53 : Le kc et les besoins d'irrigation « olive ».....	90
Figure 54 : Le kc et les besoins d'irrigation de « carotte ».....	95

Figure 55 : Le k_c et les besoins d'irrigation de « blé ».....	95
Figure 56 : schéma du système d'irrigation : station, réservoir, terres agricoles.....	99

Liste des tableaux

Tableau 1: Classification des procédés à boues activées.....	15
Tableau 2 : La variation des besoins en eau des cultures selon les systèmes d'irrigation choisis.	26
Tableau 3: les avantages et les inconvénients de l'irrigation.....	30
Tableau 4: Barème des normes de qualité d'eau d'irrigation.....	34
Tableau 5: Normes de réutilisation des eaux usées épurées.....	35
Tableau 6: Normes de rejets dans un milieu récepteur	37
Tableau 7: les normes OMS de rejet des eaux usées dans un milieu récepteur.....	38
Tableau 8: avantages et inconvénients de la réutilisation des eaux épurées	39
Tableau 9: Liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées.....	40
Tableau 10: Les ressources superficielles de la wilaya.....	61
Tableau 11: Les ressources souterraines de la wilaya de Ain Témouchent.....	61
Tableau 12: les principales cultures irriguées et le type d'ouvrage.....	63
Tableau 13: Les informations sur les stations d'épurations de la wilaya.....	65
Tableau 14: La fiche technique de la station d'épuration de la ville de Ain Témouchent.....	68
Tableau 15: Les ouvrages de l'extention.....	77
Tableau 16: Les valeurs nominales des eaux.....	80
Tableau 17: Les analyses au filière eau.....	80
Tableau 18: Le réacteur biologique.....	81
Tableau 19: Les analyses de filière boues.....	82
Tableau 20: les surfaces des terres agricoles.....	88
Tableau 21: superficie irriguée en ha	88
Tableau 22: type des cultures et les besoins en eau	89
Tableau 23: le bilan hydrique mensuel	93
Tableau 24: Comparaison entre les normes algériennes et les normes de la step.....	97

Listes des abréviations

MES : Matière en suspension

MO : Matière organique

CO₂ : Carbone dioxyde

H₂O : Molécule d'eau

Mm : Milli mètre

M² : Mètre carré

G : Gramme

M/S : Mètre par second

DCO : La demande chimique d'oxygène

DBO : La demande biologique d'oxygène

OMS : Organisation mondiale de la santé

Cm : Charge massique

Qj : Débit journalier

Vba : Volume de bassin d'aération.

MVS : Concentration en matière sachée

Cv : Charge volumique

SO : Substrat à l'entrée de l'aérateur

IM : Indice de MOHLMAN

NTk : Azote total Kjeldahl

MBBR : Moving Bed Biofilm Reactor

MBR : Master Boot Record

Bar : Unité de pression

Km³ : kilo mètre cube

FAO : Food and Agriculture Organization

RER : Réseau Express Régional

HA : Hectare

SAU : Surface Agricole Utile

PH : potentiel Hydrogène

Fe : Le fer

Mn : Manganèse

CE : Cérium

NO₃⁻ : Nitrates

NO₂ : Nitrites

NH₄⁺ : Ammonium

PO₄³⁻ : Phosphate

P₂O₅ : Pentoxyde de Phosphore

OGEP : Ouvrage de Gestion des Eaux Pluviales

GRP : Glass Reinforced Plastic

FRP : Fiber Reinforced Plastic

SMC : Sheet Molding Compound

ONA : Organisation National d'Assainissement

DRE : Direction des Ressources en Eau

DSA : Direction des Services Agricoles

STEP : Station d'épuration

M³/j : mètre cube par jour

N₂ : Azote

NaClO : hypochlorite de sodium

T : Température

P : Phosphore

μs/cm : Micro siemens sur centimètre

MLSS : Mixed Liquor Suspended Solid

MLSSV : Maximal Lactate Steady-state Velocity

MV : Matière Volatile

MS : Matière Sèche

IVB : Indice de Volume de Boues

MVS : Matière Volatile en Suspension

ET₀ : Evapotranspiration de référence

ETP : Evapotranspiration potentiel

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale

L'eau est une ressource vitale pour la vie et le développement des sociétés humaines. Elle joue un rôle clé dans les écosystèmes, l'agriculture, l'industrie et l'approvisionnement en eau potable. Pourtant, bien que l'eau recouvre environ 71 % de la surface terrestre, seule une infime partie est directement exploitable par l'homme. [1]

Avec l'augmentation de la population, l'urbanisation croissante et une demande en eau toujours plus forte, les ressources hydriques subissent une pression accrue due à la pollution et au changement climatique. Dans ce contexte, la gestion des eaux usées représente une opportunité à ne pas négliger, car ces eaux peuvent être valorisées pour contribuer à l'atténuation des effets du changement climatique et répondre à des besoins spécifiques. [2]

Dans de nombreux pays où l'eau destinée à l'irrigation est rare, la réutilisation des eaux usées traitées est une pratique courante. Cette approche revêt une importance particulière pour l'Algérie, dont le climat est en grande partie aride ou semi-aride. Cependant, malgré son potentiel, l'irrigation avec des eaux usées traitées y demeure très limitée et souvent expérimentale. [3]

Ain Témouchent n'échappe pas à cette problématique. En effet, la réutilisation des eaux usées épurées en irrigation reste timide alors que le potentiel agricole est très fort et des ressources en eau naturelles très faibles.

L'objectif principal de ce travail est le dimensionnement d'un ouvrage de récupération des eaux usées épurées à des fins d'irrigation « STTEP de AIN TÉMOUCHENT ».

Ce travail, qui constitue une contribution aux recherches liées au sujet la réutilisation des eaux usées épurées, a été réalisé par un stage pratique au niveau de la station d'épuration des eaux usées de la ville Ain Témouchent, ainsi par des enquêtes sur le terrain et à la Direction des Services agricoles.

Afin de réaliser notre travail, nous avons organisé notre mémoire en deux parties :

La première partie concerne la synthèse bibliographique qui s'étale sur trois (03) chapitres.

Le premier chapitre repose sur un ensemble de connaissances bibliographiques récentes concernant les procédés de l'épuration et leurs technologies modernes.

INTRODUCTION GENERALE

Le deuxième chapitre traite l'irrigation, ses diverses techniques, et la réutilisation des eaux usées traitées dans l'agriculture.

Le troisième chapitre consiste en la description des réservoirs de stockage et leur technologies modernes, ainsi que les caractéristiques et les équipements hydraulique des réservoirs.

La deuxième partie c'est la partie pratique qui est constituée deux (02) chapitres.

Le quatrième chapitre est consacré à la description de la région d'étude, à la présentation de la station d'épuration d'Ain Témouchent et au bon fonctionnement des installations de traitement.

Enfin, le dernier chapitre aborde le dimensionnement d'un réservoir de récupération des eaux usées traitées de la station d'épuration de la ville d'Ain Témouchent à des fins d'irrigation.

CHAPITRE I
SYSTEME D'EPURATION DES
EAUX USEES

CHAPITRE I : SYSTEME D'EPURATION DES EAUX USEES.

1.1. Introduction

L'eau est une ressource essentielle pour toutes les activités socio-économiques. Certaines activités nécessitent plus d'eau et d'autres sont plus prioritaires, mais dans la plupart des cas, l'eau utilisée est altérée et polluée. Les rejets liquides provenant des ménages et des industries peuvent avoir des effets néfastes sur l'environnement et la santé publique. Cependant si l'eau est traitée au préalable, c'est-à-dire recyclée, elle peut être réutilisée dans l'économie. C'est pourquoi lorsqu'elle est utilisée de manière appropriée, l'eau potable constitue actuellement un enjeu environnemental.

[4]

Les possibilités de réutilisation des eaux usées (un tiers des volumes d'eaux usées se trouve à proximité des zones irriguées) et les exigences en matière de salubrité sont clairement soulignées dans le cadre de la modernisation de l'agriculture irriguée [5].

I.2. Technologies et processus d'épuration des eaux usées

Le processus d'épuration peut comprendre plusieurs étapes :

- Les prétraitements.
- Le traitement primaire.
- Le traitement secondaire.
- Le traitement tertiaire.

I.2.1. Le prétraitement

Le prétraitement vise à séparer les matières grossières et les éléments susceptibles de gêner les étapes ultérieures du traitement. Il comprend quatre principales méthodes de traitement des eaux usées : le dégrillage pour retenir les déchets volumineux, le dessablage pour obtenir une meilleure décantation et éviter l'abrasion des équipements, le dégraissage et le déshuilage pour éviter l'encrassement de la station par des corps gras [6].

La figure suivante (figure1) représente le schéma de prétraitement.

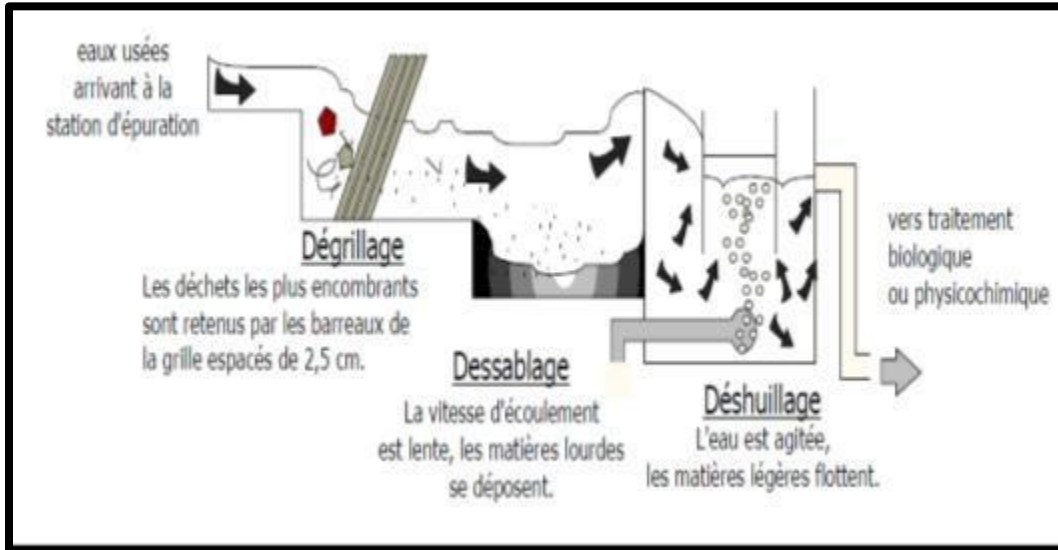


Figure 1 : Schéma principal de prétraitements.[7]

a. Dégrillage

Au cours du dégrillage, les eaux non épurées traversent une grille dont les barres, plus ou moins espacés, retiennent les matières les plus volumineuses et flottantes charriées par l'eau brute, qui pourraient nuire à l'efficacité des traitements en amont du dégrillage ou en compliquer leur fonction. Le dégrillage permet également de protéger la station contre l'arrivée intempestive de gros objets susceptibles de provoquer des bouchages dans les différentes canalisations. Les éléments retenus sont, ensuite, éliminés avec les déchets ménagères. Cette opération est effectuée si possible avant la station de relevage afin de protéger les pompes à vis d'Archimède et de ne pas gêner le fonctionnement des étapes ultérieures du traitement [8].

La figure suivante (figure2) représente le dégrillage.

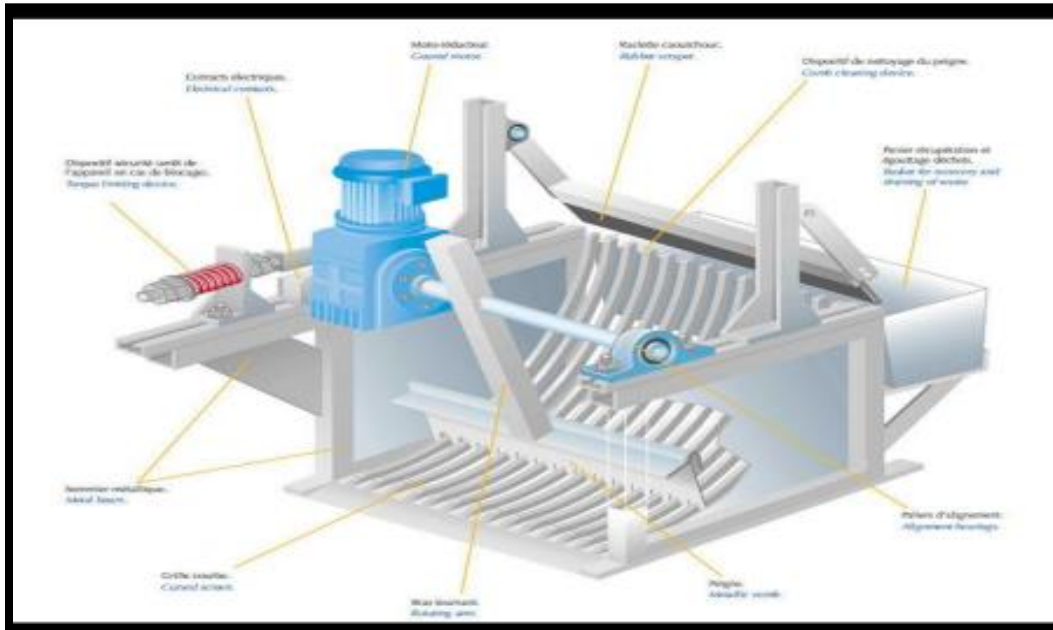


Figure 2 : Le dégrillage.[9]

b. Dessablage

Le dessablage consiste à éliminer les sables et les particules minérales plus ou moins fines, afin de protéger les conduites et les pompes contre la corrosion et à prévenir le colmatage des canalisations par les dépôts solides au cours du traitement. La technique classique de cet ouvrage consiste à faire circuler l'eau dans une chambre de tranquillisation avec une vitesse d'environ 0,3 m/s qui permet le dépôt d'une grande partie des sables. [10]

La figure suivante (figure3) représente le dessablage.



Figure 3 : Le dessablage[11].

c. Dégraissage – déshuilage

Il s'agit d'un processus visant à diminuer les graisses et les huiles non émulsionnées par simple sédimentation physique en surface. Il existe différents dispositifs de déshuilage-dégraissage, adaptés à la nature de l'eau à traiter. [12]

La figure suivante (figure4) représente le dégraissage-déshuilage.

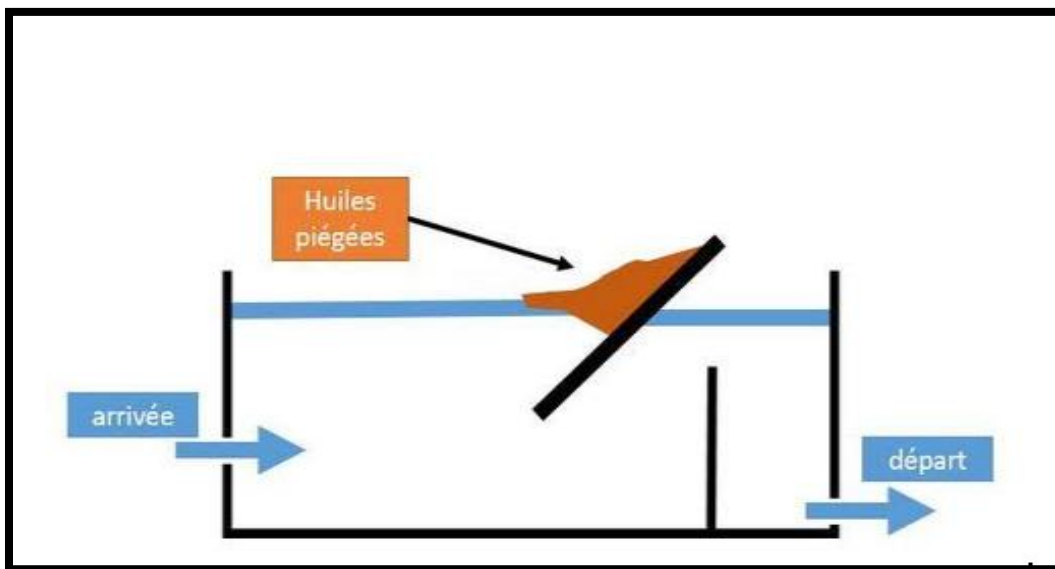


figure 4: déshuilage-dégraissage[13]

CHAPITRE I : SYSTEME D'EPURATION DES EAUX USEES.

I.2.2. Traitement primaire

Le traitement « primaire » fait appel à des procédés physiques naturels (décantation et filtration) plus ou moins nombreux, éventuellement complétés par des procédés physico-chimiques,

Tels que la coagulation-floculation [8].

La décantation primaire permet d'éliminer, pour une vitesse ascensionnelle de 1,2 m/h, 40 à 60 % de Mes, soit 40 % de MO, 10 à 30 % de virus, 50 à 90 % des helminthes et moins de 50 % des kystes de protozoaires et entraîne également une partie des micropolluants [10].

a. Décantation primaire

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

- La décantation simple est un processus physique de séparation sous l'action du pesantur. Les matières en suspension ou colloïdales ont tendance à se séparer du liquide par sédimentation.

La décantation dans ce contexte vise à favoriser l'agrégation des molécules en suspension grâce aux techniques de coagulation et de floculation pour former des floccs plus gros et d'améliorer la décantation [14].

b. Traitement physico-chimique

La turbidité et la couleur d'une eau sont principalement causées par des particules très petites, appelées particules colloïdales. Ces particules peuvent rester en suspension dans l'eau pendant de très longues périodes, et peuvent même traverser un filtre très fin. Par ailleurs, puisque leur concentration est très stable, ces dernières n'ont pas tendance à s'agglomérer. Pour les éliminer, on utilise des procédés de coagulation et de floculation. L'objectif principale de la coagulation est de déstabiliser les particules en suspension, c'est-à-dire de faciliter leur agglomération. En pratique, ce procédé se caractérise par l'injection et la dispersion rapide de produits chimiques, sels minéraux cationiques (sels de fer ou d'aluminium).

CHAPITRE I : SYSTEME D'EPURATION DES EAUX USEES.

La floculation vise à faciliter, grâce à un mélange approprié, les interaction entre les particules déstabilisées. Ces particules s'agglutinent pour former un floc qu'on peut facilement éliminer par les procédés de décantation et de filtration. Ces traitements sont généralement utilisés dans les stations d'épuration de grande capacité, ou dans celles ayant à faire face à de grandes variations de la charge de pollution dans l'année (zone touristique). La séparation du floc a lieu pendant la phase de clarification (décantation secondaire). Les procédés les plus modernes utilisent des micro-sables injectés dans l'effluent afin d'accélérer la décantation des floes. On parle alors d'élimination à floes lestés.

Les traitements physico-chimiques assurent une réduction efficace des virus. Cependant, leur utilisation, et notamment le dosage des sels de fer et d'aluminium, n'est pas toujours bien optimisée, sinon maîtrisée. Il y a donc un risque de surcoût dû à une utilisation incorrecte, ainsi qu'un risque pour l'environnement. [8]

La figure suivante (figure5) représente le schéma de procédé coagulation-floculation.

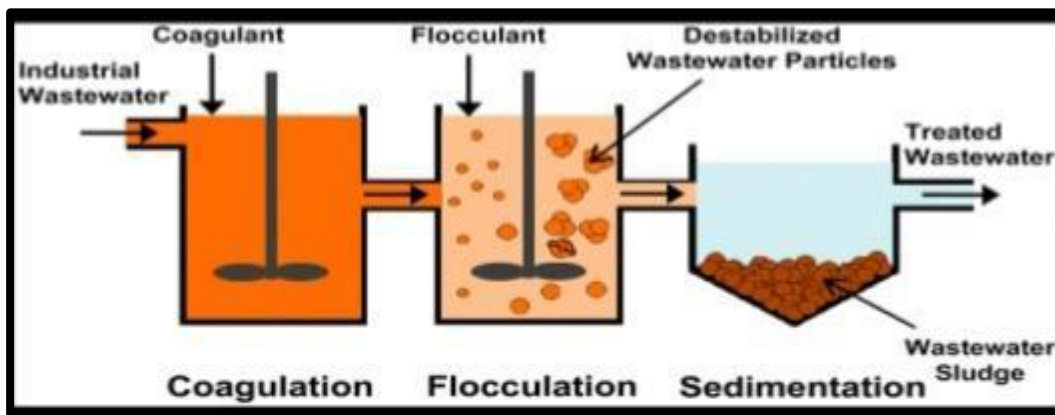


Figure 5 : Schéma de procédé coagulation-floculation [15]

I.2.3. Traitement secondaire (biologique)

Ce traitement permet de diminuer la pollution dissoute grâce à l'action d'une masse bactérienne, qu'elle soit en suspension (culture libre), ou fixée sur un support (culture fixée).

