

UNIVERSITE SAAD DAHLAB – BLIDA 1

Faculté de Technologie

Département des Sciences de l'Eau et Environnement



MEMOIRE DE MASTER

Filière : **Hydraulique**

Spécialité : **Ressources Hydrauliques**

Thème :

Valorisation des eaux usées épurées en agriculture

(cas de la step de BARAKI)

Présenté par

MAACHER Khadidja

CHENNOUFI Asma

Devant le jury composé de :

Mr BENSAFIA

Examineur

Mr HADAD.A

Président

Mme BOUZOUIDJA.S

Promotrice

Mr CHAFFAI.W

Co-promoteur

Promotion 2020 / 2021

Remerciements

Nous remercions avant tout, le Bon Dieu Allah qui nous a donné la volonté et le courage pour la réalisation de ce modeste travail et la confiance en nous-mêmes pour arriver à ce niveau.

Nous remercions également chaleureusement et vivement nos parents qui nous ont guidé, suivi, soutenu, et conseillé durant tous nos études du début jusqu'à la fin.

Nous tenons d'abord à adresser nos plus sincères remerciements à nos enseignants en particulier notre promotrice Mme **souad BOUZOUIDJA** qui nous a dirigés pour réaliser ce projet de fin d'étude.

Nous remercions notre co-promoteur **walid CHAFFAI** pour ses conseils et son aide

Nous remercions aussi nos examinateurs d'avoir accepté de juger notre modeste travail.

Nous tenons à remercier l'ensemble du corps administratif du département de Département des Sciences de l'Eau et Environnement

A tous nos amis de promotion 2020/2021 qui nous ont encouragés

Dédicace

Du profond du mon cœur, je dédie ce travail à tous ceux qui me sont

chers :A ma maman

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel, et ma considération pour les sacrifices qu'elle a consenti, pour mon instruction et mon bien être

Je vous remercie pour tout le soutien, et l'amour que vous me portez depuis mon enfance, et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours

A mon papa :

Merci pour le père que tu as été quand j'étais petite. Et merci d'être le père que tu es pour moi aujourd'hui. Merci pour ta gentillesse, ton soutien, ton humour et ton originalité qui ont soufflé sur mon enfance. Merci de m'avoir tant aimée

A mes frères et sœurs IBTISSEM AMINE KHAOULA et ALI pour leur dévouement, leur compréhension et leur grande tendresse, qui en plus de m'avoir encouragé tout le long de mes études, m'ont consacré beaucoup de temps et disponibilité, et qui par leur soutien, leurs conseils et leur amour.

A mes chers amies : NOUSSA KARIMA ICHRAK CHAIMA AHLEM FATIMA NAFISSA qui m'ont toujours soutenue et encouragée au cours de la réalisation de ce mémoire, en leur espérant bonne continuation dans leurs travaux.

Un dédicace tout particulier à ma super promotion de master hydraulique

Des fois, les mots ne suffisent pas pour exprimer tout le bien qu'on ressent,

Juste MERCI à vous

KHADIDJA

Dédicace

Je souhaite dédier ce modeste travail à mes parents :

Ma mère , mon père qui m'ont toujours soutenus dans la vie et qui m'ont toujours aidé avec leur amour, que Dieu les protège ...

A Mes sœurs Seltana , Farah, Hayat

A mon Binôme et ma sœur Khadidja qui est toujours restée à mes côtés et qui m'a soutenu

dans le meilleur comme dans le pire...

A mes amies « Awatif , Sarah , Fethia ,Khawla ... » et aussi

mes collègues de la promotion 2020-2021...

CHENNOUFI Asma

Sommaire

Introduction générale.....	1
-----------------------------------	----------

Chapitre I : REUTILISATION DES EAUX USEES EN IRRIGATION GENERALITES ET REGLEMENTATION (OMS ALG)

I. INTRODUCTION	3
I.1 CLASSIFICATION DES EAUX USEES	3
I.1.1 Les eaux usées d'origine domestique	3
I.1.2 Les eaux de ruissellement	3
I.1.3 Les eaux usées industrielles	3
I.1.4-Les eaux agricoles.....	4
I.2. TYPES DE POLLUTION.....	4
I.2.1 Pollution organique	4
I.2.2 Pollution bactériologique	5
I.2.3 Pollution minérale toxique.....	5
I.3 LES PARAMETRES DE MESURE DE POLLUTION	5
I.3.1 Paramètres physiques	5
I.3.1.1 Matières en Suspension.....	5
I.3.1.2 Matières Volatiles en Suspension (MVS).....	5
I.3.1.3 Matières Minérales en Suspension (MMS).....	5
I.3.1.4 Température	6
I.3.1.5 PH	6
I.3.1.6 Conductivité.....	6
I.3.2 Paramètres chimiques	6
I.3.2.1 Demande biochimique en oxygène (DBO ₅).....	6
I.3.2.2 Demande chimique en oxygène (DCO)	7
I.3.2.3 Azote	7
I.3.2.4 Phosphore.....	7
I.3.2.5 Substances toxiques	7
I.3.2.6 Nitrites (NO ₂ ⁻²) et nitrates (NO ³⁻)	7