En d'autres termes, les procédés d'épuration biologiques sont employés lorsque les éléments à éliminer sont sous forme soluble, ou lorsque leur taille ne leur permet pas d'être piégés par les

CHAPITRE I : SYSTEME D'EPURATION DES EAUX USEES.

prétraitements et traitements physiques sauf au prix d'un conditionnement physico- chimique complémentaire. Ils permettent de faire passer les éléments présents sous formes solubles ou colloïdales en éléments floculables et de constituer des agrégats que l'on peut de nouveau séparer de la phase liquide. Parmi les divers organismes responsables des phénomènes biologiques, les bactéries aérobies sont les plus importantes et les plus nombreuses. La dégradation biologique s'accomplit en deux phases simultanées :

Une phase d'adsorption très rapide durant laquelle les substances organiques s'absorbent sur la membrane extérieure des cellules.

Une phase d'oxydation plus lente pendant laquelle les matières organiques subissent une oxydation en produits de décomposition tels que CO_2 et H_2O [16].

I.2.3.1. Le lagunage (culture libre)

Le lagunage est un procédé d'épuration qui consiste à faire circuler les effluents dans une série de bassins pendant un temps suffisamment long pour réaliser les processus naturels d'autoépuration. Il est pratiqué dans les régions très ensoleillées, dans des bassins de faible profondeur.

Les substances nutritives sont apportées par l'effluent alors que les végétaux sont les Producteurs du système en matières consommables et en oxygène [12].

On distingue deux types de lagunage :

Lagunage naturel, lagunage aérée.

I.2.3.2 Les disques biologiques

Ce procédé fait partie des systèmes d'épuration ou de culture bactérienne aérobie est développé sur un support solide composé de disques en plastique.

Ces disques très légers, de 10 mm d'épaisseur et de 2 à 3 m de diamètre, sont espacés de 1 à 2 cm et sont fixés sur un arbre horizontal entraîné par un moteur

La masse biologique retenue par les disques représente 120 g de m^2 par m^2 ; les disques biologiques doivent fonctionner dans des stations couvertes pour mettre les installations à l'abri des intempéries et des écarts de températures, l'encombrement des appareils étant très réduit. [17]

CHAPITRE I : SYSTEME D'EPURATION DES EAUX USEES.

La figure suivante (figure6) représente le schéma de procédé disque biologique. [17]

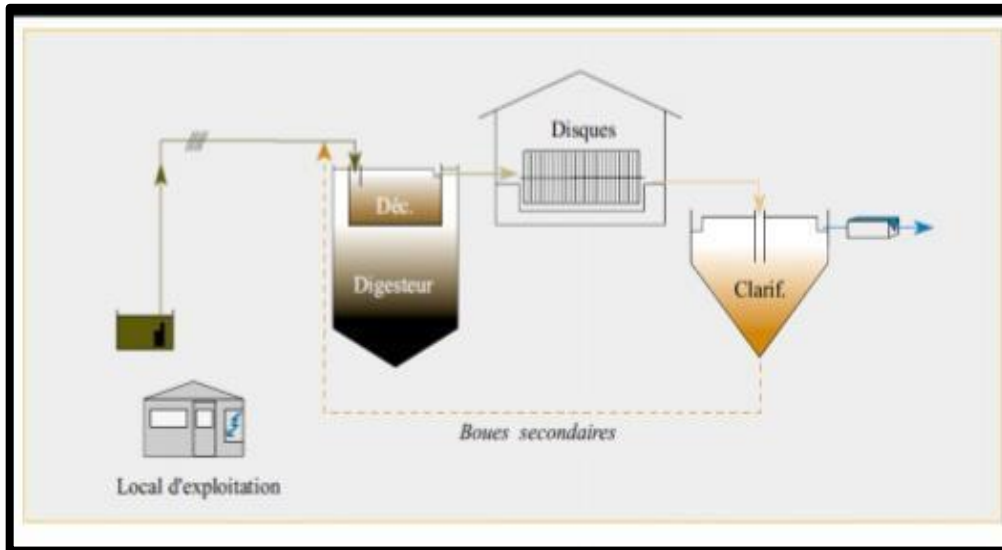


Figure 6 : schéma de procédé disque biologique [18]

I.2.3.4. Les lits bactériens

Le principe de fonctionnement d'un lit bactérien consiste à ruisseler les eaux usées, préalablement décantées, sur une masse de matériaux poreux ou caverneux qui servent de support aux micro-organismes (bactéries) épurateurs. C'est pourquoi les lits bactériens sont appelés réacteurs à biomasse fixée, la biomasse représentant la quantité de matière vivante dans un écosystème aquatique par unité de surface ou de volume. L'efficacité du lit bactérien dépend des facteurs suivants :

Les caractéristiques des matériaux servant de support aux bactéries (porosité, air volumique)

Le volume de la profondeur du lit.

La régularité des débits d'alimentation.

La concentration des matières organiques nutritives (substrats). [17]

La figure suivante (figure7) représente le schéma de procédé lits bactériens.

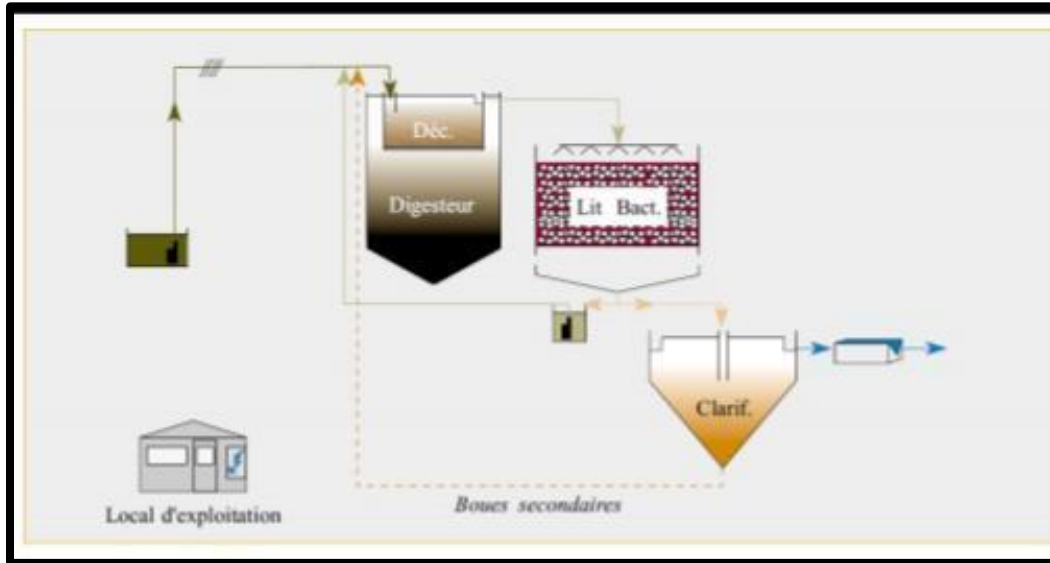


Figure 7 : Schéma de procédé lits bactériens [18]

I.2.3.5. Les biofiltres

L'épuration des eaux usées par biofiltre est une technologie biologique qui se caractérise par le fait que le développement de la biomasse est apte à diminuer la pollution et le rôle de filtration qui permet de séparer l'eau claire des boues. La biofiltration peut traiter la pollution carbonée (DCO-DBO) et azotée grâce aux processus de nitrification et dénitrification.

Ce procédé implique de faire transiter les eaux usées à travers une cuve contenant un matériau filtrant immergé, qui favorise le développement d'un film biologique. Les eaux usées retournent en tête de traitement afin que les boues biologiques soient piégées dans le décanteur primaire. Un lavage à l'eau traitée (eau de lavage) et à l'air (air de lavage) est nécessaire pour éviter le colmatage et éliminer les boues en excès. [17]

La figure suivante (figure8) représente le schéma de procédé biofiltre.

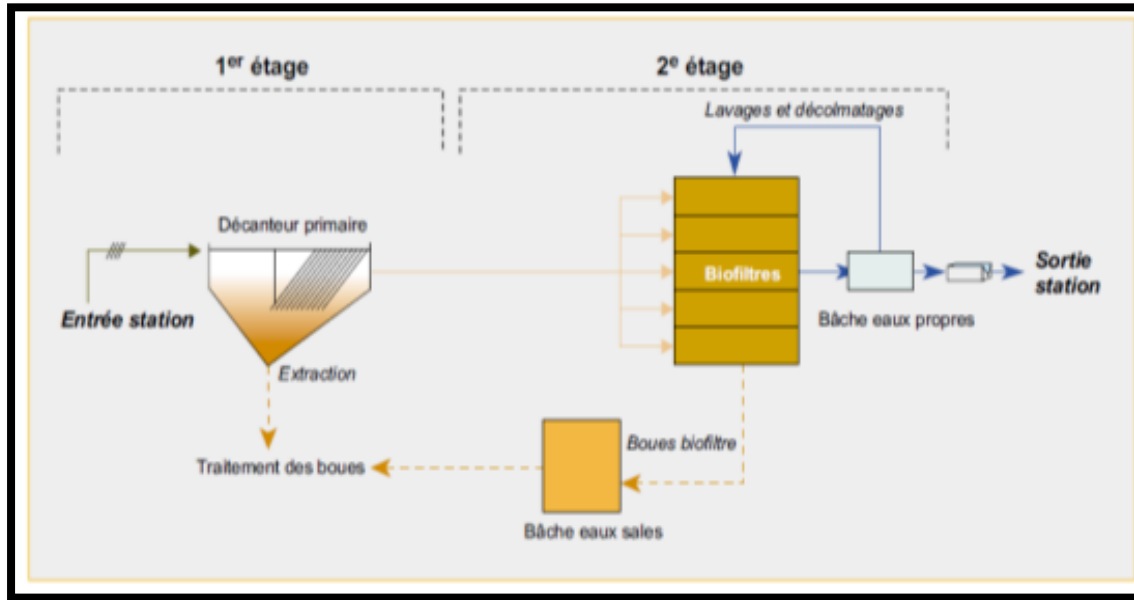


Figure 8 : Schéma de procédé biofiltres [18]

I.2.3.6. Les boues activées

Les boues activées constituent le traitement biologique aérobie le plus répandu (OMS, 1979).

Ce procédé consiste à favoriser le développement d'une culture bactérienne dispersée sous forme de flocons (boues activées), dans un bassin brassé et aéré (bassin d'aération) et alimentée en eau usée brute. Dans ce bassin, le brassage a pour objectif d'éviter les dépôts et d'homogénéiser le mélange de flocons bactériens et de l'eau usée (liqueur mixte) ; l'aération peut se faire à partir de l'oxygène de l'eau, du gaz enrichi en oxygène, voire même d'oxygène pur, pour but de dissoudre ce gaz dans la liqueur mixte, afin de répondre aux besoins des bactéries épuratrices aérobies.

Après un temps de contact suffisant, la liqueur mixte est envoyée dans un clarificateur appelé parfois décanteur secondaire, destiné à séparer l'eau épurée des boues. Ces dernières sont recyclées dans le bassin d'aération pour y maintenir une concentration suffisante en bactéries épuratrices. L'excédent (boues secondaires en excès) est extrait du système et évacué vers le traitement des boues. [19]

La figure suivante (figure9) représente le schéma de procédé boues activées.

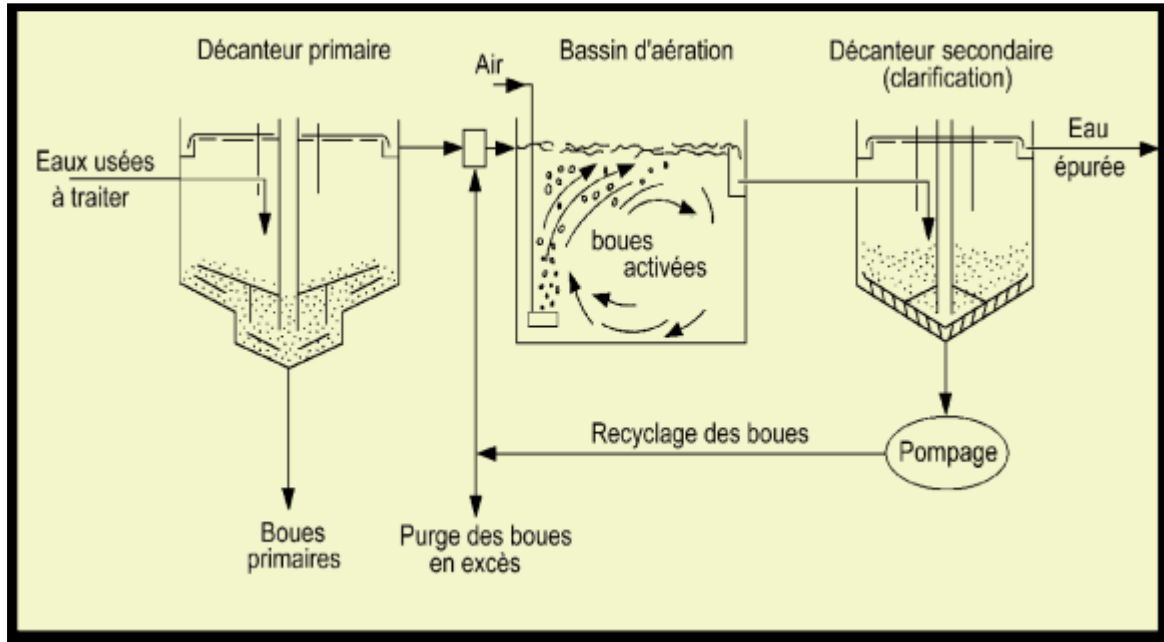


Figure 9 : Schéma de procédé boues activées. [16]

Les Paramètre de fonctionnement des stations à boues activées

a) La charge massique (cm)

C'est la masse de nourriture qui entre chaque jour dans le bassin d'aération par rapport à la masse de boues présente dans ce réacteur [20].

$$C_m = [DBO_5] * Q_j / V_{ba} * MVS$$

- C_m : Kg DBO/Kg MVS.

- V_{ba} (m^3) : volume de bassin d'aération.

- MVS (kg/m^3) : concentration en matière sèche.

- Q_j (m^3/j) : débit journalier d'eaux résiduaires à épurer [14].

b) La charge volumique (cv)

C'est la masse de nourriture qui arrive chaque jour dans le bassin d'aération, ramenée au volume du bassin d'activation.

$$C_v = Q * SO / V.$$

CHAPITRE I : SYSTEME D'EPURATION DES EAUX USEES.

Q : débit de l'effluent à l'entrée de l'aérateur

-SO : Substrat à l'entrée de l'aérateur.

-V : Volume utile du bassin d'aération

-Cv est exprimé en kg DBO5/m³. J [14].

C) L'indice de Mohlman (IM)

L'indice de MOHLMAN est défini comme le volume occupé après une décantation de 30 minutes d'un échantillon de boues correspondant à 1mg de matières sèches. L'indice de MOHLMAN est exprimé par le rapport :

IM = boues décantées en ml/l masse de la matière sèche mg/l.

Le tableau suivant (tableau 1) représente la classification des procédés à boues activées.

Tableau 1:Classification des procédés à boues activées [14].

Type	Charge massique (kg DBO5/j /kg MVS)	Charge volumique (kg DBO5/j/m ³)
Très fort charge	>1.5	1.0
Forte charge	0.50 à 1.5	2.4
Moyenne charge	0.25 à 0.50	4
Faible charge	0.1 à 0.25	8
Très faible charge	<0.1	20

I.2.4. Le traitement tertiaire

Les traitements tertiaires sont souvent perçus comme facultatifs ou complémentaires pour permettre d'affiner ou d'améliorer le traitement secondaire. De telles opérations sont nécessaires pour garantir une protection complémentaire de l'environnement récepteur ou pour permettre la réutilisation des effluents en agriculture ou en industrie. Les traitements tertiaires visent à améliorer la qualité générale de l'eau. Leur utilisation s'impose lorsque la nature des milieux récepteurs

CHAPITRE I : SYSTEME D'EPURATION DES EAUX USEES.

recevant l'eau dépolluée l'exige. On y distingue généralement les opérations de dénitrification et de déphosphatation ainsi que la désinfection [21].

I.2.4.1. La déphosphatation

L'élimination du phosphore, ou « déphosphatation », peut être réalisée par des voies physico-chimiques ou biologiques.

La déphosphatation biologique consiste à provoquer l'accumulation de phosphore dans les cultures bactériennes des boues. Les mécanismes de la déphosphatation biologique sont relativement complexes, et leur rendement variable (en fonction notamment de la pollution carbonée et des nitrates présents dans les eaux usées). Dans les grosses installations d'épurations, ce procédé est souvent couplé à une déphosphatation physico-chimique pour atteindre les niveaux de rejets requis. [8]

La figure suivante (figure10) représente le schéma de phosphatation.

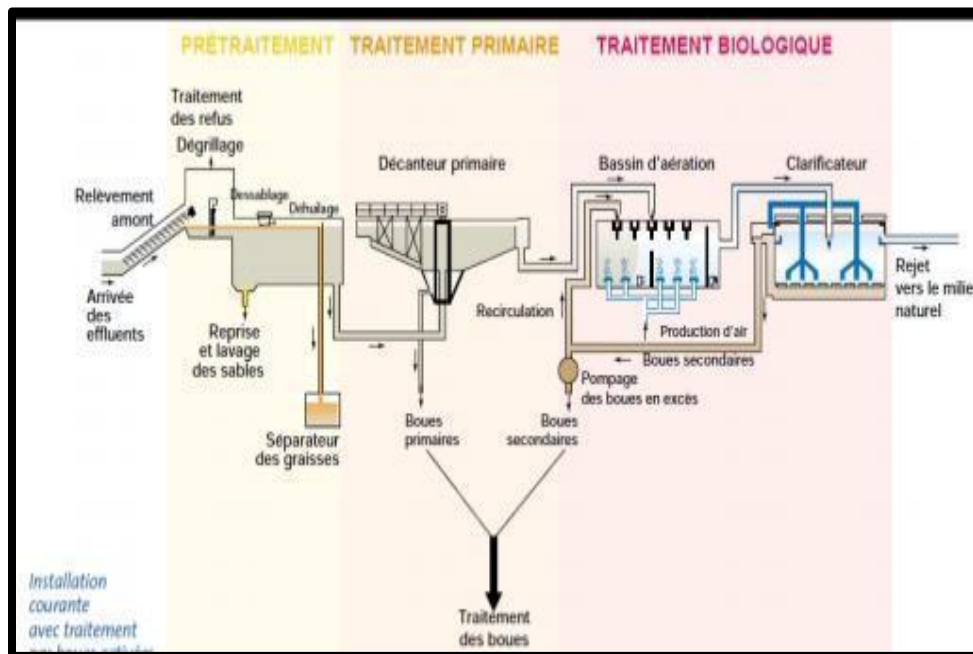


Figure 10 : Schéma de phosphatation. [22]

I.3. Technologies modernes pour le traitement des eaux usées

Le traitement des eaux usées urbaines repose sur un processus multi-étapes visant à éliminer les contaminants et les polluants, afin de garantir qu'elles puissent être rejetées en toute sécurité dans l'environnement ou réutilisées à diverses applications. Il comprend généralement un criblage préliminaire et un passage dans des bassins de décantation pour éliminer les gros objets, suivi d'un traitement biologique utilisant des micro-organismes pour décomposer la matière organique. Si l'effluent respecte les normes de qualité requises, il peut être déversé dans une rivière ou un océan, ou être davantage traité à des fins de réutilisation spécifiques telles que l'irrigation ou les processus industriels. Le traitement des eaux usées joue un rôle crucial dans la résolution des problèmes de biodiversité en atténuant les effets néfastes de la pollution chimique et organique sur les écosystèmes aquatiques. La mise en œuvre d'un système d'épuration efficace et rentable, avec des besoins énergétiques minimes, contribuerait à préserver et protéger nos précieux habitats naturels et les différentes espèces qui en dépendent. [23]

I.3.1 le traitement par digestion anaérobie des eaux usées

Le traitement biologique dans les stations d'épuration fait appel à des bactéries aérobies qui ont besoin d'oxygène et d'une dépense énergétique pour leurs activités métaboliques. Le projet AMBI-ROBIC a développé une technologie innovante qui permet d'éliminer la pollution organique des eaux usées par digestion anaérobie. Cette technologie repose sur une communauté microbienne adaptée qui fonctionne à des températures plus basses et sur un réservoir spécialement conçu à cet effet qui facilite le traitement des boues granulaires psychrophiles. Le système ne nécessite pas de chauffage, d'aération ni de pièces mobiles et son empreinte énergétique est plus faible que celle des dispositifs aérobies traditionnels. Il peut être utilisé dans diverses circonstances : pour alléger la charge organique d'autres processus, pour augmenter la capacité d'un site existant ou dans le cadre d'une nouvelle station d'épuration des eaux usées. La technologie AMBI-ROBIC constitue une nouvelle solution révolutionnaire pour la gestion des eaux usées. Elle propose une alternative économique et écologiquement durable au processus de traitement des boues, obsolète et énergivore. « Notre objectif est de fournir des solutions autonomes, positives sur le plan énergétique et sans émission de carbone », souligne Derren Kinnell, coordinateur du projet. [23].