1.3.3. Paramètres microbiologiques	8
1.3.3.1. Les bactéries	8
1.3.3.2. Les virus	8
1.3.3.3. Les protozoaires	8
1.3.3.4. Les helminthes.....	9
I.3.4. Rapport de biodegradabilité	9
I.3.5. Fonctionnement d'une station d'épuration.....	9
I.4. DETAIL DE LA REGLEMENTATION (OMS, ALGERIEN...)	10
I.4.1. Règlementation de L'OMS	10
I.4.2. Règlementation algérienne de REUE.....	12
I.4.3. Risques de la réutilisation des eaux épurées	15
I.4.3.1. Risque sanitaire	15
I.4.3.2. Le risque environnemental.....	16
➤ I.4.3.2.a. Effets sur les eaux souterraines	16
➤ I.4.3.2.b. Effets sur les eaux de surface.....	16
➤ I.4.3.2.c. Effets sur les cultures	16
➤ I.4.3.2.d. Effet sur le sol	16
✓ La salinisation du sol.....	16
✓ Qualité d'eau d'irrigation	17
✓ Mode d'irrigation	17
✓ Nature de sol.....	17
✓ Accumulation de métaux dans le sol	17
I.5. LA REUTILISATION DES EAUX USEES EPUREES.....	18
I.5.1. Les différents types d'usage des eaux usées épurées	19
I.5.1.a. Usage en aquaculture	20
I.5.1.b. Usage industriel.....	20
I.5.1.c. Recharge de nappes.....	21
I.5.1.d. Usage en Agriculture.....	21
I.5.2. Exemples de la réutilisation des eaux usées dans le monde	22
➤ <i>En Tunisie</i>	23
➤ <i>Au Maroc</i>	23
➤ <i>En Egypte</i>	24
➤ <i>Jordanie</i>	24
I.5.3. L'eau en Algérie	25
I.5.4. Situation de la réutilisation des eaux usées épurées en Algérie	26
I.5.4.1. Situation de l'irrigation en Algérie	26

CONCLUSION	28
------------------	----

CHAPITRE II : PRESENTATION DE LA STEP DE BARAKI « ALGER»

II .1.PRESENTATION DE LA STATION D'EPURATION DE BARAKI	29
II.2. PRESENTATION DE L'ORGANISME D'ACCUEIL « SEAAL »	30
II.2.1. Historique	30
II.2.2.L'historique des installations est suivant.....	30
II.3. FONCTIONNEMENT DE LA STATION D'EPURATION DE BARAKI	32
II3.1. FILIERE EAU	32
II.3.1.1. Relevage de l'eau.....	32
➤ PRINCIPES DE FONCTIONNEMENT GENERAL	32
➤ SRG2	34
➤ Poste de relevage N°1 (PR N°1).....	35
➤ Poste de relevage N°2 (PR N°2).....	36
II.3.1.2. Prétraitement.....	38
➤ Dégrillage	38
➤ Dessableur/Déshuileur	38
II.3.1.3. Décanteur primaire	39
II.3.1.4. Traitement secondaire.....	40
➤ Bassins d'aérations.....	40
➤ Clarificateurs	41
II.3.2. FILIERE BOUE.....	42
II.3.2.1. Epaissement.....	42
➤ II.3.2.2.Digestion anaérobie	42
II.3.2.3. Déshydratation.....	43

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSIONS DES DONNÉES D'ANALYSES DES EAUX DE LA STEP

III. INTRODUCTION.....	44
III.1. ECHANTILLONNAGE.....	44
III.2. POINTS ET MODES DE PRELEVEMENT	44
III.3. MATERIELS ET METHODES	45

III.3.1. Analyses physico-chimiques	45
III.3.1.1. Détermination de pH	46
➤ Principe	46
➤ Mode opératoire	46
➤ Expression de résultats	46
III.3.1.2. Mesure de la conductivité.....	47
➤ Principe	47
➤ Mode opératoire	47
➤ Expression des résultats	47
III.3.1.3. Mesure de la matière en suspension (MES)	48
➤ Mode opératoire	48
➤ Expression des résultats.....	48
III.3.1.4. Détermination de la pollution organique.....	49
III.3.1.4.a. Demande chimique en oxygène (DCO)	49
➤ Principe.....	49
➤ Mode opératoire	49
➤ Expression des résultats.....	49
III.3.1.4.b. Demande biologique en oxygène (DBO5)	50
➤ Principe de la méthode manométrique	50
➤ Mode opératoire	50
➤ Expression des résultats.....	50
III.3.1.5. Détermination de la pollution azotée.....	51
III.3.1.5.a. Ammonium	51
➤ Mode opératoire	51
➤ Expression des résultats.....	51
III.3.1.5.b. Nitrate	52
➤ Principe.....	52
➤ Mode opératoire	52
➤ Expression des résultats.....	52
III.3.1.5.c. Nitrite	52
➤ Principe.....	52
➤ Mode opératoire	52
➤ Expression des résultats.....	52
III.3.1.6. Détermination de la pollution phosphorée	53
➤ Principe	53
➤ Mode opératoire	53

➤ Expression des résultats.....	53
III.4. INTERPRETATION DES RESULTATS.....	53
III.4.1. Paramètres physico-chimiques des eaux usées	54
III.4.1.1 Le pH des eaux usées à l'entré et la sortie de STEP.....	54
Interprétation.....	54
III.4.1.2. Élimination des sels (Conductivité)	55
Interprétation.....	55
III.4.1.3. La demande chimique en oxygène (DCO)	56
Interprétation.....	56
III.4.1.4. La demande biologique en oxygène (DBO5)	57
Interprétation.....	57
III.4.1.5. Les matières en suspension (MES).....	58
Interprétation.....	58
III.4.1.6. Azote ammoniacal (N-NH ₄)	59
Interprétation.....	59
III.4.1.7. Nitrates (N-NO ₃).....	60
Interprétation.....	60
III.4.1.8. phosphate total(PT)	62
Interprétation.....	62
III.4.1.9. Métaux lourds.....	63
III.5. CONCLUSION	63

CHAPITRE IV : VALORISATION DES EAUX USEES DE LA STEP DE BARAKI POUR L'IRRIGATION

IV.INTRODUCTION.....	64
IV.1. Les différentes étapes d'un projet de réutilisation des eaux	64
IV.1.2. L'étude d'opportunité.....	65
IV.1.3 L'étude de faisabilité.....	65
IV.2. CHOIX DES CULTURES A IRRIGUER	66
IV.2.1. Le climat.....	67
IV.2.2. La qualité L'eau	67
IV.2.3. La nature de sol	67
IV.3. LES TECHNIQUES D'IRRIGATION.....	69

IV.3.1. Choix de techniques d'irrigation.....	69
IV.4. PROBLEMES POSES ET SOLUTION ALTERNATIVE.....	70
IV .4.1.Historique de la Mitidja.....	71
IV .4.2. type de sol.....	71
IV.4.3. La surface d'irrigation.....	72
IV.4.4. Choix de culture et système d'irrigation.....	72
Conclusion.....	73
Conclusion générale.....	74

Liste des tableaux

Tableau I.1 : caractéristiques de l'eau en fonction de rapport DCO/DBO ₅	9
Tableau I.2: réglementations microbiologiques de l'OMS pour le traitement des eaux usées destinées à l'irrigation [3].....	12
Tableau I.3: réglementation au niveau microbiologique pour la réutilisation des eaux usées épurées en agriculture appliquées en l'Algérie [6].....	13
Tableau I.4: Réglementation physico-chimiques pour la réutilisation des eaux usées épurées en agriculture pour l'Algérie [6]	14
Tableau I.5 : Liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées [6]	15
Tableau I.6 : Pays ayant des ressources en eau inférieures à 500 m ³ /hab par an (FAO. L'irrigation en Afrique en chiffres: Enquête AQUASTAT 2005).....	23
Tableau I.7: Evolution des superficies irriguées à travers le territoire national [21]	27
Tableau II 01 : Caractéristiques générales de la station d'épuration de BARAKI « ALGER » (SEAAL, 2020-2021)	32
Tableau II 02: Récapitulatif des données de base de la STEP pour état actuelle 2020-2021	33
Tableau II.03 : Éléments compris dans la section.....	34
Tableau II.04 : Éléments compris dans la section.....	37
Tableau II.05 : éléments compris dans la section	37
Tableau III.1 : valeurs des métaux lourds de la station d'épuration Beraki	65
Tableau IV.1 : Plan d'une étude de projet	67
Tableau IV.2 : Tolérance des légumes à l'acidité du sol.....	71

Liste des figures

Figure I.1 : schéma de transformation de l'azote.....	8
Figure I. 2: principe chaîne de traitement des eaux usées.....	10
Figure I.3 : La réutilisation des eaux usées épurées dans le cycle de l'assainissement.....	19
Figure I.4:Volume moyen journalier des eaux usées réutilisées en Europe et quelques pays méditerranéens (années 2000-2003 adaptées de Jimenez et Asano 2007).....	20
Figure I. 5: Différents types de réutilisation suivant les zones géographiques.....	21
Figure II 1 : Localisation satellite de la STEP de BARAKI (Google, 2021).....	30
Figure II.02 : Schéma de la station de relevage SRG2	35
Figure II. 05 : Collecteur de Baba Ali	39
Figure II.06 : Dessableur/Déshuileur.....	40
Figure II.07 : Décanteur primaire.....	41
Figure II.08 : bassins d'aération	42
Figure. II 09: Clarificateurs.....	43
Figure II.10 : Epaissement.....	44
Figure II.11 : Vue aérienne de l'usine BARAKI avec La localisation de l'épaississement des boues.	44
Figure.II 17 : Digesteur	45
Figure III.1:préleveur automatique.....	46
Figure III.3 : eau traité.....	47
Figure III.2 : eau brute.....	47
Figure III.6 : dispositif de filtration	50
FigureIII.7 : thermostat et spectrophotomètre	51
Figure III.8 : Etuve à 20 °.....	52
Figure III.9 : flocon DBO ₅	52
Figure III.10 : Evolution du PH des eaux à la sortie de STEP de Beraki	56

Figure III.11 : Evolution de la conductivité des eaux a la sortie de la STEP de Beraki	57
Figure III.12 : Evolution de la DCO des eaux a la sortie de la STEP de Beraki	58
Figure III.13 : Evolution de la DBO ₅ des eaux a la sortie de la STEP de Beraki	59
Figure III.14 : Evolution de MES des eaux a la sortie de la STEP de Beraki	60
Figure III.15: Variation dès l'ammonium de l'eau épurée de la STEP de Beraki	61
Figure III.16: Variation des nitrates de l'eau épurée de la STEP de Beraki.....	62
Figure III.17: Variation du phosphate total de l'eau épurée de la STEP de Beraki.....	63