La figure suivante (figure 11) représente la technique de digestion anaérobie



Figure 11 : Digestion anaérobie des eaux usées. [23]

I.3.2 Traitement VTA Nanocarbon

VTA – l’abréviation signifie « Verfahrens Technologische Abwasseraufbereitung, c’est-à-dire « traitement des eaux usées par l’ingénierie des procédés ».

VTA est un groupe d’entreprises autrichien qui connaît un succès mondial. Il développe et produit des procédés et des technologies innovantes de référence dans le domaine des eaux usées et de l’environnement – hautement efficaces, économiques et durables, sur le modèle de la nature et de ses cycles. VTA Nanocarbon est extrêmement efficace et économique dans le traitement des eaux usées, même avec des quantités de dosage minimales, et peut remplacer la quatrième étape de traitement Grâce à la structure spéciale de VTA Nanocarbon avec la plus grande surface active possible, il est possible d’obtenir une élimination très avancée des composés traces anthropogènes, des microparticules de plastique et des AOX, même à partir de quantités de dosage minimales dans le système d’épuration existant et ce, de façon très peu énergivore.

VTA Nanocarbon peut éliminer jusqu’à 99 % des microparticules de plastique, en particulier celles d’une taille inférieure au micron. L’utilisation de VTA Nanocarbon permet d’éliminer jusqu’à 93 % des polluants non dégradables par la nature, tels que les AOX, des eaux usées. [24]

La figure suivante (figure 12) représente la technique de VTA Nanocarbon.

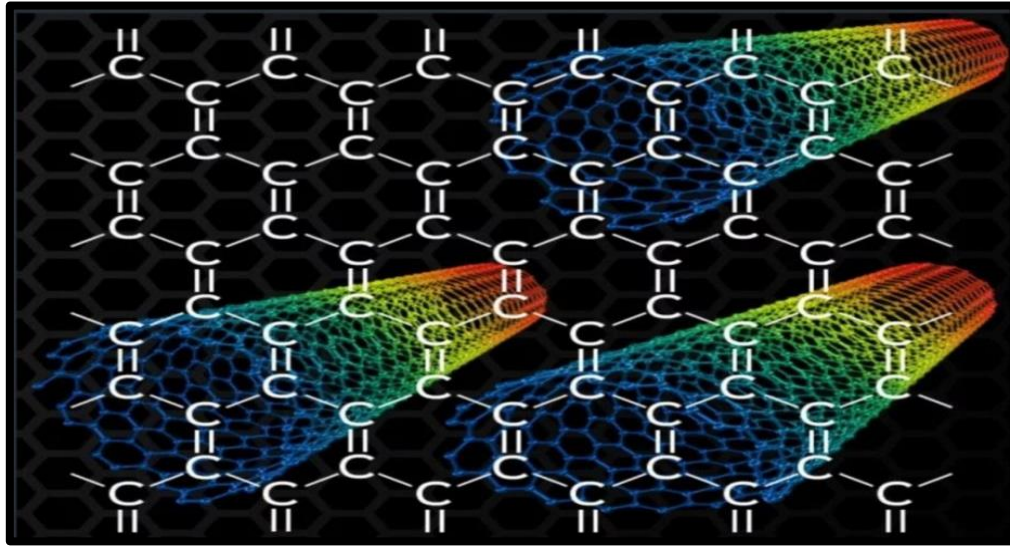


Figure 12 : VTA Nanocarbon. [24]

La structure compacte des flocons est perméable, ce qui favorise une utilisation optimale de l'oxygène introduit. Cela permet de réduire jusqu'à 30 % l'énergie d'aération dans le bassin biologique et représente ainsi une contribution importante à la neutralité énergétique et climatique dans le secteur des eaux usées.

Les valeurs mesurées représentent une performance moyenne d'épuration de différents composés traces anthropogéniques dans différents types de stations d'épuration sur une période de mesure d'un an. [24]

La figure suivante (figure13) représente les valeurs mesurées de purification.

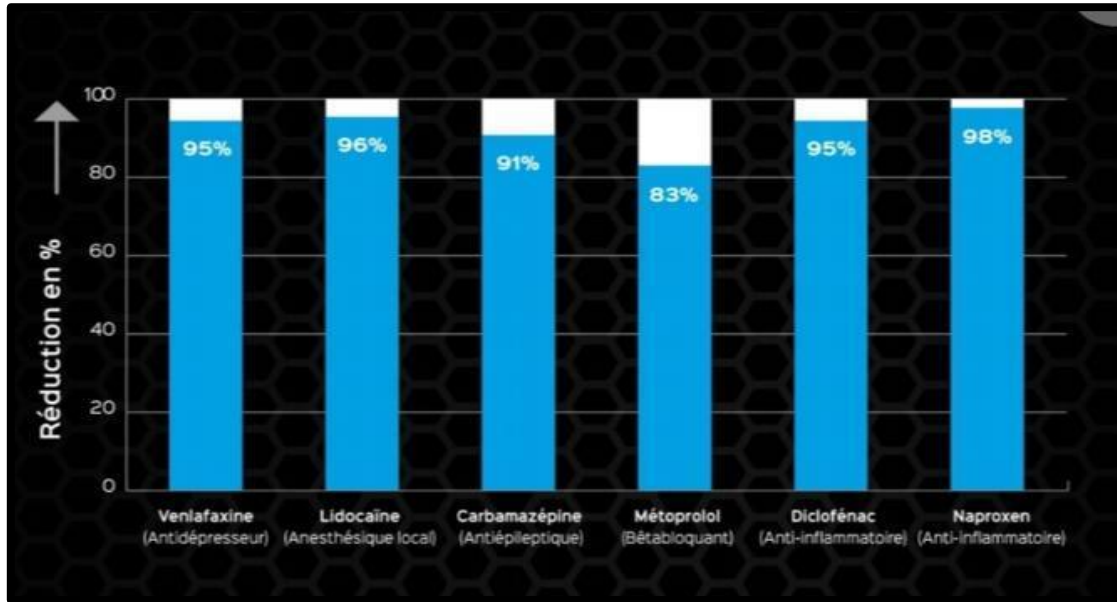


Figure 13 : Les valeurs mesurées représentent la performance moyenne de purification de divers composés traces anthropique dans différents types de stations d'épuration des eaux usées sur une période de mesure d'un an. [24]

I.3.3 Traitement anaérobie (ECSB) + aérobie (MBBR)

La combinaison des traitements biologiques anaérobie et aérobie atteint un rendement élevé de purification à un coût d'exploitation optimisé, car le processus anaérobie nécessite peu d'énergie et obtient des niveaux de réduction de matière organique de 80 à 85 %, tout en produisant très peu de boues en excès. D'autre part, un réacteur anaérobie n'atteint pas une réduction significative de NTK et c'est un aspect indispensable pour les déversements de la production de jus. Avec le traitement dans un réacteur biologique aérobie, on atteint plus de 90 à 95 % de rendement en DBO, améliorant considérablement la qualité de l'eau traitée, tout en diminuant le niveau de NTK. [25]

La figure suivante (figure 14) représente la technique de MBBR.

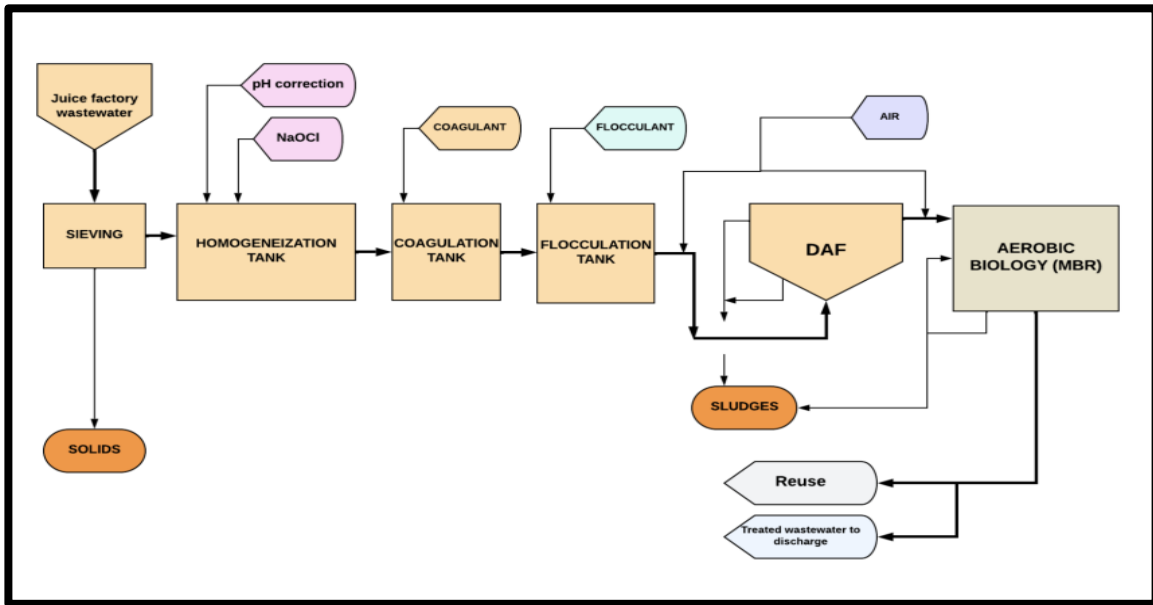


Figure 14 : Schéma de la technologie de MBR [25]

I.3.4 Traitement primaire + Traitement aérobie MBR

Le traitement biologique est réalisé par la technologie MBR, qui associe le processus conventionnel de boues actives avec la filtration par membranes d'ultrafiltration. Dans les réacteurs biologiques, un groupe de bactéries est mis en contact avec l'eau à traiter en présence d'oxygène en excès. Cet oxygène est apporté par des souffleurs, qui introduisent de l'air de manière uniforme à travers des grilles de diffuseurs à bulles fines.

Les systèmes MBR utilisent des membranes d'ultrafiltration, qui fonctionnent généralement immergées dans le réacteur ou dans un réservoir annexe au réacteur biologique qui reçoit le mélange de liqueur (boues actives).

Dans ce dernier cas, les travaux de maintenance et de nettoyage des membranes sont facilités.

La filtration se produit en soumettant les membranes à une légère dépression (0,5-1 bar) de manière à ce que le liquide traverse et circule à l'intérieur, tandis que les solides restent à l'extérieur.

Ces membranes d'ultrafiltration présentent une taille de pore d'environ 0,035 μm , ce qui leur permet de retenir tous les solides dépassant cette taille, ainsi que des bactéries et certains virus.

CHAPITRE I : SYSTEME D'EPURATION DES EAUX USEES.

Les boues produites sont recirculées vers le réservoir d'aération afin de maintenir une concentration de boues déterminée. L'excès de boues est purgé et envoyé à la ligne de traitement des boues pour leur conditionnement.

Dans le cas du traitement biologique avec MBR, on obtient une eau traitée de meilleure qualité que dans la solution précédente, qui peut être déversée dans un cours d'eau public ou réutilisée dans certains processus. [25]

La figure suivante (figure 15) représente la technique de MBR

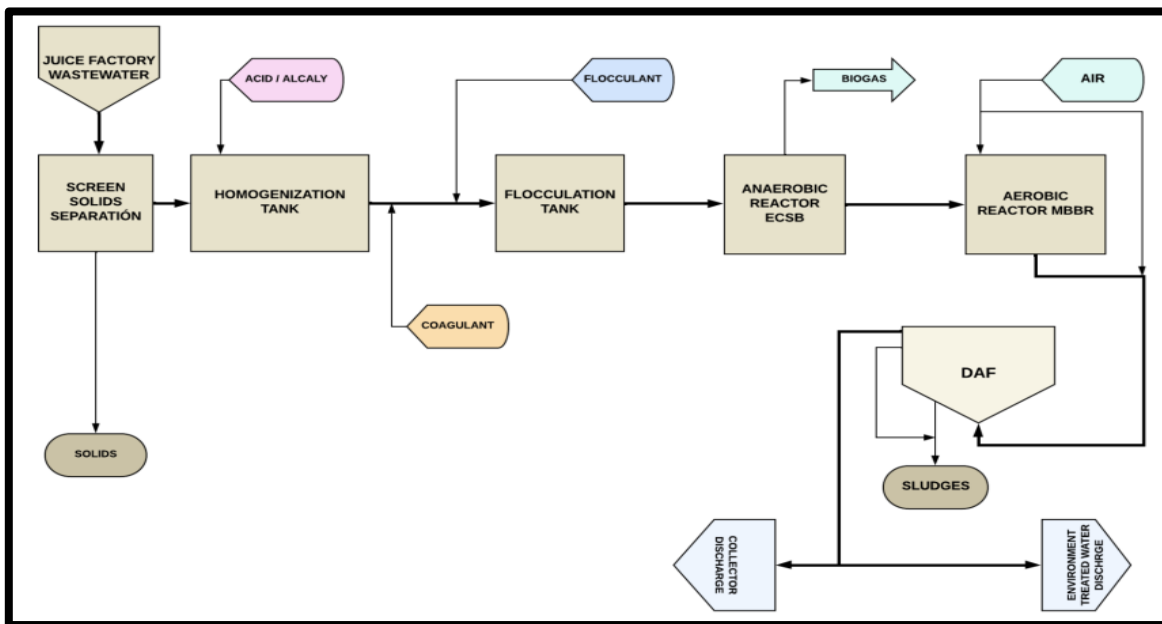


Figure 15 : Schéma de la technologie de MBR [25]

I.4. Conclusion

Les eaux usées de différentes compositions constituent à l'origine un problème pour la nature lors du rejet sans subir de traitement au préalable. Pour montrer l'intérêt d'épuration des eaux usées, nous avons présenté dans ce chapitre les technologies modernes et les différentes méthodes les plus couramment utilisés dans le monde pour l'épuration des eaux usées.

CHAPITRE II

IRRIGATION

CHAPITRE II : IRRIGATION.

II.1. Introduction

L'agriculture dépend du secteur de l'eau avec la consommation la plus élevée. L'irrigation dans les régions agricoles représente 70 % de l'eau utilisée dans le monde. Dans certains pays de développement, l'irrigation représente 95% de toutes les utilisations et joue un rôle important dans la production de la nourriture et la sécurité alimentaire. [26]

II.2. Définition

L'irrigation peut être définie comme l'ensemble des systèmes permettant des apports d'eau artificiels pour favoriser la croissance des cultures, des arbres et des pâturages. Les méthodes varient selon que l'eau s'écoule sur le sol (irrigation de surface), est pulvérisée sous pression (irrigation par aspersion) ou est directement dirigée vers la plante (irrigation localisée). [27]

II.3. Irrigation dans le monde

Les terres irriguées à l'échelle mondiale couvrent 324 millions d'hectares et consomment 2664 km³ d'eau, avec une efficacité d'irrigation moyenne de 38%. Cela signifie que plus de 60% des volumes d'eau utilisés se perdent et ne profitent pas aux cultures [28]. Malgré ces efforts de production, la sous-alimentation affectait 850 millions de personnes en 2012.

Le rapport de la FAO préconise une augmentation de 60% de la production agricole mondiale d'ici 2030, entraînant une hausse de 14% des prélèvements sur les réserves d'eau renouvelables (RER). C'est pourquoi il est nécessaire d'améliorer l'efficacité de l'irrigation à 42% pour réduire les pertes d'eau. Actuellement, les prélèvements d'eau dans le monde sont estimés à 8,2% des RER et ne doivent pas dépasser la limite de 40% imposée par les conditions environnementales. Étant donné que la production d'un kilogramme de nourriture nécessite entre 2 et 4 tonnes d'eau et qu'un hectare cultivé ne peut nourrir que 3 personnes, ce ratio doit atteindre 8 personnes d'ici 2020 [28]. Selon la FAO (2014), les superficies irriguées fournissent 61% des céréales, 10% des légumes, 7% des oléagineux et des pâtures, 5% des fibres textiles et 4% des cultures sucrières.

Pour accroître les superficies irriguées, il est impératif d'améliorer l'efficacité des techniques d'irrigation, allant de l'évaluation des besoins en eau à la distribution sur le terrain, en utilisant des méthodes modernes telles que l'aspersion et l'irrigation localisée. Cela nécessite un dimensionnement adéquat des réseaux d'irrigation.

CHAPITRE II : IRRIGATION.

L'irrigation par aspersion est utilisée dans le monde entier en raison de sa flexibilité et de son adaptabilité aux différents types de sols, cultures et conditions topographiques. Ce système permet de distribuer uniformément l'eau sur le sol tout en minimisant le ruissellement [29]. cette technique atteint également des parcelles qui ne peuvent pas être irriguées par les méthodes classiques d'irrigation de surface.

II.4. L'irrigation en Algérie

L'Algérie compte 17 bassins-versants. Les ressources en eau proviennent des eaux de surface et des eaux souterraines renouvelables et non renouvelables. Il est à noter que ces ressources sont très variables notamment celles qui proviennent des nappes tributaires des aléas climatiques. Globalement, la superficie irriguée en l'année 2000 est de l'ordre de 420.000 ha dont 100.000 ha dans les régions sahariennes et ce, sur une superficie agricole Utile de 8.666.715 ha soit près de 5% de la surface agricole utile (SAU). [30]

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

Les besoins en eau des cultures sont influencés par divers facteurs agro-pédo-climatiques et restent constants, quelle que soit la méthode d'irrigation choisie. Cependant, les volumes d'eau nécessaires pour répondre à ces besoins diffèrent selon le d'irrigation utilisé. [31]

Par exemple, l'irrigation sous pression permet de réaliser les économies d'eau.

Le tableau suivant (tableau2) représente les variations des besoins en eau des cultures.

Tableau 2 : La variation des besoins en eau des cultures selon les systèmes d'irrigation choisis[31].

Pour des besoins identiques, des apports différents		
Irrigation traditionnelle	Irrigation sous pression	
Gravitaire	Aspersion	Goutte à Goutte
100 litres	70 litres	40 litres

C'est principalement le système de goutte à goutte qui permet de réaliser les économies d'eau les plus significatives.

CHAPITRE II : IRRIGATION.

En effet, presque toute l'eau utilisée est consommée, car il y a beaucoup moins de pertes dues à l'évaporation et à la percolation. Pour ces raisons, le choix des équipements appropriés s'avère essentiel. [31]

II.6. Les systèmes d'irrigation

En l'irrigation, deux systèmes sont les plus courants : l'irrigation traditionnelle et Irrigation sous pression.

II.6.1. Irrigation traditionnelle

Est une technique d'arrosage des cultures qui repose sur des méthodes anciennes, souvent fondées sur la gravité et le flux naturel de l'eau provenant de sources, de rivières ou de nappes phréatiques.