LISTE DES ABRÉVIATIONS

APS : Algérie presse service

CE : Conductivité électrique

DBO₅ : Demande biochimique en oxygène en 5 jours

DCO : Demande chimique en oxygène

DRHEE: Direction des ressources hydrauliques et de l'économie de l'eau

EC : eau clarifiée

EFD : eau filtrée décanté

EH : Équivalent-Habitant

EM : éléments métalliques

EU : eaux usées

EUE : eaux usées épurées

GPI : Grands périmètres irrigués

Ha : hectare

MES : matières en suspension

MMS : matières minérales en suspension

MVS : matières volatiles en suspension

NTK : azote total

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

ONA: Office National d'Assainissement

ONID: Office National de l'Irrigation et du Drainage

pH : Potentiel d'hydrogène

PMH : Les petites et moyennes hydrauliques

PR :Le poste de relèvement

REUE : la réutilisation des eaux usées épurées

SAR : sodium adsorption ratio

SEAAL : La société des Eaux et d'Assainissement d'ALGER

STEP : station d'épuration

UV : ultra violet

VA TECH WABAG : société de holding active dans le domaine du traitement de l'eau

الملخص

نظرًا لأن محطات التنقية في الجزائر ترفض كمية كبيرة من المياه النقية إلى البيئة الطبيعية دون إعادة استخدامها ، فقد تكررنا باقتراح دراسة أداء التنقية للخطوة بعد إجراء دراسة حول تشغيل محطات معالجة المياه تنقية وتحليل المياه النقية من أجل اختيار المحاصيل حسب منظمة الصحة العالمية واللوائح الجزائرية.

كلمات مفتاحية : محطة معالجة المياه , المياه النقية , تحليل المياه .

Résumé

Vu que les stations d'épurations en Algérie rejettent une grande quantité d'eau épurée vers le milieu naturel sans les réutilisent on a bien voulu de proposer une étude de performance épuratoire de la step après avoir faire une étude sur le fonctionnement des station d'épurations et une analyse des eaux épurées dans le but de bien choisisses les cultures selon les réglementation OMS et Algérien.

Mot clés: station d'épuration, eaux épurées, analyse des eaux épurées.

Abstract:

Since the purification stations in Algeria reject a large quantity of purified water into the natural environment without reusing them, we were kind enough to propose a study of the purifying performance of the step after having carried out a study on the operation of the water treatment stations. Purification and analysis of purified water in order to choose the crops according to WHO and Algerian regulations.

keywords: purification station, , purified water, analysis of purified water.

Introduction générale :

Introduction générale :

La réutilisation des eaux usées (REU) consiste en l'utilisation d'eaux usées plus ou moins traitées dans un objectif de valorisation (usage bénéfique). Les projets de réutilisation des eaux usées traitées (REUT) participent à la gestion intégrée des ressources en eau et à la préservation de l'environnement. Ils sont particulièrement stratégiques dans les pays arides et semi-arides de la région méditerranéenne où la pression sur les ressources en eau est forte, et qui connaissent des situations de concurrence entre les différents usages de l'eau.

La croissance démographique et le développement économique exercent une pression sans précédent sur les ressources en eau, renouvelables mais limitées, notamment dans les régions arides.

Presque toutes les ressources accessibles d'eau douce dans les régions sont déjà mobilisées. Par conséquent, il est normal de se tourner vers d'autres ressources d'eau non conventionnelles pour satisfaire l'accroissement de la demande.

La situation en Algérie se caractérise par une demande en eau croissante, alors que les ressources hydriques se raréfient d'une manière permanente pour l'agriculture. En revanche, la production des eaux usées s'accroît, et leur réutilisation se présente alors comme une première réponse à cette situation de pénurie d'eau pour l'irrigation.

Parmi les domaines de réutilisation possible des eaux usées épurées, l'irrigation constitue le secteur le plus intéressant. En fait, l'agriculture consomme plus de 70 % des ressources en eaux notamment dans les pays en voie de développement tels que les pays arabes.

Ces eaux procurent à l'agriculture une ressource précieuse et renouvelable et libèrent un volume supplémentaire d'eau de bonne qualité pour des utilisations prioritaires. Elles constituent en outre, une alternative aux rejets dans les milieux récepteurs qui peuvent présenter des capacités d'absorption limitées.

En effet, ces eaux véhiculent des pollutions qui posent des problèmes de santé publique, de conservation des sols et de protection de l'environnement, qui ne doivent être ni exagérés ni sous-estimés et doivent être traités avec précaution par :

- Le contrôle de la qualité de l'eau traitée ;
- L'évaluation de l'impact sur l'environnement ;

- La prévision des conséquences de l'utilisation des eaux usées sur la santé de l'homme

Notre mémoire est structuré en quatre chapitres :

Le premier chapitre : généralité sur la réutilisation des eaux usées épurées dans le monde et en particulier en Algérie ; est décrit les détails de la réglementation (OMS, algérien...) en vigueur sur la REUE pour l'irrigation.

Dans le deuxième chapitre : présentation de la STEP de Baraki.

Le troisième chapitre : les résultats et discussion des données d'analyses des eaux de la step.