Ces systèmes comprennent des canaux d'irrigation, l'inondation des terres ou des bassins d'eau. Ils sont généralement peu mécanisés et adaptés aux conditions locales, mais peuvent entraîner des pertes d'eau dues à l'évaporation ou à l'infiltration. [32].

a) Irrigation gravitaire « Surface »

Les irrigations de surface englobent toutes les méthodes d'irrigation où l'eau disponible au début de la parcelle est distribuée sur le terrain à irriguer par un écoulement gravitaire de surface, nécessitant seulement un aménagement minimal du sol [33]. Ce système, simple et très ancien, continue de prédominer malgré les pertes d'eau qu'il engendre. Son efficacité est relativement faible (40 à 50%), mais peut atteindre jusqu'à 70 % dans les meilleures conditions [28]. L'eau est ensuite répartie dans le champ, soit par submersion (irrigation par bassins), soit par infiltration, soit dans des sillons en terre (irrigation par sillons), ou encore par ruissellement sur une planche d'arrosage (irrigation par planches). [34]

En 2012, dans le monde, on comptait 280 millions d'hectares utilisant cette technique de surface, ce qui représente 86% de la superficie totale équipée pour l'irrigation dans le monde. [35].

La figure suivante (figure 16) représente le système d'irrigation gravitaire.



Figure 16 : Irrigation gravitaire [36].

II.6.2. Irrigation sous pression

Bien que l'irrigation par aspersion et localisée ne représente qu'environ 14% de la superficie totale dédiée à l'irrigation dans le monde selon la FAO (2014), les performances hydrauliques et agricoles sont nettement supérieures. En revanche, ces techniques nécessitent de l'eau sous pression et un équipement coûteux.

Ces méthodes ont transformé l'irrigation en éliminant la contrainte de la pente, permettant ainsi de transporter l'eau sur de longues distances et de la distribuer sur le champ même en contre-pente, voire sur des terrains très vallonnés. L'utilisation de tuyaux au lieu de rigoles et de canaux a considérablement amélioré le rendement hydraulique. [28]

a) Irrigation par aspersion

L'aspersion est une technique simulant la pluie naturelle grâce à un asperseur, ce dernier ne peut fonctionner que si la pression de l'eau est suffisante (4 à 10 bars). Des variantes dérivent de ce système comme le pivot, le canon et l'enrouleur. L'efficacité du système peut atteindre 80% à 85%. Au début de son invention dans les années 1950, la technique a été utilisée tout azimut couvrant tous les types de sols et de cultures, elle est aussi pratiquée notamment dans la lutte contre le gel. [28]

CHAPITRE II : IRRIGATION.

Plus de 35 millions d'hectares dans le monde, soit 10% étaient équipés par l'irrigation par aspersion en 2012. [35]. Bien que cette méthode soit considérée comme moins efficace que l'irrigation localisée, son faible coût et sa mobilité potentielle expliquent sa large expansion dans le monde.

Les économies d'eau ont une grande importance en irrigation et tout particulièrement dans les pays arides, à l'exemple de l'Algérie. C'est dans ces pays où la ressource hydrique est limitée et les besoins en irrigation sont importants que l'irrigation bien réfléchie valorise au mieux l'eau. [28]

La figure suivante (figure 17) représente le système d'irrigation par aspersion.



Figure 17 : Irrigation par aspersion [37]

b) Irrigation par goutte à goutte

Ce système utilisant l'eau sous pression né dans les années 1960, est désigné par la micro-irrigation. Un système né avec l'avènement du plastique dont son matériel est conçu. La technique se caractérise par des apports d'eau faibles et très fractionnés, elle correspond à la plupart des terrains et des cultures et son efficacité s'est améliorée à plus 90%. Elle regroupe une panoplie de variantes, allant de l'irrigation souterraine avec des gaines perforées, aux goutteurs (2 à 15 l/h) placés au pied de la plante, aux micro-asperseurs (50 l/h), n'utilisant que de faibles débits et surtout de basses pressions (1 à 4 bars) [28]

CHAPITRE II : IRRIGATION.

On appelle irrigation localisée les systèmes qui consistent à répartir l'eau d'irrigation sur la parcelle par un réseau de conduites fixes, sous faible pression et localisant l'apport d'eau au voisinage des plantes cultivées, seule une certaine fraction du volume de sol, exploitable par les racines, sera humidifiée [33]. Actuellement, elle couvre 4% des surfaces Irriguées, soit une superficie mondiale de 9 millions ha selon la FAO (2014).

La figure suivante (figure 18) représente le système d'irrigation goutte à goutte.



Figure 18 : Irrigation par goutte à goutte [38]

II.7. Les avantages et les inconvénients de l'irrigation

Le tableau suivant (tableau3) représente les avantages et les inconvénients de l'irrigation.

Tableau 3:les avantages et les inconvénients de l'irrigation [39].

Avantages	Inconvénients

CHAPITRE II : IRRIGATION.

-Applicable aux différents terrains et aux différents cultures.	Les besoins en main d'œuvre peuvent être importants.
-Technique ne nécessitant pas beaucoup de moyens et matériels.	-Pertes d'eau très importantes.
-La terre reste sèche entre les sillons, ce qui facilite les travaux.	-Rendement hydraulique global est faible.
-L'eau n'atteint pas les tiges des plantes, ce qui évite les maladies des plantes.	-Par rapport aux autres systèmes d'irrigation.
-Frais réduits d'aménagement du sol.	-Grand volume d'eau apporté à la parcelle.
-Insensibilité au vent	-Pertes par infiltration considérables.

Les facteurs élémentaires de l'irrigation

1) **Le sol** : Un aspect général qui mérite une attention particulière est la grande hétérogénéité du sol, ce qui rend essentiel de quantifier certaines de ses. [40]

a. Propriétés physiques

Topographie : La pente constitue un facteur crucial pour l'irrigation, jouant un rôle important dans le processus d'érosion. L'infiltration, le ruissellement et un système d'irrigation adapté sont donc primordiaux.

Perméabilité et capacité du sol à retenir l'eau : La teneur en eau dépend de la porosité et de la perméabilité du sol. La quantité maximale d'eau qu'un sol peut contenir est largement influencée par la taille de ses particules. Plus la pénétration est importante, plus la capacité est réduite [40]

CHAPITRE II : IRRIGATION.

Cohésion : L'eau a un rôle significatif dans la cohésion du sol. En effet, lorsque la quantité d'eau est excessive, les particules de sol se séparent, entraînant une absence de cohésion. À l'inverse, la présence d'eau peut conférer une certaine consistance [40]

Les sols lourds, dotés d'une forte cohésion, peuvent retenir de grandes quantités d'eau sur des pentes relativement douces. Il est important d'être prudent lors du piégeage lorsque le sol sableux est volontairement laissé, car il est cohésif.

Les sols sablonneux sont considérés comme les plus difficiles à irriguer. La consolidation d'un même sol peut varier de manière significative lors de la rotation des cultures, en fonction de l'état d'ameublissement, de la nature et de l'âge des plantes cultivées [40]

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 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 [40]

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 [40]

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

CHAPITRE II : IRRIGATION.

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 [40]

3) Les cultures : Le type d'irrigation est influence, soit par des caractéristiques non cumulables avec tous les systèmes, soit par le besoin en eau qui peut modifier la circulation d'irrigation. [41].

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 [41].

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 maraichères 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. [41]

II.8. Les normes de la qualité d'eau destinée à l'irrigation

Vu la diminution des apports en eau est constatée depuis plusieurs décennies, les agriculteurs, notamment dans les régions continentales, s'intéressaient à l'utilisation des eaux usées. C'est

CHAPITRE II : IRRIGATION.

pourquoi des normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation ont été établies. Une eau est conforme à l'irrigation qui possède caractéristiques respectant les valeurs limites imposées par des textes de lois et inscrites dans (le tableau 4). Relatif aux normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation. Ces normes varient selon les pays, mais dans la majorité des pays on fait référence aux cinq critères de qualité sus cités. [42]

Le tableau suivant (tableau4) représente les normes de qualité d'eau d'irrigation.

Tableau 4:Barème des normes de qualité d'eau d'irrigation. [42]

Types de problèmes	Sévérité de problème		
	Aucune.	Légère.	Elevée
-Salinité			
-Conductivité	<0.75.	0.75-3.	> 3
-Matières dissoutes totales	<700.	700-2000.	>2000
-SAR (Sodium absorption Ratio)	<3.	3-9.	>9
-Alcalinité ou dureté	<80-120		>200
-PH (risque de colmatage)	<7.	7-8.	>8
-Fe mg/l (risque de colmatage)	<0.2	0.2-1.5.	>1.5
-Mn mg/l (risque de colmatage)	<0.1.	0.1-1.5.	>1.5

CHAPITRE II : IRRIGATION.

II.9. Normes de réutilisation des eaux usées épurées

Le tableau suivant (tableau5) représente les normes de réutilisation des eaux usées épurées.

Tableau 5:Normes de réutilisation des eaux usées épurées [43]

Paramètres	Unité	Normes FAO (1985) OMS**(1989)	JORA (2012)
PH		6.5-8.4*	6.5-8.5*
CE	ds/m	<0.7* Aucune restriction 0.7 _ 3.0* restriction légère à modérée >3.0* Forte restriction	3
MES	mg/l	<30**	30
DCO	mg O2/l	<40**	90
DBO5	mg O2/l	<10**	30
NO3-	mg/l	<50**	30
NO2	mg/l	<1**	Non disponible
NH4+	mg/l	<2**	Non disponible
PO43-	mg/l	<0.994**	Non disponible

CHAPITRE II : IRRIGATION.

SAR	mg/l	<3* aucune restriction 3-9* restriction légère à modérée >9* Forte restriction	Non disponible
Coliformes totaux	UFC/100ml	Non disponible	Non disponible
Streptocoque Fécaux	UFC/100ml	1000**	Non disponible
Salmonelles	UFC/1L	Absence **	Non disponible

a) Normes nationales

La consommation d'eau a connu une augmentation constante au cours de la dernière décennie. Cela a également conduit à une intensification de la pollution des eaux, qui, si elle n'est pas contrôlée, peut nuire à l'environnement et affecter les eaux souterraines. Les eaux polluées rejetées représentent environ 900 millions de mètres cubes, soit près de 20 % des eaux superficielles stockées dans les barrages. L'Algérie fait face à un problème chronique de pénurie d'eau, et toutes les solutions sont envisagées pour en atténuer les effets. Ainsi, une politique de mobilisation et d'utilisation des ressources en eau conventionnelles (souterraines et de surface) ainsi que des ressources non conventionnelles (dessalement de l'eau de mer, eaux saumâtres, eaux usées) a été récemment instaurée. Dans le cadre de la gestion des eaux usées traitées, un cadre juridique a été établi pour protéger les utilisateurs et les gestionnaires. Pour garantir une meilleure protection de l'environnement aquatique, l'eau traitée doit respecter certaines normes de rejet, qui sont présentées dans le tableau en relation avec le respect des normes d'utilisation des eaux épurées et les risques de contamination associés. [46]

Selon les normes Algérienne les valeurs limites maximales de rejet d'effluents sont regroupées dans le tableau suivant (tableau6).

CHAPITRE II : IRRIGATION.

Tableau 6: Normes de rejets dans un milieu récepteur [44]

Paramètres	Unités	Valeurs limites
Température	°C	30
PH	-	6.5 à 8.5
MES	mg/l	35
DBO5	mg/l	35
DCO	mg/l	120
Azote Kjeldahl	mg/l	30
Phosphates	mg/l	02
Phosphore total	mg/l	10
Cyanures mg/l 0.1	mg/l	0.1
Aluminium mg/l 03	mg/l	03
Cadmium mg/l 0.2	mg/l	0.2
Fer mg/l 03	mg/l	03
Huiles et Graisses	mg/l	20
Hydrocarbures totaux	mg/l	10
Composés organiques chlorés	mg/l	05

b) Normes internationales

Le tableau ci-dessous (tableau7) montre les normes OMS de rejet des eaux usées dans un milieu naturel.

CHAPITRE II : IRRIGATION.

Tableau 7:les normes OMS de rejet des eaux usées dans un milieu récepteur [45].

Paramètres	Unité	Normes utilisées (OMS)
PH	-	6.5-8.5
DBO5	mg/l	< 30
DCO	mg/l	< 90
MES	mg/l	< 20
NH+4	mg/l	< 0.5
NO2	mg/l	1
NO3	mg/l	< 1
P2O5	mg/l	< 2
Température	°C	< 30
Couleur	-	Incolore

CHAPITRE II : IRRIGATION.

Odeur	-	Inodore
-------	---	---------

II.10. Les avantages et les inconvénients de la réutilisation des eaux usées épurées

Le tableau suivant (tableau9) représente les avantages et les inconvénients de la réutilisation des eaux épurées.

Tableau 8:avantages et inconvénients de la réutilisation des eaux épurées [47]

Avantages	Inconvénients
Economie d'eau claire.	Problème de santé publique liés aux pathogènes éventuels dans les eaux usées non traitées.
Economie des fertilisants	Acceptation publique de la réutilisation
Accroissement des rendements	Exploitation inappropriée et/ou qualité non conforme.
Protection de l'environnement .	Responsabilité pour la perte potentielle du revenu de la vente d'eau potable
Création d'emplois.	Importance du choix de la filière de traitement .

II.11. L'objectif des normes

Selon, (MAYNARD et HOCHUMT, 1997), les normes ont pour objectif de :

- Protéger le public et les ouvriers agricoles
- Protéger les consommateurs des produits agricoles
- Protéger les ressources en eau superficielle et souterraine et les sols
- Protéger le matériel d'irrigation.
- Maintenir des rendements acceptables. [42]

CHAPITRE II : IRRIGATION.

II.12. Les cultures possibles irriguées par les eaux usées épurées

En Algérie une réglementation a été mise en œuvre, c'est l'arrêté interministériel du 8 Safar 1433 correspondant au 2 janvier 2012 fixant la liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées. Ce texte est promulgué par les ministres chargés des ressources en eau, de l'agriculture et de la santé. Les parcelles destinées à être irriguées avec des eaux usées épurées ne doivent porter aucune culture, autre que celles-ci. Figurant sur la liste indiquée Tableau suivant (tableau10).

Tableau 9:Liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées. [48]

Groupes de cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées	Liste de cultures
Arbres fruitiers	Dattiers, vigne, pomme, pêche, poire, abricot, nèfle, cerise, prune, nectarine, grenade, figue, rhubarbe, arachides, noix, olive.
Agrumes	Pamplemousse, citron, orange, mandarine, tangerine, lime, clémentine.
Cultures fourragères	Bersim mais, sorgho fourragers, vesce et luzerne
Cultures industrielles	Tomate industrielle, haricot à rames, petit pois à rames, betterave sucrière, coton, tabac, lin.
Cultures céréalières	Blé, orge, triticales et avoine.

CHAPITRE II : IRRIGATION.

Cultures de production de semences	Pomme de terre, haricot et petit pois.
Arbustes fourragers	Acacia et a triplex

II.13. Conclusion

L'irrigation joue un rôle capital dans les activités agricoles, en particulier dans les zones semi arides où les précipitations ne pourraient pas permettre une production agricole suffisante. Cela favorise un rendement optimal des cultures, garantit une production malgré les chocs climatiques et facilite également une meilleure gestion des ressources en eau. [49]

L'utilisation d'eau non potable épurée pour l'irrigation est une solution viable qui préserve les ressources en eau potable, valorise les eaux usées traitées et améliore la qualité de l'environnement [50].

CHAPITRE III : LES RESERVOIRS DE STOCKAGE

III.1. Introduction

Le réservoir est un ouvrage hydraulique intermédiaire entre les réseaux d'adductions et les réseaux de distributions. Cet ouvrage est aménagé pour contenir de l'eau soit pour la consommation publique, l'irrigation, ou pour l'industrie [51].

Un réservoir est, avant toute autre précision, un emplacement naturel ou artificiel utilisé pour le stockage, la régularisation et le contrôle des ressources en eau [52].

III.2. Définition

Un réservoir est enveloppe contenant un liquide.

Les réservoirs d'eau permettent le stockage de l'eau pour de nombreuses application :

Agricoles, industrielles, domestiques (eau potable, agriculture irriguée, l'élevage, la fabrication de produits chimiques, la préparation des aliments). [53]

III.3. Les types des réservoirs

Les types de réservoirs peuvent être définis :

III.3.1. Par rapport la position

- a) **Réservoir souterrain ou semi-enterré (au sol) :** Ce type de réservoir est généralement employé lorsque le réservoir est construit à même la station de traitement de l'eau ou lorsque le site est suffisamment élevé afin d'assurer une pression adéquate par gravité pour le réseau desservi. [54].



Figure 19 : réservoir semi-enterrée



Figure 20 : réservoir souterraine

b) Réservoir surélevé : Les réservoirs sont placés en hauteur pour fournir passivement de la pression à l'utilisateur final. Le réservoir est rempli par une pompe électrique automatique. [55]

Ils sont constitués par une cuve, généralement cylindrique, montée sur une tour en maçonnerie, ou en béton armé ou sur des piliers en béton armé. [56].



Figure 21 : réservoir surélevé

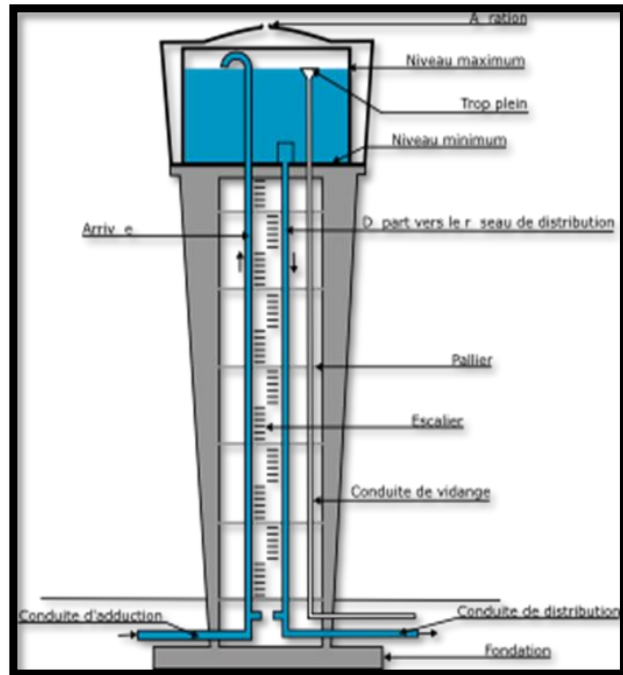


Figure 22 : schéma de réservoir surélevé

III.3.2 Par rapport la formes :

a) **Circulaire** : le plus économique.

b) **Rectangulaire, carré**, ou de forme irrégulière : si la considération d'encombrement est prépondérante (ex : nécessité de loger le volume maximal dans la surface disponible)



Figure 23 : réservoir carré



Figure 24 : réservoir circulaire



Figure 25 : réservoir de forme irrégulière

III.3.3. Par rapport les matériaux de construction utilisés : Il existe plusieurs types des matériaux :

- Maçonnerie
- Béton Armé
- Béton précontraint

CHAPITRE III : LES RESERVOIRS DE STOCKAGE

- Acier
- Plastique [54]



Figure 26 : réservoir en maçonnerie



Figure 27 : réservoir en béton armé



Figure 28 : réservoir en béton précontraint



Figure 29 : réservoir en plastique



Figure 30 : réservoir en acier

III.3.4 Par rapport la situation au réseau de distribution :

Ils peuvent être groupés en deux types :

- a) **Réservoir de passage** : (placé entre le captage et le réseau de distribution).



Figure 31 : réservoir de passage

- b) **Réservoir d'équilibre** : (placé à la fin du réseau de distribution)



Figure 32 : réservoir d'équilibre

III.4. Technologies modernes pour le stockage des eaux usées

III.4.1. Les bassins de rétention

Les bassins de rétention sont un type d'ouvrage de gestion des eaux pluviales (OGEP). Ils sont conçus pour stocker temporairement les eaux des pluies avant de les relâcher à débit contrôlé dans un cours d'eau. Il s'agit du type d'ouvrage le plus couramment utilisé pour gérer les eaux pluviales au Québec (canada). Ils sont généralement installés dans des développements résidentiels peu denses ou dans des secteurs industriels ou commerciaux.

On distingue deux types de bassins de rétention, les bassins secs et les bassins en eau également appelés bassins à retenue permanente.

L'avantage des bassins de rétention l'entreposage des eaux pluviales dans des bassins de rétention permet de limiter les inondations et l'érosion des cours d'eau. Bien aménagés, ils s'intègrent agréablement au paysage urbain et favorisent l'appréciation de la valeur des propriétés voisines. Ils peuvent offrir une fonction communautaire supplémentaire, comme des parcs et des terrains de jeux. [68]

La figure suivante (figure 33) représente le bassin de rétention



Figure 33 : réservoir de rétention [69]

III.4.2. COMPOSITE GRP (Glass Reinforced Plastic) –RÉSERVOIR MODULAIRE :

Les réservoirs modulaires sont composés de panneaux en composite GRP (Glass Reinforced Plastic), appelé aussi FRP (Fiber Reinforced Plastic). Ils sont spécialement adaptés pour le stockage d'eau et sont construits par l'assemblage de panneaux préfabriqués boulonnés sur chantier.

Le réservoir modulaire se compose de panneaux en résine polyester isophtalique armés de fibres de verre GRP (Glass Reinforced Plastic). Les panneaux sont fabriqués à partir d'une feuille de type SMC (Sheet Molding Compound) par moulage à chaud sous pression (100kg/cm² à 150°C). Conçu selon les normes en vigueur. [70]

La figure suivante (figure 34) représente réservoir modulaire :



Figure 34 : réservoir modulaire [70]

III.4. 3.RESERVOIRS DE LUTTE CONTRE L'INCENDIE :

Les réservoirs d'eau d'extinction des incendies constituent un élément fondamental des systèmes de prévention et de contrôle des incendies. Ces réservoirs, dont l'entretien est minime, représentent une protection essentielle en permettant de contenir des milliers de litres d'eau, une mesure efficace pour éteindre les incendies qui pourraient menacer la sécurité des structures et de leurs occupants. [71]

La figure suivante (figure35) représente réservoir de lutte :



Figure 35 : réservoir de lutte [71]

III.5. Le rôle du réservoir :

Le rôle du réservoir est :

- Emmagasinement d'eau pendant toute la durée de fonctionnement de la station de pompage.
- Réducteur des dépenses d'énergie (stockage la nuit et distribution gravitaire pendant les heures de pointe).
- Assurer la continuité de la distribution pendant l'arrêt de la pompe.
- Assurer une réserve d'incendie.

Ils peuvent également jouer le rôle de brise-charge en cas d'une distribution étagée. [51].

III.6. Les caractéristiques du réservoir :

Durant la construction d'un réservoir, les matériaux utilisés doivent être choisis pour assurer :

- **La résistance** : Le réservoir doit s'équilibrer dans toutes ses parties les efforts auxquels il est soumis.
- **Étanchéité** : Les parois doivent être étanches pour éviter les fuites.

CHAPITRE III : LES RESERVOIRS DE STOCKAGE

- **Durabilité :** Le réservoir doit avoir une durabilité pour longtemps, ce qui veut dire que le matériau dont il est constitué doit conserver ses propriétés initiales au contact avec l'eau. [72]

III.7. Équipements hydrauliques des réservoirs :

Un réservoir est équipé hydrauliquement par différentes conduites telles que :

- D'une conduite d'arrivée ou d'alimentation.
- D'une conduite de départ ou de distribution ;
- D'une conduite de trop-plein
- D'une conduite de vidange.
- D'une conduite by-pass.
- Du système de matérialisation d'incendie [73].

III.7.1. Conduite d'arrivée :

Conduite d'arrivée. Qu'elle soit le type refoulement ou gravitaire, doit arriver de préférence dans la cuve en siphon noyé ou par le bas, toujours à l'opposé de la conduite de départ, afin de favoriser un meilleur brassage. Cette arrivée de l'eau permet le renouvellement de l'eau par mélange en créant des perturbations et des écoulements par rouleaux. Les robinets à flotteurs destinés à alimenter ou à interrompre l'arrivée d'eau dans les réservoirs doivent être d'un type anti-bélier ; les soupapes et leurs parties sont en bronze ou en métal inoxydable [73].

III.7.2. Conduite de départ ou de distribution :

Cette conduite est installée à l'opposé de la conduite d'arrivée à quelque centimètre au-dessus du radier (15 à 20 cm) pour éviter l'entrée de matières en suspension. L'extrémité est munie d'une crépine courbée pour éviter le phénomène de vortex (pénétration d'air dans la conduite). De plus, Cette conduite est équipée d'une vanne de survitesse permettant la fermeture rapide en cas de rupture au niveau de cette conduite [73].

III.7.3. Conduite de trop-plein :

Cette conduite permet d'évacuer l'excédent d'eau du réservoir au cas où la pompe ne s'arrête pas. Si le réservoir est divisé en compartiment, chaque cuve doit disposer une conduite de trop-plein.

CHAPITRE III : LES RESERVOIRS DE STOCKAGE

Ces conduites doivent se réunir dans la chambre de manœuvre pour former un joint hydraulique évitant la pénétration de tous corps étrangers [73].

III.7.4. Conduite de décharge ou de vidange :

La conduite de vidange doit être installée au point le plus bas du radiateur. Elle permet de vider le réservoir en cas de nettoyage ou de réparation. Elle est munie d'un robinet vanne, et se raccorde généralement à la conduite de trop-plein. Il est nécessaire de nettoyer le robinet vanne après chaque vidange pour éviter l'accumulation de sable. [73].

III.7.5. Conduite de dérivation :

Il s'agit d'un tronçon de conduite qui relie la conduite d'arrivée et la conduite de départ dans le cas d'un réservoir unique non compartimenté. Cette conduite est utilisée lorsque le réservoir est isolé pour son entretien ou dans le cas d'un incendie à forte charge. [73]

III.7.6. Système de matérialisation d'incendie :

Il s'agit d'une disposition spéciale de la tuyauterie qui permet d'interrompre l'écoulement une fois que le niveau de la réserve d'incendie est atteint. On distingue le système à deux prises et le système à siphon [74].

a) Système à deux prises :

Deux conduites sortent du réservoir, l'une débute juste au niveau de la réserve d'incendie, l'autre au fond de la réserve d'incendie et elle est munie d'un robinet vanne. Ces conduites se rencontrent dans la chambre de manœuvre. Lorsque le niveau d'eau dans la cuve atteint le niveau de la consigne d'incendie, l'alimentation cesse de se faire et la réserve d'incendie reste intacte. Le robinet vanne cité ci-dessus est responsable de la préservation de la réserve d'incendie. [73]

La réserve d'incendie n'est pas correctement renouvelée, la stagnation de l'eau conduit à sa dégradation et aux dépôts dans le réservoir.

b) Système à siphon :

CHAPITRE III : LES RESERVOIRS DE STOCKAGE

Une seule conduite sort de la cuve et commence au fond de la réserve d'incendie. Arrivant dans la chambre de manœuvre, cette conduite est équipée un siphon muni d'un évent et de trois robinets vanne.

Le premier est placé avant le siphon, le deuxième à sa sortie, et le troisième sur le tronc du conducteur, entre les deux extrémités du siphon. Lorsque le niveau d'eau dans le réservoir atteint le niveau de la consignation d'incendie, le système s'effondre grâce à l'événement lui-même, laissant la première et la deuxième vanne ouverte. Le premier et le troisième pilote sont chargés de préserver la réserve de feu.

Tous ces dispositifs doivent normalement être situés dans une salle manuelle. La traversée des rivières des différents canaux peut être efficace, que ce soit par Alliance composée d'un corps en forme de plusieurs anneaux extérieurs et de deux brides réunies, soit au moyen de manchons, soit au moyen de brides jumelles [73]

III.8. Les critères de choix de type des réservoirs :

Les réservoirs de stockage peuvent être choisis selon différents critères :

Selon type d'eau stocké (eaux usées, pluviales, potables).

Selon le volume (grand réservoir, moyen réservoir, petit réservoir).

Selon les matériaux qui les constituent (acier, béton, maçonnerie).

Selon leur implantation (enterrée, semi-enterrée, surélevée).

Selon leurs formes (cylindrique, sphérique, semi-sphérique, rectangulaire, circulaire).

Selon leurs positions (verticale, horizontale).

Selon la durabilité.

Selon le mode de fermeture (non couvert, couvert).

Selon la nature du produit à stocker (huile, eau, hydrocarbures). [75]

III.9. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons indiqué les différents types des réservoirs utilisés pour le stockage des eaux.

En mettant en lumière leurs domaines d'application. Le rôle fondamental du réservoir dans la gestion de la ressource, notamment en matière de régulation des volumes, de sécurisation de l'irrigation et d'adaptation aux variations saisonnières.

Enfin, les principaux équipements associés aux réservoirs- tels que :

- La conduite d'arrivée ou d'alimentation.
- La conduite de départ ou de distribution.
- La conduite de trop-plein.
- La conduite de vidange.
- La conduite de dérivation.
- Du système de matérialisation d'incendie.

Chapitre IV

Présentation de la zone d'étude Ain

Témouchent

CHAPITRE IV : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE AIN TEMOUCHENT

IV.1. Introduction

Dans la wilaya d'AIN TEMOUCHENT il existe 04 stations d'épuration urbaines. Parmi ces dernières, la station de la commune d'AIN TEMOUCHENT qui a été dimensionnée pour épurer les eaux usées d'origines domestique de la ville d'AIN TEMOUCHENT, Chabat, Sidi Ben Adda.

La première étape préalable à l'étude d'une station d'épuration consiste en une reconnaissance détaillée des caractéristiques de la zone concernée. Cette analyse principalement sur les aspects géologiques, hydrologiques, démographiques, climatiques et hydrauliques, qui sont présentés dans ce chapitre. [76]

IV.2. Présentation de la wilaya de Ain Témouchent

IV.2.1. Situation géographique de la wilaya d'Ain Témouchent

Ain Témouchent, est une wilaya du nord-ouest de l'Algérie, Située à 520 km de la capitale Alger avec une superficie de 2.376,89 Km², elle compte à fin 2019 une population de 432.353 habitants avec une densité de 182habits/Km².

Sa position géostratégique lui permet de jouer un rôle très important dans l'économie du pays en matière d'investissement de tourisme et de commerce. La wilaya d'Ain Témouchent est délimitée territorialement selon la Loi N° 84/09 du 04 Février 1984 portant Organisation.

Territoriale des Wilaya comme suit :

Au Nord par la mer Méditerranée.

A l'Ouest par la wilaya de Tlemcen.

A l'Est par la wilaya d'Oran.

Au sud de la wilaya de Sidi Bel Abbès. [77]

La figure suivante (figure 36) représente les limites géographiques de la wilaya.

CHAPITRE IV : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE AIN TEMOUCHENT



Figure 36 : Les limites géographiques de la wilaya de Ain Témouchent. [78]

IV.2.1.1.1Relief

Le relief de la Wilaya d'Ain Témouchent se compose de 03 unités morphologiques définies dans le cadre du plan d'aménagement de la Wilaya à savoir :

La plaine intérieure regroupe :

La plaine d'Ain Témouchent, El Amria Constituée de plaines et coteaux, d'une altitude moyenne de 300 m.

La plaine de Melta : Qui se situe entre la Sebkhia d'Oran et le versant septentrional de TESSALA, d'une altitude moyenne variant entre 50 et 100 m.

➤ La bande littorale: Qui fait partie de la chaîne tellienne, elle est composée:

Du Massif COTIER de Beni Saf dont l'altitude moyenne est de 200 m Le point culminant atteint 409 m à Djebel Skhouna.

Du plateau Ouled Boujedmaa d'une altitude moyenne de 350 m légèrement Incliné vers la Sebkhia. De la Baie de Bouzedjar.

➤ Zone montagneuse: Dont l'altitude moyenne varie entre 400 et 500 m, elle regroupe les Traras orientaux qui se caractérisent par un relief très abrupt les hautes collines des Berkeches qui se

CHAPITRE IV : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE AIN TEMOUCHENT

prolongent jusqu'aux monts de Sebaa Chouioukh constituant une barrière entre les plaines intérieures et le bassin de Tlemcen.

Les monts de Tessala d'une altitude moyenne de 600 m, où le point culminant atteint 923 m à Djebel Bouhaneche. [77]

IV.2.2. Situation climatique

La Wilaya d'Ain Témouchent se caractérise par un climat méditerranéen, un été chaud et un hiver tempéré. 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 répartition moyenne des précipitations se présente comme suit :

Le long du littoral une moyenne de 300 mm/an.

- Les plaines sublittorales : 400 à 500 mm/an.

Les hauteurs de Tessala : Plus de 500 mm/an.

La faiblesse et l'irrégularité des précipitations influent directement sur le milieu physique et l'activité économique basée essentiellement sur l'agriculture. [79]

IV.2.3. Situation hydrique et agricole de la wilaya de Ain Témouchent

IV.2.3.1. Situation hydrique

a) Les ressources superficielles

Les ressources superficielles se présentent en 11 ouvrages qui se divisent entre 8 petits barrages et 3 retenues collinaires.

Le tableau suivant (tableau11) représente les ressources superficielles de la wilaya.

CHAPITRE IV : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE AIN TEMOUCHENT

Tableau 10:Les ressources superficielles de la wilaya[80]

Barrages/retenue collinaire	Communes	Daira
O/Sidi Ameur	OuledKihal	El Malah
O/Bouguedra	El Malah	El Malah
O/Ain Guemmal	Aghlal	Ain Kihal
O/Michemiche	Aghlal	Ain Kihal
O/Sidi Haddouche	Ain Kihal	Ain Kihal
O/Bendjelloul	Oulhaça	Oulhaça
O/Sekkane	Ain Tolba	Ain Kihal
O/Mekhaissia	Sidi Ben Adda	Ain Temouchent
O/Ouled Azzouz	Sidi Ouriache	Oulhaça
O/Kolla	Hssasna	Hammam Bouhdjar
O/Chaabet El Hamra	Aghlal	Ain Kihal

b) Les ressources souterraines

Dans la wilaya d'Ain Témouchent et d'après l'année 2023, les ressources souterraines se présentent en 582 forages, 882 puits et 30 sources. [81]

Le tableau suivant (tableau12) représente les ressources souterraines de la wilaya.

Tableau 11:Les ressources souterraines de la wilaya de Ain Témouchent..[81]

TYPE DE SOURCES	NBRE	Q(L/S) SOUTIRES
PUITS	882	1025
FORAGE	582	1135

CHAPITRE IV : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE AIN TEMOUCHENT

SOURCES	30	12
OUEDS (NB. Prise)	357	

C) Les eaux non conventionnelles

Pour les eaux non conventionnelles de la wilaya :

Six (06) lagunes Emir AEK, Ain Larbaa, Sidi Safi, El Amria, Hassi El Ghella et El Maleh avec une capacité totale de 9 215 m³/j.

Trois (03) stations d'épuration d'Ain Temouchent, Ain Tolba et Bouzedjar avec une capacité de 11 354 m³/j.

Station de dessalement de Chatt el Hillal avec une capacité de 65 217 m³/j. (DRE 2023).

IV.2.3.2. Situation agricole

Ain Témouchent est connue pour être une wilaya à vocation agricole. Elle dispose d'une superficie agricole utile (S.A.U) de 180. 994 ha couvrant plus de 89% de la superficie totale qui représente 203.584 ha.

Néanmoins, la superficie en irrigué demeure négligeable avec un taux de 6% de la S.A.U, soit 10.791 ha. [81]

La figure suivante (figure 37) représente la répartition des terres dans la wilaya de Ain Témouchent.

CHAPITRE IV : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE AIN TEMOUCHENT

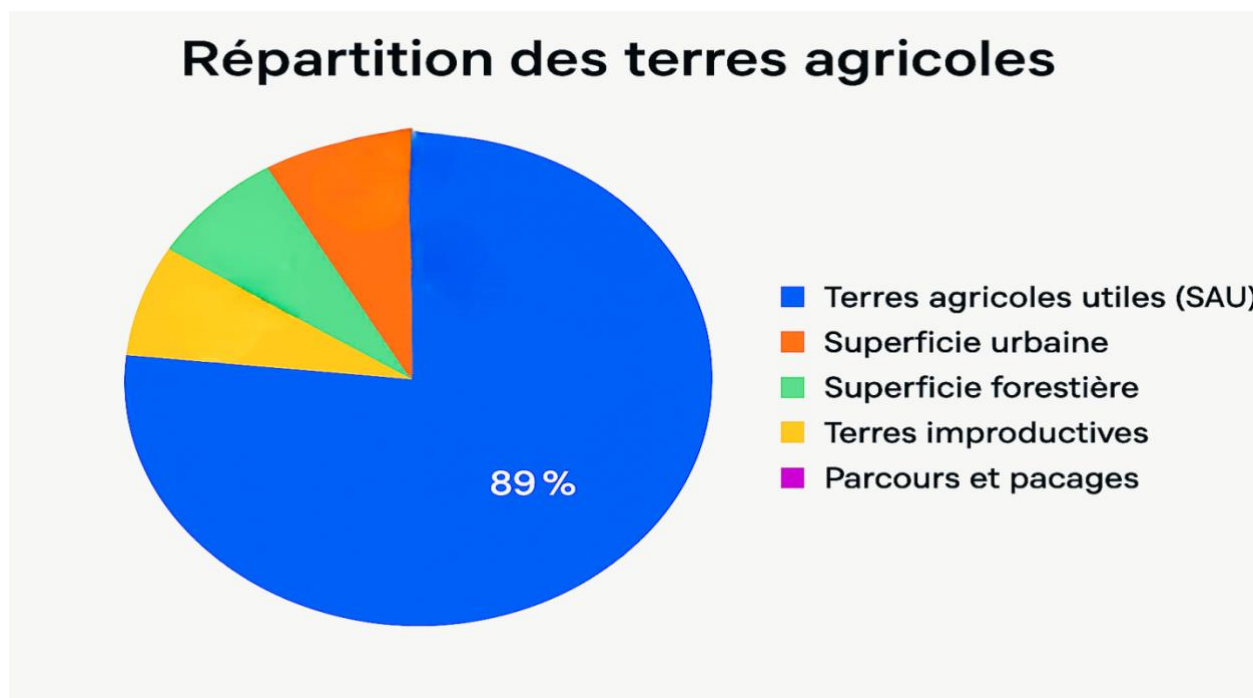


Figure 37 : La répartition des terres dans la wilaya de Ain Témouchent [81]

a) Les cultures et les terres irriguées

L'agriculture constitue un secteur très important, après la vocation agricole de cette wilaya. Selon la stratégie de politique nationale mise en place par la wilaya, l'objectif est de promouvoir la culture, notamment celle des céréales et des légumes, afin de soutenir la stratégie de sécurité alimentaire du pays. [82]

Le tableau suivant (tableau13) représente les principales cultures irriguées ainsi que le type d'ouvrage.

Tableau 12: les principales cultures irriguées et le type d'ouvrage. [81]

Culture	Agrumes	Arboriculture	Maraichage	Fourrage	Céréales	Viticulture	Culture ind	Total	
Puits		162	868	3395	25	397	160	0	5007
Forage		313	1374	4544	353	2943	1142	0	10669

CHAPITRE IV : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE AIN TEMOUCHENT

	Ret.coll.	8	12	0	0	149	0	0	169
	Prise sur oued	374	225	1006	0	198	4	0	1807
	Sources	24	100	61	0	12	30	0	227
	P.barrage	5	13	119	3	5	0	0	145
	Step	0	0	0	0	0	0	0	0
	Aspersion	0	0	3516	381	3704	0	0	7601
	G.a.g	678	1132	5414	0	0	999	0	8223
	Gravitaire	208	1460	195	0	0	337	0	2200
	Total	886	2592	9125	381	3704	1336	0	18024

IV.2.4. Les stations d'épurations à wilaya de Ain Témouchent

Dans la wilaya de Ain Témouchent, il y'a 9 stations d'épurations au niveau des communes suivantes : Ain Temouchent, Ain Tolba, Ain El Arbaa, Amir Abdelkader, El Maleh, El Amria Bouzedjar, Hassi El Ghella, Sidi Safi, représentent dans la figure suivante (figure38)

CHAPITRE IV : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE AIN TEMOUCHENT



Figure 38 : La répartition des stations d'épurations de la wilaya [79]

Le tableau suivant (tableau14) représente les informations sur les stations d'épurations de la wilaya.

Tableau 13: Les informations sur les stations d'épurations de la wilaya [76].