Le quatrième chapitre : valorisation des eaux usées de la step de Baraki pour l'irrigation.

I. INTRODUCTION

L'élimination des risques microbiologiques et chimiques est le principal objectif du traitement des eaux usées destinées à être réutilisées. Afin de garantir la protection de la santé publique, il est indispensable de mettre en place des normes et des réglementations strictes et adaptées à la spécificité des différentes cultures.

I.1 CLASSIFICATION DES EAUX USEES [1]

Les eaux usées collectées par le réseau d'égout véhiculent les déchets des habitants ou l'établissement raccordé dont on cite trois types :

- ✓ Les eaux usées domestiques ;
- ✓ Les eaux de ruissellement ;
- ✓ Les eaux industrielles ;
- ✓ Les eaux agricoles.

I.1.1 Les eaux usées d'origine domestique[1]

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

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

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

I.1.2 Les eaux de ruissellement

Les eaux de ruissellement comprennent les eaux de pluie, de lavage et de drainage. La pollution des eaux de pluie est variable dans le temps, plus forte au début d'une précipitation qu'à la fin. Les eaux de lavage sont polluées par les matières en provenance des trottoirs et chaussées (mazout, bitume).

Les eaux de drainage peuvent provenir de la montée d'une nappe phréatique dans le sol en période de pluie ou de crue, elles sont généralement peu polluées par rapport aux eaux stagnantes.

I.1.3 Les eaux usées industrielles

Les caractéristiques de ces eaux sont directement liées au type d'industrie concernée. Une épuration commune des eaux industrielles avec les eaux domestiques peut s'envisager à condition que la nature de la pollution soit identique et exempte de substances toxiques (tel que les industries agro-alimentaires).

I.1.4-Les eaux agricoles

Ce sont des eaux qui ont été polluées par des substances utilisées dans le domaine agricole.

Dans le contexte d'une agriculture performante et intensive, l'agriculteur est conduit à utiliser divers produits d'origine industrielle ou agricole dont certains présentent ou peuvent présenter, des risques pour l'environnement et plus particulièrement pour la qualité des eaux.

Il s'agit principalement :

- ✓ Des fertilisants (engrais minéraux du commerce ou déjections animales produites ou non sur l'exploitation) ;
- ✓ Des produits phytosanitaires (herbicides, fongicides, insecticides...).

Donc ces eaux sont l'issus :

✓ Des apports directs dus aux traitements des milieux aquatiques et semi-aquatiques tels que le désherbage des plans d'eau, des zones inondables (faucardage chimique) et des fossés, ainsi que la démoustication des plans d'eau et des zones inondables (étangs et marais).

✓ Des apports indirects dus en particulier à l'entraînement par ruissellement, aux eaux de rinçage des appareils de traitement, aux résidus présents dans des emballages non correctement rincés ou détruits, aux eaux résiduelles des usines de fabrication et de conditionnement.[2]

I.2. TYPES DE POLLUTION

La pollution des eaux usées se présente sous trois formes principales :

- ✓ Pollution organique
- ✓ Pollution bactériologique
- ✓ Pollution minérale toxique

I.2.1 Pollution organique

Elle est engendrée par le développement des eaux usées domestique ou des résiduelles provenant des industries textiles, industries des bois, de raffineries et d'abattoirs.

Ces matières organiques qui se présentent aussi bien en suspension (particules solides) qu'en solution dans l'eau sont appelées à devenir des polluants lorsqu'elles sont déversées en quantités massives ou de façon répétée dans les espaces limités. [3]

Les matières organiques peuvent être biodégradables c'est-à-dire susceptible d'être détruites par autoépuration grâce aux micro-organismes présents dans l'eau qui se nourrissent de cette pollution, mais entraînent en contrepartie une consommation importante d'oxygène dissous.

I.2.2 Pollution bactériologiques

Ce sont des germes testes de contamination fécale. [3]

- ✓ Coliformes fécaux
- ✓ Streptocoques fécaux
- ✓ Salmonelles

I.2.3 Pollution minérales toxiques

Il s'agit principalement d'effluent industriels contenant des substances minérales tels que les nitrates, les chlorures, les phosphores, les ions métalliques, le plomb, le mercure, le chrome, le cuivre, le zinc, le zinc et chlore ces substances peuvent causer des problèmes sur l'organisme de l'activité bactérienne en station d'épuration, et affectés sérieusement les cultures (physiologique et le rendement). [3]

I.3 LES PARAMETRES DE MESURE DE POLLUTION

I.3.1 Paramètres physiques

I.3.1.1 Les matières en suspension

Les matières en suspension représentent la partie solide de la pollution, sont dosées par filtration ou par centrifugation, les MES créent généralement une pollution et causent de sérieuses nuisances. [1]

I.3.1.2 Les matières volatiles en suspension (MVS)

Les matières volatiles présentent la fraction organique des matières en suspension, elles constituent environ (70 – 80)% de MES.