STATIONS	Date mise en service	Procédé d'épuration	Capacité	Débit nominal	Périmètre d'irrigation	Lieu de rejet
Ain Témouchent	Janvier 2014	Boue activée	72800 (horizon 2015) et 90000 (horizon 2030)	10920(horizon 2015) et 13500 (horizon 2030)	500 Ha	Oued Sennane
Emir AEK	Mai 2008	Lagunage naturel	4000	480	16 Ha	Chaaba vers Oued Tefna

CHAPITRE IV : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE AIN TEMOUCHENT

Ain Arbaa	EL	Octobre 2008	Lagunage naturel	14500	1740	78 Ha	Sebkha
Hassi Ghella	EL	Octobre 2008	Lagunage naturel	18500	2220	120 Ha	Chaaba vers oued el malah
El Amria		Octobre 2008	Lagunage naturel	33000	3960	150 Ha	Sebkha
Sidi Safi		Octobre 2008	Lagunage naturel	10000	1200	60 HA	Oued El kram
El Malah		Octobre 2008	Lagunage naturel	22000	2640	125 Ha	Oued EL Malah
Ain Tolba		21 Mai 2012	Oxydation alternée	16000	1920		Oued Mekhaissia
Bouzedjar		Aout 2013	Boue activée	19000 (horizon 2020)et 22000(horizon 2035)	2280 (horizon 2020) et 2640 (horizon 2035)	200 Ha	Chaaba vers la mer méditerranéenne

IV.3. Station d'épuration de la ville Ain Témouchent

Afin de comprendre le fonctionnement de la STEP de Ain Témouchent, nous avons effectués une investigation au niveau de la station d'épuration qui constituée notre zone d'étude et illustre le même principe de procédé que les autres stations d'épurations de la Wilaya.

CHAPITRE IV : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE AIN TEMOUCHENT

La figure suivante (figure39) représente dénomination de la station d'épuration de la ville Ain Témouchent.

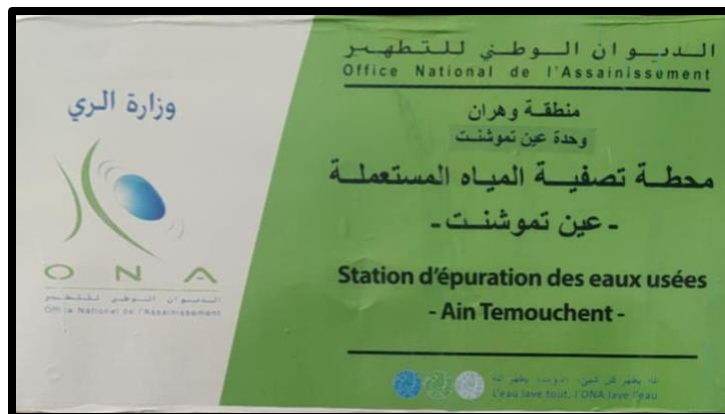


Figure 39 : Dénomination de la Station d'épuration de la ville Ain Témouchent.

IV.3.1. Localisation de la STEP

La station d'épuration STEP d'Ain Témouchent se trouve au nord de la ville, près de la route nationale RN01 en direction de Terga, et est limitée à l'est par le poste de police de l'Office national de l'assainissement.

Cette station est chargée de traiter les eaux usées de la ville d'Ain Témouchent et Chabat, Sidi ben Adda. Le système d'assainissement est de type unitaire et sa capacité est conçue pour traiter un débit de 10 920 m³/j, ce qui correspond à 72 800 habitants desservis d'ici 2015, avec une possibilité d'extension pour atteindre 90 000 habitants desservis d'ici 2030. [76]

La figure suivante (figure 40) représente localisation de la station d'épuration.

CHAPITRE IV : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE AIN TEMOUCHENT



Figure 40 : Localisation de la station d'épuration de la ville Ain Témouchent [79]

IV.3.2. La fiche technique de la station d'épuration de la ville Ain Témouchent

Le tableau suivant (tableau15) représente la fiche technique de la station d'épuration de la ville de Ain témouchent.

Tableau 14:La fiche technique de la station d'épuration de la ville de Ain Témouchent.[76]

Procédé d'épuration	Boues activées	
Capacité Eq/hab	72800(2015)	90000(2030)
Débit nominal m ³ /j	10920.	13500
Lieu de rejet	Oued Senane	
Impact	-Protection de milieu naturel récepteur. -Protection littoral. -Protection des eaux souterraines. -Réutilisations des eaux usées épurées dans l'irrigation agricole.	

CHAPITRE IV : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE AIN TEMOUCHENT

Périmètre d'irrigation	500ha
Caractéristiques physico-chimiques des eaux épurées, moyenne 2017	MES : 12(mg/l) DBO5 : 06(mg/l) DCO : 34(mg/l)
Recommandations pour l'irrigation	Peut être utilisé dans l'irrigation agricole sélective et contrôlée.
Volume totale épurées 2017	3.5 millions de m ³
Quantité des boues produites	2000 m ³
Entreprise gestionnaire	Office National d'assainissement
Date de mise en service	Janvier 2014
Date du transfert vers l'ONA	Avril 2016

IV.3.3. Mode de fonctionnement de la STEP

Notre recherche investigation s'est axée sur le mode de fonctionnement de la STEP afin de comprendre les différents procédés que subissent les eaux usées non traités.

La STEP d'Ain Témouchent est équipée par deux filières à savoir :

La filière destinée à la production des eaux usées traitées.

La filière destinée à la production des boues actives.

IV.3.4. Filière de traitement des eaux usées

•Déversoir d'orage

Le déversoir d'orage installé à l'amont de la STEP a une longueur de 6 mètres. De ce déversoir les eaux usées diluées seront transportées gravitairement vers la STEP (puits de réception) par une conduite de diamètre 800 mm en béton et sur une longueur de 250 mètres. [83]

La figure suivante (figure 41) représente le déversoir d'orage

CHAPITRE IV : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE AIN TEMOUCHENT



Figure 41 : Le déversoir d'orage [83]

IV.3.4.1.les étapes de traitement des eaux usées du la step

a) Le prétraitement

a).1. **Dégrillage** : La STEP de Ain Témouchent est composée en deux grilles sont :

a) .1.1. **Grille mécanisée grossière** : La grille mécanique grossière motorisée pour le prétraitement est du type vertical, elle est réalisée en AISI 304 et fonctionne automatiquement suivant l'augmentation de niveau amont (largeur 1000mm, espacement des barreaux 35 mm, épaisseur des barreaux 15 min). [84]

La figure suivante (figure 42) représente la grille mécanisée grossière

CHAPITRE IV : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE AIN TEMOUCHENT



Figure 42 : Grille mécanisée grossière [83]

- a) **.1.2. Grilles fines motorisées** : Les deux grilles fines sub-verticales sont installées, dont l'inclinaison est de 85° , 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 m. [83]

La figure suivante (figure 43) représente les grilles fines motorisées



Figure 43 : Grilles fines motorisées [83]

CHAPITRE IV : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE AIN TEMOUCHENT

a) .2. 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 [85]

Le figure suivante (figure 44) représente le dessablage-déshuilage



Figure 44 : Le dessablage-déshuilage [83]

Les deux dessableurs déshuileurs installés sont aptes à satisfaire le rejet jusqu'au 2030 avec un volume de 120 m³ chacun, une largeur de 5.7 m, une hauteur de 5 m, une superficie utile de 10 m² 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 m³ (2x2x5 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. [83]

CHAPITRE IV : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE AIN TEMOUCHENT

b) Traitement secondaire « biologique »

La dénitrification biologique peut être définie comme un processus, les micro-organismes réduisent les ions nitrate et azote (N₂).

Ce phénomène existe dans le processus principal d'élimination de la DBO₅, en Station d'épuration biologique à boues activées. Dans la STEP de 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 (N₂) [83]

Le figure suivante (figure 45) représente le bassin biologique



Figure 45 : Le bassin biologique.

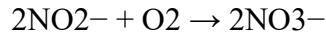
Au cours de cette section les eaux usées sont soumises à une forte agitation à l'aide d'une série de mélangeurs agissant en contrecourant. Ce type d'appareil dérive par sa conception des pompes submersibles, il présente des caractéristiques de mélange optimal.

CHAPITRE IV : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE AIN TEMOUCHENT

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 μ .

Pour chaque bassin il existe un compresseur d'alimentation d'air à vitesse fixe (débit d'air 4700 m³/h), et un deuxième à débit d'air variable de 2350 à 4500 m³/h équipé d'un convertisseur de fréquence asservi à l'instrument de la mesure de l'oxygène dissous.

La nitrification



La dénitrification



C) Traitement tertiaire

C). 1. Le Clarificateur (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 raclées 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 clarificateurs.

CHAPITRE IV : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE AIN TEMOUCHENT

Le clarificateur est un bassin circulaire, équipé d'un point racleur du fond, le but de ce phénomène est de séparer l'eau épurée et les boues par décantation. [83]

La figure suivante (figure 46) représente le clarificateur



Figure 46 : Le clarificateur

C).2. Clarification

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. [86]

C). 3. Dé Phosphatation

La dé phosphatation ou l'élimination du phosphore peut être exécutée par des aspects physico-chimiques ou bien biologiques.

La dé phosphatation biologique se base sur l'agglomération du phosphore dans les cultures bactériennes des boues. Les métabolismes de la dé phosphatation biologique sont particulièrement compliqués, et leur rendement vari (en fonction principalement de la pollution carbonée et des nitrates comprises dans les effluents usagées). Dans les grandes installations d'épuration, ce système est généralement associé à une dé phosphatation physico- chimique, pour atteindre le seuil

CHAPITRE IV : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE AIN TEMOUCHENT

de rejets requis. La précipitation chimique du phosphore peut s'effectuer à plusieurs étapes dans la filière de traitement soit :

1. Au niveau de la décantation primaire :
2. Dans le bassin de boues activées, le précipité décantant alors dans le clarificateur :
3. Sur l'eau épurée biologiquement avec un ouvrage spécifique de décantation. [87]

C). 4.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 (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'au 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 60jours. [86]

La figure suivante (figure 47) représente le bassin désinfection



Figure 47 : Le bassin de désinfection [83]

L'extension de la STEP de Ain Témouchent

CHAPITRE IV : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE AIN TEMOUCHENT

L'extension de la station d'épuration des eaux usées « Ain Témouchent » consiste à ajouter plusieurs ouvrages représentés dans le tableau suivant :

Le tableau suivant (tableau 16) représente les ouvrages de l'extention.

Tableau 15:Les ouvrages de l'extention.[76]

Noms des ouvrages	Nombres
Bassin d'anoxie	01
Bassin biologique	01
Clarificateur	01
Clarifloculateur	01
Épaisseur	01
Lits de séchage	01

IV.3.4.2. Filière des boues

A. Recyclage et évacuation des boues en excès

On soustrait les boues activées du fond de clarifloculateur et on les renvoie en tête de traitement Biologique, afin de régénérer celui-ci et d'y maintenir une concentration sensiblement constante en micro-organismes épurateurs. L'opération de recyclage est assurée pour chaque ligne par une pompe submergée et une deuxième pompe de réserve, placées dans un puits, les caractéristiques de ces pompes sont les suivantes débit unitaire 466 m³/h, hauteur manométrique 6,5 m. Dans chaque ligne de recyclage est placé un débitmètre à induction électromagnétique accouplé à une vanne motorisée pour permettre la possibilité d'adapter le débit de recyclage en fonction de celui à l'entrée de la STEP. [79]

CHAPITRE IV : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE AIN TEMOUCHENT

B. Epaissement des boues biologiques et chimiques

Les boues en excès sont dirigées vers un épaisseur circulaire dont le diamètre est de 16 m, et la hauteur utile totale est de 4,5 mètres. On applique la mécanisation dans la cuve à radier à faible pente, c'est-à-dire un système de raclage et d'agitation lente dont le rôle est double : Faciliter le glissement des boues vers la fosse centrale d'où elles sont extraites. Permettre le dégagement de l'eau interstitielle et des gaz occlus dans les boues. [79]

C. Déshydratation des boues

La déshydratation constitue la deuxième étape de réduction de volume des boues au cours de laquelle on réalise sur les boues concentrées, stabilisées ou non une élimination plus au moins poussée de leur humidité résiduelle. Au niveau de notre STEP on traite la déshydrations des boues par lits de séchage et par bande presseuse. [79]

a) .1. Lits de séchage

La station comporte 6 lits de séchage, dont les dimensions de chaque lit sont les suivantes : une longueur de 20 mètres, et une largeur de 5 mètres. La surface de séchage est dimensionnée pour une capacité de production de 0,2 à 0,6 Kg MS/m² jour, la durée de séchage est d'environ 4 à 6 semaines, mais elle peut atteindre 3 à 4 mois dans des conditions météorologiques défavorables. [79]

La figure suivante (figure 48) représente le lit de séchage



CHAPITRE IV : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE AIN TEMOUCHENT

Figure 48 : Le lits de séchage [83]

a) .1.2Bande presseur

La déshydratation des boues est conduite sur filtres à bandes presseuses classiques. Il existe deux bandes presseuses dans un local de déshydratation approprié, chaque bande a une largeur de toiles de 2500 mm, et une capacité de séchage des boues de 240 Kgm ST/h mètre de largeur, pendant une période de fonctionnement de 8 heures par jours, en travaillant 5 jours par semaine. [79]

La figure suivante (figure 49) représente la bande de presseur



Figure 49: Bande de presseur [79]

IV.3.5. Les analyses physique-chimique au niveau de laboratoire

Des analyses journalières 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 m³/jr [76]

Les tableaux suivants représentent les analyses au niveau de laboratoire.

IV.3.5.1. Les valeurs Nominales

Le tableau suivant (tableau17) représente les valeurs nominales des eaux.

CHAPITRE IV : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE AIN TEMOUCHENT

Tableau 16: Les valeurs nominales des eaux. [76]

Paramètres de pollutions	Eau brute en (mg/l)	Eau épurées en (mg/l)
MES	400.00	30.00
DBO5	333.00	30.00
DCO	600.00	90.00
NTK	80.00	10.00
P	40.00	2.00

IV.3.5.2. Les analyses de filière eau

Le tableau suivant (tableau 18) représente les analyses au filière eau.

Tableau 17: Les analyses au filière eau. [76]

	Eau brute	Eau traitée	Réacteur 1	Réacteur 2	Rendement
T ° C (air)	11	-	-	-	-
T ° C (eau)	15	10	16	16	-
PH	8.30	8.10	7.94	7.93	-
Cd (µs/cm)	1432	1668	1630	1602	-
Turd(FTU)	738	04	-	-	-
MES(mg/l)	920	16	-	-	-
DCO(mg/l)	478	45	-	-	90.58
DBO5(mg/l)	230	15	-	-	93.47

CHAPITRE IV : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE AIN TEMOUCHENT

NH4+(mg/l)	76.75	27	-	-	63.70
V30(l/m ³)	-	-	570	770	-
V30 ½(l/m ³)	-	-	250	290	-
V30 ¼(l/m ³)	-	-	-	-	-
MLSS(mg/l)	-	-	7000	7500	-
MLSSV(ml/l)	-	-	5000	5100	-
MV(%)	-	-	71.42	68	-
IM(ml/g)	-	-	81.42	102.66	-
IVB ½(ml/l)	-	-	71.42	77.33	-
O2(mg/l)	1.47	9.57	1.65	1.77	-

IV.3.5.3. Réacteur biologique

Le tableau suivant (tableau 19) représente le réacteur biologique.

Tableau 18:Le réacteur biologique.[76]

	T °C	PH	RH mV	COND µs/cm	MLSS mg/l	MLVSS mg/l	MV %	O2 dissout mg/l		V 30 ml/l	IM ml/g	IVB ml/g
								N°01	N°02			

CHAPITRE IV : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE AIN TEMOUCHENT

R1	18	8.03	-	1731	-	-	-	1.96		-	-	-
R2	18	7.93	-	1788	-	-	-	1.32		-	-	-

IV.3.5.4. Les analyses de la filière boues

Le tableau suivant (tableau20) représente les analyses de filière boues.

Tableau 19:Les analyses de filière boues.[76]

EPAISSISSEUR				FILTRE A BANDE	
Boues d'entrées		Boue sortie		Boue sortie	
MS%	MVS%	MS%	MVS%	MS%	MVS%
-	-	-	-	-	-

Observation : On remarque la présence du symbole (-) dans certaines cases, ce qui indique que les valeurs ne sont pas disponibles.

IV.4. Conclusion

La station d'épuration d'Ain Témouchent a été conçue pour une capacité de 90 000 équivalents habitants à l'horizon 2030. Elle traite principalement des effluents urbains et s'étend sur une superficie d'environ 6 hectares. [76]

Le procédé de traitement repose sur un système biologique à boues activées à faible charge, permettant l'élimination des matières carbonées par aération ainsi que des matières azotées via un processus de nitrification-dénitrification. Quant aux boues, elles sont déshydratées mécaniquement, avec un séchage sur lits prévu pour une durée de trois jours. [76]

Bien que la région dispose d'un fort potentiel de développement, elle demeure limitée en termes de ressources naturelles, notamment en ce qui concerne la ressource en eau, qui constitue un élément essentiel pour assurer la durabilité environnementale et la gestion efficace des ressources hydriques.

CHAPITRE IV : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE AIN TEMOUCHENT

Ainsi, nous avons envisagé la mise en place d'un réservoir destiné à la récupération des eaux usées traitées, en vue de leur réutilisation pour l'irrigation agricole comme solution alternative permettant de préserver les ressources en eau.

**Chapitre V : Méthodologie de
conception et dimensionnement d'un
ouvrage de stockage**

CHAPITRE V : METHODOLOGIE DE CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN OUVRAGE DE STOCKAGE

V.1.Introduction

Ce projet consiste à récupérer et stocker les eaux usées épurées de la station d'épuration de Ain Témouchent afin d'irriguer une superficie agricole de 162 ha.

L'objectif est de concevoir un réservoir capable de stocker et de répondre aux besoins des cultures pendant la période d'irrigation.

V.2. Les données de base

V.2.1. Les données climatiques

Nous avons utilisé le logiciel CROPWAT, la méthode de Penman Monteith 1975.

Méthode de Penman- Monteith (1975) : Dans la région où l'on dispose de mesures de la température, de l'humidité, du vent et des heures d'insolation effective ou du rayonnement, on préconise d'utiliser la formule de Penman modifiée car c'est celle qui donne les résultats les plus satisfaisants pour estimer l'effet du climat sur les besoins en eau des cultures.

La formule de Penman– Monteith est une combinaison du bilan énergétique et de la méthode de transfert de masse. Parmi les différentes méthodes de calcul des ETP, elle est recommandée par la FAO.

La figure suivante (figure 50) représente l'évapotranspiration de référence.

CHAPITRE V : METHODOLOGIE DE CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN OUVRAGE DE STOCKAGE

ETo Penman-Monteith par mois - C:\Program Files (x86)\CLIMWAT 2.0 for CROPWAT V2.0\OR...

Pays Location 12 Station Ain temouchent

Altitude 250 m. Latitude 35.29 °N Longitude -1.14 °O

Mois	Temp Min	Temp Max	Humidité	Vent	Insolation	Ray.	ETo
	°C	°C	%	km/jour	heures	MJ/m ² /jour	mm/jour
Janvier	8.0	16.0	75	360	5.0	9.1	1.88
Février	8.0	17.0	73	384	6.0	12.2	2.38
Mars	10.0	19.0	70	360	7.0	16.1	3.14
Avril	12.0	21.0	68	336	8.0	20.0	3.93
Mai	15.0	24.0	65	312	9.0	23.0	4.84
Juin	18.0	28.0	63	288	10.0	24.9	5.73
Juillet	20.0	31.0	60	288	11.0	26.0	6.50
Août	21.0	32.0	62	288	10.5	24.0	6.26
Septembre	19.0	29.0	65	288	8.5	18.9	4.91
Octobre	16.0	25.0	70	312	7.5	14.6	3.57
Novembre	12.0	20.0	72	336	6.5	10.9	2.50
Décembre	9.0	17.0	74	360	5.5	8.9	1.96
Moyenne	14.0	23.3	68	326	7.9	17.4	3.97

Figure 50 :ET0 mensuel de Ain Témouchent.

La figure suivante (figure 51) représente les précipitations dans la wilaya d'Ain Témouchent

Précipitations par mois - C:\Program Files (x86)\CLIMWAT 2.0 for CROPWAT V2.0\O...