I.3.1.3 Les matières minérales en suspension (MMS)

C'est la différence entre les matières en suspension (MES) et les matières volatiles en suspension (MVS)

$$MMS = MES - MVS$$

Elles représentent donc le résidu de la calcination, et correspondent à la présence de sels. [1]

I.3.1.4 Température

C'est un paramètre important pour le bon fonctionnement de système d'épuration, dans la mesure où il peut influencer de différentes manières sur :

✓ La solubilité des sels et des gaz : il est établi que la stabilité d'un gaz diminue pour une augmentation de la température, ce phénomène est particulièrement important dans le cas de l'oxygène dissous ;

✓ Aussi plus l'eau est chaude, plus la concentration de saturation de l'oxygène devra diminuer, ce qui conduit à la diminution de la réserve d'oxygène mis à la disposition dans les processus d'auto épuration. [1]

I.3.1.5 pH

Le ph mesure la concentration des ions H^+ dans l'eau. Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibre physico-chimique. La valeur du ph altère la croissance et la reproduction des micro-organismes existants dans une eau, la plupart des bactéries peuvent croître dans une gamme de ph compris entre 5 et 9, l'optimum est situé entre 6.5 et 8.5 des valeurs de ph inférieures à 5 ou supérieures à 8.5 affectent la croissance et survie des micro-organismes aquatiques selon l'organisation mondiale de la santé (OMS). [3]

I.3.1.6 Conductivité Chimique :

La conductivité est liée à la concentration des substances dissoutes et à leurs natures. La mesure de la conductivité permet d'évaluer approximativement la minéralisation globale de l'eau.

La conductivité d'une eau varie selon l'impureté, ainsi plus la concentration ionique des sels dissous est grande plus la conductivité est grande. [1]

I.3.2 Paramètres chimiques

I.3.2.1 Demande biochimique en oxygène (DBO₅)

La demande biochimique en oxygène est la quantité d'oxygène exprimée en milligrammes d'oxygène par litre, représentant la pollution organique.

Ce paramètre est défini comme un indicateur de la fraction de matières organiques qui peut être décomposée par action microbienne.

La DBO₅ est la quantité d'oxygène consommée dans les conditions de l'essai (après incubation durant 5 jours à une température de 20°C, dans l'obscurité), par les matières biodégradables présentes dans l'eau, principalement pour assurer leurs dégradations biologiques. [2]

I.3.2.2 Demande chimique en oxygène (DCO)

La DCO traduit la quantité d'O₂ nécessaire pour oxyder chimiquement les matières organiques contenues dans l'effluent a température 150° elle permet la mesure globale des matières oxydables présentes dans l'eau quelques soit leur origine. On estime cette oxydation de 90 à 95% des composées oxydables (l'oxydant utilisé est le bichromate de potassium K₂Cr₂O₇) [2]

I.3.2.3 Azote

Dans les eaux usées domestiques la concentration globale en azote total (NTK) est del'ordre de 15 à 20% de celle de la DBO₅ ; l'apport journalier en NTK est compris entre 10 et 15 par habitant. [2]

I.3.2.4 Phosphore

L'apport journalier du phosphore est d'environ 4g par habitant. Il est dû essentiellement au métabolisme de l'individu et à l'usage de détergents. Les rejets varient d'ailleurs suivant les jours de la semaine. [1]

I.3.2.5 Les substances toxiques

Une eau usée peut contenir des matières (substances) toxiques telles que les hydrocarbures et certains métaux lourds, des chromates qui perturberont le développement des microorganismes, qui sont les agents actifs de la digestion des boues. [2]

I.3.2.6 Nitrites (NO₂⁻²) et nitrates (NO₃⁻)

Composants représentant les formes oxydées de l'azote. Un habitant rejette, tous les jours, environ 15 grammes d'azote ;cet azote se transforme en ammonium.

L'élimination de l'azote et obtenue avec les systèmes d'épuration par boues activées, aération prolongée en bassin unique. [2]

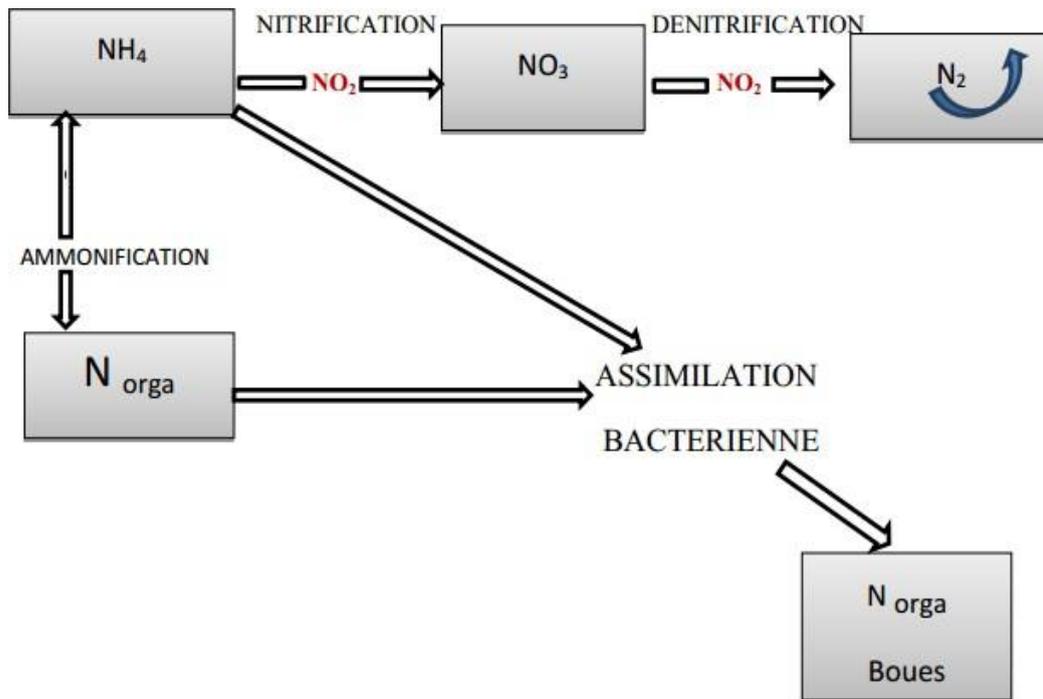


Figure I.1 : schéma de transformation de l'azote [2]

1.3.3. Les paramètres microbiologiques : [4]

Les eaux usées contiennent tous les microorganismes (bactéries, virus, protozoaires, les helminthes et champignons) dont certains sont pathogènes. La présence de coliformes et de streptocoques témoigne d'une contamination fécale de ces eaux, et qu'il est impératif de les épurer pour préserver le milieu naturel.

1.3.3.1. Les bactéries :

Sont des micro-organismes qui peuvent dégrader et assimiler une grande partie de la matière organique contenue dans les eaux usées. La concentration en bactérie pathogènes est de l'ordre $10^4/L$. Les plus fréquemment rencontrées, les salmonelles qui sont responsables de la typhoïde et des troubles intestinaux.

1.3.3.2. Les virus :

Les virus sont des agents pathogènes extrêmement petits, leur concentration dans les eaux usées est comprise entre 10^3 à 10^4 particule/L. Leur isolement et leur dénombrement dans les eaux usées sont difficiles.

1.3.3.3. Les protozoaires :

La plupart des protozoaires pathogènes sont des organismes parasites, c'est-à-dire, qu'ils se développent aux dépens de leur hôte. Certains protozoaires adoptent au cours de leur cycle de vie une forme de résistance, appelée kyste. Cette forme peut résister généralement aux procédés de traitements des eaux usées.

1.3.3.4. Les helminthes :

Les helminthes sont multicellulaires. Tous comme les protozoaires sont majoritairement des organismes parasites fréquemment rencontrés dans les eaux usées urbaines. Le nombre d'œufs d'helminthes peut être évalué entre 10 et 103 œufs/L. Parmi eux on trouve notamment les ascaris et les ténias.

I.3.4. Rapport de biodégradabilité

Il s'agit de savoir d'après la DBO si l'eau nécessite une épuration biologique, jusqu'à quel point et comment.

La réponse peut être donnée par le rapport DCO/DBO₅ et par le taux de composés d'azote et de phosphore présents dans l'eau.

Le rapport DCO/DBO₅ est utilisé comme index de biodégradabilité des eaux usées, on distingue trois cas cités dans le tableau suivant :

Tableau I.1 : caractéristiques de l'eau en fonction de rapport DCO/DBO₅

DCO/DBO₅	Caractéristique de l'eau
$\frac{DCO}{DBO_5} \leq 2$	l'eau peut être épurée facilement par voie biologique
$2 < \frac{DCO}{DBO_5} < 5$	l'épuration par les procédés biologiques habituels est moins sûre
$5 < \frac{DCO}{DBO_5}$	l'épuration par les procédés biologiques est impossible.

I.3.5. Fonctionnement d'une station d'épuration

L'épuration est une technique qui consiste à éliminer les matières indésirables que l'eau véhicule en vue de son déversement dans le milieu naturel ou de sa réutilisation dans des fonctions diverses.

Généralement trois étapes de traitement doivent être respectées pour épurer une eau usée :

- ✓ Le premier poste constitue le *traitement primaire*,
- ✓ Le deuxième poste le *traitement secondaire*,
- ✓ Le troisième poste le *traitement tertiaire*. [4]