Station Ain temouchent Méthode Précipitations eff. **Méthode USDA S.C.**

	Pluie	Pluie eff.
	mm	mm
Janvier	47.0	43.5
Février	46.0	42.6
Mars	43.0	40.0
Avril	43.0	40.0
Mai	29.0	27.7
Juin	8.0	7.9
Juillet	2.0	2.0
Août	2.0	2.0
Septembre	12.0	11.8
Octobre	31.0	29.5
Novembre	45.0	41.8
Décembre	62.0	55.8
Total	370.0	344.5

Figure 51 : Pluie efficace de Ain Témouchent.

CHAPITRE V : METHODOLOGIE DE CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN OUVRAGE DE STOCKAGE

IV.2.2. Données agricoles

IV.2.2.1. Présentation du périmètre d'irrigation

Le périmètre concerné par l'irrigation situé entre la position géographique de la station et le déversoir des eaux épurées (Oued Senane). Ce périmètre est dominé principalement par les céréales et l'arboriculture.

Le totale des parcelles est de 162 ha.

La carte suivante (figure 52) représente les parcelles entourant la STEP :

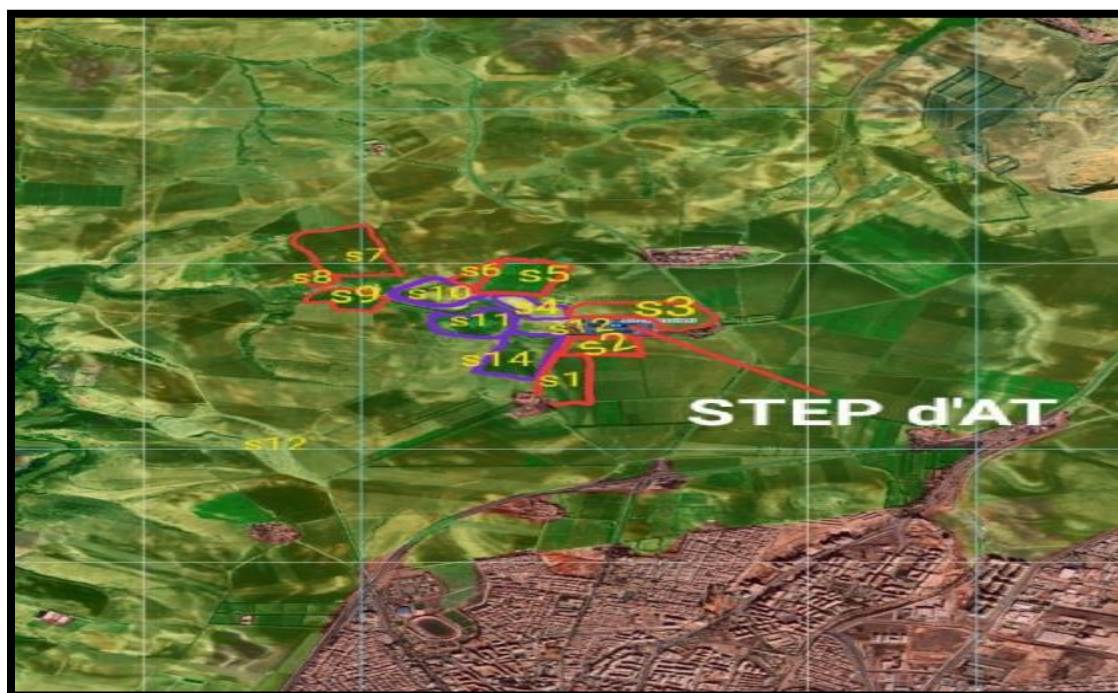


Figure 52 : La carte des parcelles entourant de la STEP

Le tableau suivant (tableau21) représente les surfaces des terres agricoles.

CHAPITRE V : METHODOLOGIE DE CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN OUVRAGE DE STOCKAGE

Tableau 20:les surfaces des terres agricoles

SURFACES	HA
S1	8
S2	6.5
S3	11
S4	7
S5	10
S6	5
S7	19
S8	4.5
S9	10
S10	13
S11	17
S14	25

Le tableau suivant (tableau 22) représente la superficie irriguée.

Tableau 21:superficie irriguée en ha

SUPERFICIE IRRIGUÉE EN ha								
COMMUNE	Puits	Forages	Ret.Coll	Prises Oueds	Sources	P. Barrages	Step	TOTALE
AIN TEMOUCHENT	834	729	0	0	0	0	0	1563

Le tableau suivant (tableau23) représente les types des cultures et leurs besoins en eau.

CHAPITRE V : METHODOLOGIE DE CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN OUVRAGE DE STOCKAGE

Tableau 22: type des cultures et les besoins en eau.[81]

TYPE DES CULTURES	BESOINS EN EAU	MODE D'IRRIGATION
Carotte	5000 m ³ /ha	Aspersion
Blé	350 - 600 mm	Aspersion
Olivier	6000- 8500 m ³ /ha	Goutte à goutte

IV.2.3. Données de la STEP

1. Le débit moyen journalier: 10920 m³/j.
2. Variabilité saisonnière du débit traité:
 - Automne: 11804 m³/j. (Octobre)
 - Hiver: 1647 m³/j. (Janvier)
 - Printemps: 12046 m³/j. (Avril)
 - Été: 14815 m³/j. (Juillet)

3. Mode de fonctionnement de la step:

La station d'épuration est entièrement automatisée de façon à fonctionner 24/24 et 7jours/7 jours.

IV.3. Calcul des besoins en eau

Nous avons utilisé le logiciel Cropwat pour calculer les besoins en eau des cultures. Ce programme nous a permis d'obtenir des résultats précis pour une meilleure gestion de l'irrigation.

Les figures suivantes (figure 53, 54,55) représentent les besoins en eau des cultures (olive, carotte, blé).

CHAPITRE V : METHODOLOGIE DE CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN OUVRAGE DE STOCKAGE

IV.3.1. Olive

Besoins en eau des cultures

Station ETo : Aïn temouchent Culture : Olive

Station Pluie : Aïn temouchent Date de plantation : 01/03

Mois	Décade	Phase	Kc	ETc	ETc	Pluie eff.	Bes. Irr.
			coeff	mm/jour	mm/dec		
Mar	1	Init	0.30	0.87	8.7	13.6	0.0
Mar	2	Init	0.30	0.94	9.4	13.2	0.0
Mar	3	Crois	0.30	1.02	11.2	13.3	0.0
Avr	1	Crois	0.35	1.26	12.6	13.7	0.0
Avr	2	Crois	0.41	1.63	16.3	13.9	2.4
Avr	3	Crois	0.48	2.05	20.5	12.3	8.2
Mai	1	Crois	0.55	2.51	25.1	10.8	14.3
Mai	2	Crois	0.62	3.02	30.2	9.5	20.6
Mai	3	Mi-sais	0.69	3.57	39.2	7.2	32.0
Jui	1	Mi-sais	0.72	3.90	39.0	4.4	34.5
Jui	2	Mi-sais	0.72	4.11	41.1	2.0	39.1
Jui	3	Mi-sais	0.72	4.29	42.9	1.6	41.4
Jui	1	Mi-sais	0.72	4.53	45.3	1.2	44.1
Jui	2	Mi-sais	0.72	4.73	47.3	0.4	46.9
Jui	3	Arr-sais	0.72	4.65	51.1	0.5	50.6
Aoû	1	Arr-sais	0.70	4.51	45.1	0.4	44.7
Aoû	2	Arr-sais	0.69	4.37	43.7	0.2	43.5
Aoû	3	Arr-sais	0.67	3.93	43.3	1.5	41.8
Sep	1	Arr-sais	0.65	3.49	34.9	2.6	32.3
Sep	2	Arr-sais	0.63	3.12	31.2	3.6	27.6
Sep	3	Arr-sais	0.62	2.77	16.6	3.4	13.8
					654.7	129.3	537.8

Figure 53 : Le kc et les besoins d'irrigation « olive ».

CHAPITRE V : METHODOLOGIE DE CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN OUVRAGE DE STOCKAGE

IV.3.2. Carotte

Besoins en eau des cultures

Station ETo : Ain temouchent Culture : Carrot

Station Pluie : Ain temouchent Date de plantation : 15/09

Mois	Décade	Phase	Kc	ETc	ETc	Pluie eff.	Bes. Irr.
			coeff	mm/jour	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Sep	2	Init	0.70	3.44	20.6	2.1	18.8
Sep	3	Init	0.70	3.12	31.2	5.7	25.6
Oct	1	Crois	0.72	2.90	29.0	8.0	21.0
Oct	2	Crois	0.82	2.92	29.2	10.0	19.2
Oct	3	Crois	0.93	2.97	32.7	11.3	21.4
Nov	1	Mi-sais	1.01	2.87	28.7	12.5	16.2
Nov	2	Mi-sais	1.01	2.52	25.2	13.9	11.4
Nov	3	Mi-sais	1.01	2.34	23.4	15.5	8.0
Déc	1	Mi-sais	1.01	2.16	21.6	17.9	3.8
Déc	2	Arr-sais	1.00	1.95	19.5	19.8	0.0
Déc	3	Arr-sais	0.95	1.83	20.2	18.0	2.1
Jan	1	Arr-sais	0.92	1.75	3.5	3.1	3.5
					284.9	137.8	150.9

Figure 54 : Le kc et les besoins d'irrigation de « carotte ».

IV.3.3. Blé

Besoins en eau des cultures

Station ETo : Ain temouchent Culture : Spring Wheat

Station Pluie : Ain temouchent Date de plantation : 15/10

Mois	Décade	Phase	Kc	ETc	ETc	Pluie eff.	Bes. Irr.
			coeff	mm/jour	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Oct	2	Init	0.30	1.07	6.4	6.0	1.4
Oct	3	Init	0.30	0.96	10.6	11.3	0.0
Nov	1	Init	0.30	0.86	8.6	12.5	0.0
Nov	2	Crois	0.38	0.95	9.5	13.9	0.0
Nov	3	Crois	0.66	1.54	15.4	15.5	0.0
Déc	1	Crois	0.95	2.04	20.4	17.9	2.6
Déc	2	Mi-sais	1.16	2.28	22.8	19.8	3.0
Déc	3	Mi-sais	1.17	2.27	25.0	18.0	6.9
Jan	1	Mi-sais	1.17	2.24	22.4	15.5	6.9
Jan	2	Mi-sais	1.17	2.21	22.1	14.0	8.1
Jan	3	Arr-sais	1.05	2.16	23.7	14.1	9.7
Fév	1	Arr-sais	0.75	1.66	16.6	14.3	2.3
Fév	2	Arr-sais	0.46	1.09	10.9	14.3	0.0
Fév	3	Arr-sais	0.30	0.79	0.8	1.7	0.8
					215.3	188.8	41.6

Figure 55 : Le kc et les besoins d'irrigation de « blé ».

CHAPITRE V : METHODOLOGIE DE CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN OUVRAGE DE STOCKAGE

Elimination biologique améliorée du phosphore (EBPR)

Il existe une solution pour éliminer le taux de phosphore qui est l'élimination biologique peut être mise en œuvre directement dans le réservoir.

EBRP repose sur l'enrichissement des boues activées en micro-organismes capables d'accumuler de grandes quantités de phosphore (5 à 30 % de leur poids sec), contre seulement 1.5 à 2% dans les procédés conventionnels. Grace à l'extraction des boues, cette méthode permet d'atteindre une efficacité d'élimination de 80 à 90% bien supérieure aux 20-47% observés dans les systèmes classiques.

Les micro-organismes impliqués, appelés OAP (Organismes accumulateurs de phosphore) incluent des bactéries comme *Acinetobacter* et *Rhodocyclus*. Le procédé nécessite une zone anaérobie alimentée en matière organique biodégradable, fermentée en acides gras volatils (AGV) tels que l'acétate, qui stimulent l'absorption du phosphore par les OAP.

IV.4. Méthodologie de dimensionnement du réservoir

IV.4.1. Répartition des superficies cultivées

En absence de données précises sur la répartition de la superficie agricole totale (162 ha) entre différentes cultures, une hypothèse de répartition a été adapté en se basant sur les caractéristiques agricoles dominantes dans la région d'Ain Témouchent.

Ainsi la distribution suivante a été retenue :

Blé : 80 hectares.

Olivier : 40 hectares.

Carotte : 42 hectares.

Ce choix repose sur la réalité agricole locale. Le blé représente une culture majeure dans la région, occupant généralement les plus grandes superficies. L'olivier, culture pérenne et bien. Quant à la carotte, elle est souvent cultivée sur des surfaces moyennes à petites dans des zones bien irriguées.

CHAPITRE V : METHODOLOGIE DE CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN OUVRAGE DE STOCKAGE

Cette hypothèse de répartition permet de dimensionner les installations hydrauliques (réservoir, conduite) de manière réaliste et cohérente avec les pratiques agricoles régionales.

IV.4.2. Bilan hydrique mensuel et volume de stockage

Le tableau suivant (tableau24) représente le bilan hydrique mensuel.

Tableau 23:le bilan hydrique mensuel

Mois	Débit moyen mensuel sortant	Besoin en eau de chaque culture (m ³)			Volume mensuel des trois cultures (m ³)	Solde=débit – besoins
		Blé	Olive	Carotte		
Janvier	11450,04	19760	0	1470	21230	-9779.96
Février	11406,86	2480	0	0	2480	8926.86
Mars	12258,81	0	0	0	0	12258.81
Avril	14519,14	0	4240	0	4240	10279.14
Mai	12545,87	0	26760	0	26760	-14214.13
Juin	11886,04	0	46000	0	46000	-34113.96
Juillet	13383,48	0	56640	0	56640	-4325.52
Aout	12829,25	0	52000	0	52000	-39170.75
Septembre	13220,1	0	29480	186488	215968	-202747.9
Octobre	12535,19	1120	0	25872	26992	-14456.81
Novembre	11683,73	0	0	14952	14952	-3268.27
Décembre	9812,16	10000	0	10416	20416	-10603.84

Au moins de septembre, deux cultures principales (olivier et la carotte) sont en période d'irrigation. Compte tenu de la différence des coefficients culturaux (kc) et des superficies associées à chaque culture, les besoins en eau ont été évalués séparément, puis additionnés afin de déterminer le besoin en eau global du mois de septembre. Cette valeur est ensuite utilisée dans le bilan hydrique mensuel, essentiel pour le dimensionnement du volume du réservoir.

- **Volume de sécurité :** Pour imprévus, variations de débit, nettoyage : (5%).

CHAPITRE V : METHODOLOGIE DE CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN OUVRAGE DE STOCKAGE

- **Volume mort** : Partie non utilisable du réservoir : (5 %).
- **Perte par évaporation** : Les pertes par évaporation : (5%).
- **Volume de stockage** :

Volume de stockage=202747.9 m³.

Volume du réservoir totale = Volume de réservoir + Volume mort+ Volume de sécurité+ Volume des Pertes.

Volume totale=202747.9 *1,15=233162.38 m³

IV.5. Conception géométrique du réservoir

Nous privilégions un réservoir de forme rectangulaire à ciel ouvert.

Le réservoir à ciel ouvert est le type de stockage le plus couramment utilisé dans les systèmes d'irrigation, en raison de sa simplicité de construction et de son cout économique réduit comparé aux réservoirs fermés. Ce type de réservoir permet un stockage temporaire efficace des eaux, facilitant la gestion des volumes à court terme avant leur distribution sur les terres agricoles.

IV.5.1. L'emplacement du réservoir

On suppose que le réservoir se trouve à la sortie de la station d'épuration au même niveau de station « même altitude ».

On choisit un réservoir rectangulaire à ciel ouvert.

$$V=H *L *l.$$

Le profondeur 4 m.

$$L *l =V/H$$

$$L *l = 233162.38/4 = 58290.95$$

$$S= 58290.95 \text{ m}^2$$

$$L = 2 * l$$

$$2 l * l = 58290 .95\text{m}^2$$

$$l^2 = 29145.47$$

$$l= 170.72 \text{ m}$$

$$\text{Donc } L = 2 * l$$

$$L = 2*170.72$$

CHAPITRE V : METHODOLOGIE DE CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN OUVRAGE DE STOCKAGE

L= 341.44 m.

IV.5.2. Dimensionnement des équipements

IV.5.2.1. Calcul le diamètre de la conduite

On a:

$$Q_{\max} = 14519,14/259200.$$

$$Q_{\max} = 0,056 \text{ m}^3 / \text{s}.$$

$$d = \sqrt{\left(\frac{4Q}{\pi V}\right)}$$

On prend $v = 1 \text{ m/s}$.

$$d = 0.267 \text{ m} = 267 \text{ mm}$$

Nous avons choisi des conduites de type PVC.

Le choix s'est porté sur les conduites en PVC en raison de leurs nombreux avantages, notamment leur surface interne lisse réduisant les pertes de charge, leur résistance à la corrosion, ainsi que leur disponibilité sur le marché local. Ce type de tuyauterie est particulièrement adapté aux systèmes d'irrigation, assurant une durabilité et une efficacité hydraulique optimales.

Donc le diamètre économique qui existe dans le marché ; $d = 315 \text{ mm}$.

Ce choix est motivé par plusieurs considérations pratiques :

- Disponibilité commerciale.
- Marges de sécurité hydraulique.

CHAPITRE VI : RESULTATS ET DISCUSSION

CHAPITRE VI : RESULTATS ET DISCUSSION

VI.1. Volume totale du réservoir

$$V=233162.38 \text{ m}^3$$

VI.2. Conception géométrique du réservoir

Profondeur= 4 m.

$$L=341.44 \text{ m.}$$

$$l= 170.72 \text{ m}$$

$$S=58290.95 \text{ m}^2$$

VI.3. Dimensionnement des équipements

Diamètre= 315 mm.

VI.4. Qualité des eaux

Le tableau suivant (tableau25) représente une comparaison entre les normes algériennes et les normes de la Step.

Tableau 24: Comparaison entre les normes algériennes et les normes de la step.

	Normes Algériennes		Normes de la Step	
	eau brute	eau traité	eau brute	eau traité
MES (mg/l)	400	30	395	18
DBO5 (mg/l)	333	30	180	13
DCO (mg/l)	600	90	561	30
N (mg/l)	80	< 50	66,95	2,06
P (mg/l)	40	2	7,9	4,60
Oxygène dissous (mg/l)	/	>5	0,71	0,13

CHAPITRE VI : RESULTATS ET DISCUSSION

PH	/	6.5 _7.5	8,24	6,54
Température	/	< 30	16	11

D'après les résultats obtenus : Nous constatons un taux croissant de phosphore.

VI.5. Impact de phosphore sur les cultures

Le phosphore est un élément nutritif essentiel à la croissance des plantes. Lorsqu'il est présent dans les eaux usées épurées utilisées pour l'irrigation. Il peut jouer un rôle bénéfiques en agissant comme fertilisant naturel. Toutefois, son utilisation nécessite un suivi pour éviter les impacts négatifs sur l'environnement.

Les conséquences d'un excès de phosphore :

VI.5.1. Eutrophisation des eaux de surface

Lorsque le phosphore est associé à un excès de nitrates. Ce phénomène se manifeste par une croissance excessive d'algues, perturbant l'équilibre de l'écosystème aquatique.

VI.5.2. Pollution par le cadmium

Certains engrais phosphatés minéraux peuvent reffermer du cadmium, un élément toxique qui peut s'accumuler dans les sols et les plantes, entrainant des risques pour la santé humaine et l'environnement.

VI.5.3. Déséquilibre nutritionnel

Un excès de phosphore peut entraver l'absorption d'autres éléments nutritifs essentiels, comme le zinc, le fer, ou le manganèse, entrainant de carences secondaires chez les plantes.

VI.6. Traitement supplémentaire (pour éliminer le taux de phosphore)

Si les procédés chimiques et biologiques sont les approches les plus courantes pour extraire le phosphore des eaux usées, plusieurs variantes et combinaisons de ces techniques ont été mises en œuvre.

VI.6.1. Elimination du phosphore par traitement chimique

Le procédé chimique d'élimination du phosphore repose sur l'ajout de sels métalliques qui précipitent les phosphates solubles sous forme de composés solides. Ces précipités sont ensuite séparés par clarification ou filtration.

CHAPITRE VI : RESULTATS ET DISCUSSION

Parmi les réactifs les plus employés figurent le sulfate d'aluminium, l'aluminate de sodium, ainsi que divers sels de fer tels que le chlorure ferrique, les sulfates ferrique et ferreux, et le chlorure ferreux.

Cette méthode est la plus répandue pour réduire la concentration de phosphore dans les effluents en dessous de 1.0 mg/l.

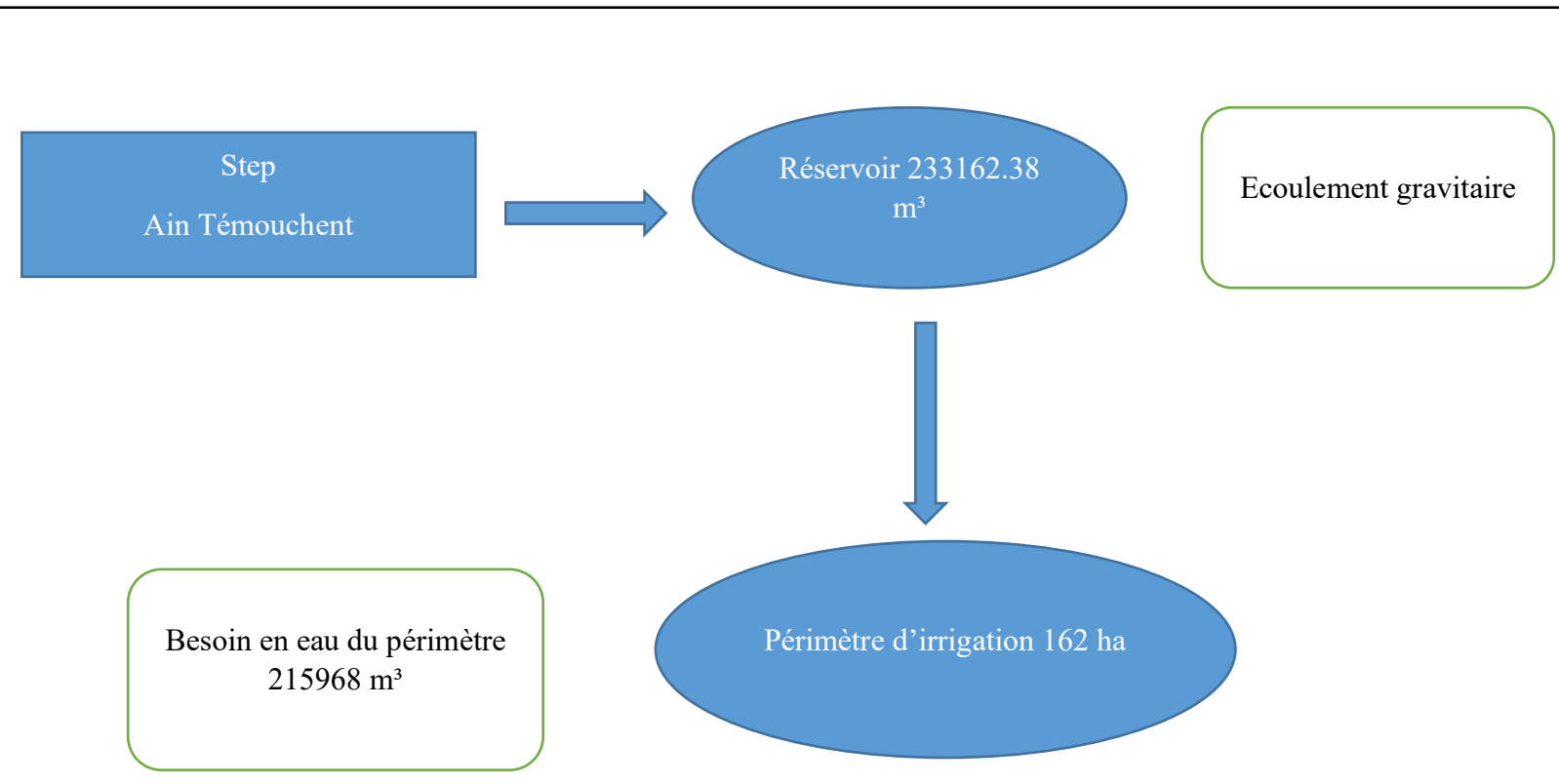


Figure 56 : schéma du système d'irrigation : station, réservoir, terres agricoles.

VI.7. Impact de réutilisation des eaux usées épurées dans l'agriculture

Les eaux usées, chargées d'agents biologiques (bactéries, virus) et chimiques (métaux lourds), posent des risques sanitaires, agronomiques et opérationnels lors de leur réutilisation pour l'irrigation. Les normes modernes exigent un traitement biologique minimal, parfois complété par des procédés avancés (filtration, désinfection) pour préserver les nutriments tout en éliminant les pathogènes. Un traitement tertiaire est crucial pour les usages sensibles (légumes crus, espaces verts), tandis qu'une filtration supplémentaire évite le colmatage des systèmes d'irrigation. [88]

CHAPITRE VI : RESULTATS ET DISCUSSION

VI.7.1. Risques sanitaires

La prévalence des agents pathogènes (virus, bactéries, parasites) dans les eaux usées détermine le risque infectieux lié à leur réutilisation en irrigation. Selon OMS (2006), la contamination survient lorsque :

- 1) exposition dépasse la dose infectieuse,
- 2) hôte est infecté.

Les mesures clés pour réduire ces risques incluent :

- Traitement des eaux (méthode la plus efficace)
- Contrôles** (qualité de l'eau, méthodes d'irrigation, restrictions culturelles)
- Protections (équipements pour travailleurs, éducation du public).

VI.7.2. Risques environnementaux

L'utilisation des eaux usées pour l'irrigation présente deux risques majeurs :

1. Pollution chimique : Introduction de substances nocives (métaux lourds, produits chimiques) dans les sols, les nappes phréatiques et les écosystèmes.
2. Risque biologique : Dissémination d'agents pathogènes (bactéries, virus, parasites) pouvant contaminer les cultures et les populations .**[88]**

VI.8. Conclusion

Cette étude vise à concevoir un réservoir pour la récupération des eaux usées traitées dans la région d'Ain Témouchent, en déterminant la capacité appropriée du réservoir, le diamètre des canalisations, ainsi que la qualité des matériaux utilisés afin d'assurer une efficacité optimale du stockage et du transport. Les eaux récupérées seront réutilisées en agriculture pour réduire la pression sur les ressources en eau. L'étude propose également des solutions pour gérer l'excès de phosphore, contribuant à la préservation des ressources naturelles et à la protection de l'écosystème.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

La réutilisation des eaux usées traitées pour l'irrigation se présente désormais comme une solution essentielle et réalisable pour lutter contre le stress hydrique croissant dans les zones semi-arides. En exploitant une ressource constamment disponible, cette méthode aide à satisfaire les besoins en eau pour l'agriculture tout en diminuant la pression sur les aquifères.

Ce travail inscrit dans le cadre de la valorisation des eaux usées épurées à des fins agricoles, à travers le dimensionnement d'un réservoir de stockage, alimenté par la station d'épuration d'Ain Témouchent, pour irriguer une superficie agricole.

Dans un premier temps, nous avons présenté les principaux procédés d'épuration des eaux usées, en mettant en évidence leur rôle essentiel dans la réutilisation sécurisée de ces eaux.

Ensuite, nous avons abordé les méthodes d'irrigations, en mettant en avant le goutte à goutte et l'aspersion, qui sont parmi les plus efficaces en termes d'économie d'eau et de répartition homogène. Nous avons présenté plusieurs cultures pouvant être irriguées avec ces eaux. Par ailleurs, une classification des types de réservoirs a été réalisée, incluant les réservoirs en terre et en béton, avec une sélection basée sur les critères de choix des types. Les équipements nécessaires au bon fonctionnement du système ont aussi été identifiés : pompe, canalisation, afin d'assurer une irrigation efficace et sécurisée.

La zone de Ain Témouchent a ensuite été analysée à travers ses caractéristiques géographiques, climatiques, agricoles, et la présentation générale des stations d'épuration on précise la station d'épuration de la ville d'Ain Témouchent.

La partie méthodologique a porté sur le dimensionnement du réservoir, en se basant sur les données de la production de la STEP, les besoins hydriques des cultures, la période de stockage, les pertes (évaporation, infiltration) ainsi que la topographie du terrain. Cette approche a permis de définir les volumes nécessaires, les caractéristiques techniques du réservoir, ainsi les équipements (canalisations).

En conclusion, l'adoption de cette solution représente une étape importante vers la réalisation de la sécurité hydrique et alimentaire. Elle permet une valorisation intelligente et responsable des ressources alternatives, en parfaite cohérence avec les principes du développement durable et de la protection de l'environnement.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

- [1] UNESCO, Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau 2020, L'eau et le changement climatique.
- [2] GIEC. (2008). Document technique VI – Changement climatique et eau, Chapitre 6, PNUD. (2022). Une gestion de l'eau adaptée aux changements climatiques au cœur du développement durable.
- [3] LAMARI Halima, Abdelali Amani <étude technico-économique des installations hydraulique destinées à l'irrigation par la réutilisation des eaux usées épurées> Mémoire fin d'étude Université Belhadj Bouchaib Ain Témouchent 2021-2022.
- [4] HASNI Fadjra, SIDI YAKOUB Salima. 2016. Diagnostic de la station d'épuration Henkel. Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme Master en Hydraulique, Université Belhadj Bouchaib, Ain Témouchent.
- [5] Google scholar, HAL archives-ouvertes. 2007
- [6] GUENDOZ Zaidi, MEKKI Nabil <Dimensionnement d'une station d'épuration pour la ville de SIDI AICH (Béjaia)>. Mémoire de fin d'étude. Université Mohamed Boudiaf M'sila 2019.
- [7] YLIBES <Les eaux usées urbaines et leur épuration >. 1-17 p. 2010.
- [8] METAHRI Mohamed Said <Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée par des procédés mixtes : cas de la STEEP de ville TIZI OUAZOU. Thèse de doctorat. Université Mouloud Mammeri 2012.
- [9] BENELMOUZ Ali. 2015. <Performances d'épuratoires d'une station d'épuration de Maghnia>. Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme Master en Hydraulique. Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen .134P.
- [10] BENFLALA Issam, HAOUALI Zouhir <Le rendement épuratoire de la station d'épuration de la ville de Guelma>. Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme Master en Hydraulique. Université Badji Mokhtar. Annaba 2017.
- [11] <https://docplayer.fr>
- [12] BOUMEDIENE Amine < Bilan de suivi des performances de fonctionnement d'une station d'épuration à boues activées Cas AIN EL HOUTZ > Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de licence en Hydraulique. Université Abou Bekr Belkaid 2013.
- [13] (wikydro.developpement-durable.gouv.fr)
- [14] MEZILI S, ACHOUR A 2017 <Analyse de la cinétique de dégradation de la pollution carbonée cas des stations de Sidi Meroua, Oued Athmania (Mila, Oum el Bouaghi, Batna). Mémoire de fin d'étude. Université Larbi Ben Mhidi, Oum El Bouaghi, 122p .
- [15] Chee Yang Teh, Pretty Mori Budiman, Katrina Pui Yee Shak, Ta Yeong Wu, 2016, Recent Advancement of Coagulation_ flocculation and Its Application in Wastewater Treatment, 4363, 4389.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [16] : SAFA M, LEKHAL S 2019 <Evaluations des performances des traitements des eaux usées (cas de la STEEP de Tiaret). Mémoire de fin d'études pour l'obtention de diplôme du Master en Sciences Agronomiques. Université Abdelhamid IBn Badis, Mostaganem,99P.
- [17] : MEDJELDJ F Zahra, HaMICI S. 2017.Simulation des performances épuratoires d'une station d'épuration par le modèle asml, Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme Master en Hydraulique, Université 08 Mai 1945, Guelma,130P.
- [18] : Gaele Deronzier, Sylvie Schétrite, Yvan Racault, Jean Prierre Canler, Alain Liénard, Alain Héduit, Philippe Duchène. 2001.Traitement de l'azote dans les stations d'épuration biologique des petites collectivités, France, Document technique ,2^{ème}édition 1_79P.
- [19] DEHBI F Zohra. 2015. Etude comparative des performances d'un lit bactérien à garnissage en pouzzolane de Béni Saf et d'un lit bactérien à garnissage plastique. Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme du Master en Hydraulique, Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen 179P.
- [20] GUERRAICHE Zouaoui. 2017. Impact de la pollution urbaine sur les eaux de surface du grand Constantinois, Thèse de doctorat, Université Mohamed Khider, Biskra,181P.
- [21] BEN KHALIFA et Ali DERKI I. 2019.Etude de performance du système de lagunage aérée dans quelques stations d'épuration dans la région d'OUED SOUF, Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme en Master en Hydraulique, Université Echahid Hamma Lakhdar, El Oued, 91P.
- [22] HENRI Aussel, COIETTE le Bache avec GRAZIELLA Dornier (ins) en collaboration avec YRES GALTIER, Ed 5026, Paris, Le traitement des eaux usées ; novembre 2004 ;1_4 P.
- [23] Cordis. europa. 17/03/2025.
- [24] Vta.cc 17/03/2005
- [25] Condorchem.com 17/03/2025.
- [26] YAHIAOUI Hayet, HADJ ABDEEAHMANE Nesrine. 2021. Gestion de l'eau d'irrigation dans la région de Ain Témouchent. Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme en Master en Sciences Agronomiques, Université Belhadj Bouchaïb, Ain Témouchent.
- [27] FAO.2, 2012. Gestion des eaux en irrigation, Manuel de formation n°5, Méthode d'irrigation. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome, 102p.
- [28] Zella, 2015.Irrigation, eau, sol, plante, Ed OPU,338 p).
- [29] Kamal, H, A 2015 : Uniformité de distribution d'eau en performance affectée par sprinkler Research gate,15 P.
- [30] (Messahel et al.2003).
- [31] Kessira M. 2003 : Guide pour l'investissement en irrigation. Ed, 2000.
- [32] FAO, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.
- [33] Clément R. Galland A et Meylan J 1978. Systèmes d'irrigation. Ed Eyrolles 48 P.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [34] FAO, 1990. Méthode d'irrigation. Gestion des eaux en irrigation. 74P.
- [35] FAO, 2014. Cultures irriguées superficie équipée. Doc. Pdf. 2P.
- [36] <https://www.ecosources.org/>)
- [37] (www.adn-global.com)
- [38] (<https://arrosage.ooreka.fr>).
- [39] Lidia NAMANE, 2009. Suivi des irrigations dans une exploitation agricole de la mitidja ouest commune de mouzaia ENSA d'Elharrache Alger. Ingénieur d'état en agronomie spécialité hydraulique 2009.
- [40] Bauchamp, J 2006. L'eau et le sol. Mémoire d'ingénieur, Université de Picardie Jules Verne. France.
- [41] Zareb, D, 2002. Irrigation localisée. Mémoire d'ingénieur agronome. Options hydraulique agricole. Université d'Alger 10P.
- [42] MAYNARD et HOCHUMT, 1997. Normes de qualités destinées à l'irrigation S.E.E. Secrétaire d'Etat auprès du Ministère de l'Energie, Mines, de l'eau et de l'environnement, chargé de l'eau et de l'environnement 2007.
- [43] M.R.E., 2007. Etude réutilisation des eaux usées épurées à des fins agricoles ou autres sur tout le Territoire nationale. Mission 4 : Norme de réutilisation des eaux usées épurées. UMMTO.
- [44] Journal Officiel de la République Algérienne, 2006. de la République Algérienne N 26, 23 avril.
- [45] OMS, 2018. Organisation mondiale de la santé.
- [46] Normes algériennes Jora, 2012. Journal officiel 2012. De la République Algérienne. Dimanche 15 Juillet, 19-20.
- [47] METAHRI A 2012. Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatées des eaux usées épurées par des procédés mixtes. Cas de la STEEP de ville TIZI OUAZOU. Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme Master en
- [48] Ouled Mokhtar Fatma 2019. Etude de la possibilité d'utilisation des eaux usées épurées pour l'irrigation (cas de la STEEP d'el GOLéa). Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme en science agronomique. Université Kasdi Merbeh. OUARGLA.
- [49] FAO 2003. L'irrigation pour une agriculture durable. Fondation pour l'innovation politique.
- [50] SUEZ (n d). Réutilisation des eaux usées. Water treatment Handbook.
- [51] Bouraghda Fatima 2023. conception et calcul du système d'alimentation en eau potable du village Salah Soufi. Mémoire pour l'obtention du diplôme Master en hydraulique. Université 8 Mai 1945. Guelma.
- [52] Guide ESP RISQUES LIÉS AUX ÉQUIPEMENTS SOUS PRESSION 2ème édition mai 2020.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[53] Bentaouaf Souad ,Kechar M.2020 .Dimensionnement et étude d'un réservoir d'eau circulaire de capacité 2000 m3 en béton armé .Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme Master en Génie civil .Université Belhadj Bouchaib,Ain Témouchent.

[54] cours réservoirs de stockage et distribution de l'eau potable, Daoud Ali, Institut des sciences de la terre et de l'univers.

[55] Douadi Yassine, Bahloul Youcef. 2019. Etude d'un réservoir semi-enterée de capacité 500 m3 à Ghailassa wilaya e Bba. Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme Master en Génie civil. Université Mohamed El bachir Ibrahim. Bba.

[56] <http://chateau.d'eau.free.fr.com>

[57] www.shop.slt.mi.

[58] paneltanks.com

[59] dreamstime.com

[60] made-in-china.com

[61] Techbau Engineering & Construction

[62] linkedin.com

[63] (shutterstock.com)

[64] (<https://www.fmtank.com>)

[65] (stock.adobe.com)

[66] (berger-camping.fr.com)

[67] (Alibaba.com)

[68] (AVIZO.CA 18/03/2025).

[69] (avizo.ca)

[70] (Sotradwater.be 18/3/2025).

[71] (Tankeros.com 18/3/2025)

[72] I. Douakha ilham 2021. Conception et calcul d'un système d'alimentation en eau potable, cas de pose Hadjer Mangoub. Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme Master en Hydraulique. Université 08 mai 1945 de GUELMA.

[73] A. Dupont, Hydraulique urbaine, Tome II : Ouvrage de transport-élévation et distributions des eaux, Édition Eyrolle 1979.

[74] A. Hamdani et M. Igroupa 2017. Étude des réseaux d'AEP du centre de Seddouk et périphérie, Tibouamocine, Ighilndjiber, Sidi Mouffouk et seddoukouadda. Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme Master. Université de Béjaia.

[75] A rambaud 1981. Distribution d'eau potable. Eyrolles ; Paris.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[76] Office nationale d'assainissement.

[77] https://interieur.gov.dz:Monographie/article_detail.

[78] (<https://www.andi.dz>)

[79] benbouchta fouzia, 2020/2021. L'utilisation des eaux usées traitées dans le secteur d'agriculture. Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme en master en Science agronomique. Université Belhadj Bouchaib. Ain Témouchent.

[80] Direction des Ressources en Eau.2023/2024.

[81] Direction Des Services Agricoles.2023,2024.

[82] Mr Asseika Baroudi et Mr Doua Moussa. 2015. Gestion quantitative de l'eau d'irrigation à Ain Témouchent. Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme en Master en Hydraulique. Université belhadj Bouchaib.

[83] Lamari Halima yasmine et Abdelali amani. 2021. Etude technico- économique des installations hydrauliques destinées à l'irrigation par la réutilisation des eaux usées épurées. Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme Master en Hydraulique. Université Belhadj Bouchaib. Ain Témouchent.

[84] Grosclaude, 1999. L'eau, tome 1. Milieu naturel et maîtrise et tome 2. Usages et pollutions. Versailles. Institut National de la recherche Agronomique Coll. Un point sur. 204. 210.

[85] Werther, 1999. Sewagesludge combustion prog. Energy comb. Sci.25.55.116.

[86] La notice de l'exploitation de la STEP, 2013.

[87] Gaïd, 1993 ; Rodier J, 2005.Hydraulique général –Tome 1. Office des publications Universitaires, Alger. Analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. Dunod.

[88] Mr. BELAIDI ISMAIL, 2019/2020. Réutilisation des eaux usées épurées pour l'irrigation cas de la STEP de AINHOUTZ (wilaya de TELMCEN) Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de Master, université d'ORAN.