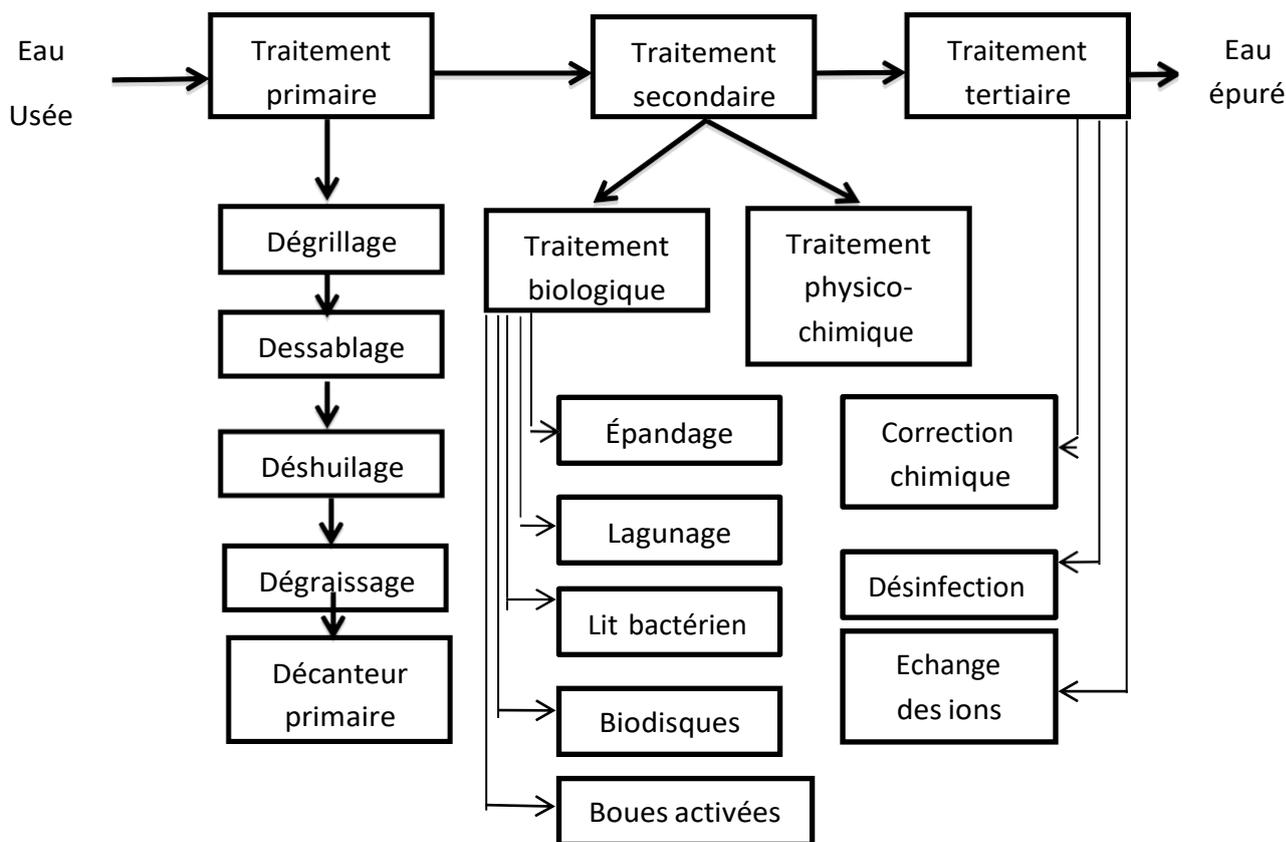


Figure I. 2: principe chaîne de traitement des eaux usées [4]

I.4. DETAILS DE LA REGLEMENTATION (OMS, ALGERIENNE...)

I.4.1. Règlementation de L'OMS

L'OMS a publié en 2006 de nouvelles lignes directrices sur l'utilisation des eaux usées (WHO guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater), qui tiennent compte des situations locales et privilégient les moyens à prendre pour réduire au minimum les risques sanitaires posés par ces eaux.

L'approche innove surtout parce qu'elle encourage l'adoption de mesures relativement simples pour protéger la santé à tous les maillons de la chaîne alimentaire. Il s'agit d'une approche à barrières multiples qui cherche à protéger la santé des consommateurs. Cette approche peut inclure la combinaison des éléments suivants :

Le traitement des eaux usées, la restriction des cultures, les techniques d'irrigation, le contrôle de l'exposition aux EU ainsi que le lavage, la désinfection et la cuisson des produits. [3]

CHAPITRE I : GENERALITE SUR LA REUTILISATION DES EAUX USEES EPUREES ET DETAILS DE LA REGLEMENTATION (OMS,ALGERIENNE..)

Tableau I.2: réglementations microbiologiques de l'OMS pour le traitement des eaux usées destinées à l'irrigation [3].

Catégorie	Conditions de réutilisation	Groupe exposé	Nématodes intestinaux (nombre d'œufs par litre – moyenne arithmétique)*	Coliformes intestinaux (nombre par 100 ml – moyenne géométrique)*	Procédé de traitement susceptible d'assurer la qualité microbiologique voulue
A	Irrigation de cultures destinées à être consommées crues, des terrains de sport, des jardins publics ^d	Ouvriers agricoles, consommateurs, public	≤ 1	≤ 1000	Une série de bassins de stabilisation conçus de manière à obtenir la qualité microbiologique voulue ou tout autre procédé de traitement équivalent
B	Irrigation des cultures céréalières, industrielles et fourragères, des pâturages et des plantations d'arbres	Ouvriers agricoles	≤ 1	Aucune norme n'est recommandée	Rétention en bassins de stabilisation pendant 8–10 jours ou tout autre procédé d'élimination des helminthes et des coliformes intestinaux
C	Irrigation localisée des cultures de la catégorie B, si les ouvriers agricoles et le public ne sont pas exposés	Néant	Sans objet	Sans objet	Traitement préalable en fonction de la technique d'irrigation, mais au moins sédimentation primaire

^a Dans certains cas, il faut tenir compte des conditions locales épidémiologiques, socio-culturelles et environnementales et modifier les directives en conséquence.

^b Espèces *Ascaris* et *Trichuris* et ankylostomes.

^c Pendant la période d'irrigation.

^d Une directive plus stricte (≤ 200 coliformes intestinaux par 100 ml) est justifiée pour les pelouses avec lesquelles le public peut avoir un contact direct, comme les pelouses d'hôtels.

^e Dans le cas des arbres fruitiers, l'irrigation doit cesser deux semaines avant la cueillette et les fruits tombés ne doivent jamais être ramassés. Il faut éviter l'irrigation par aspersion.

I.4.2. Règlements algérienne de REUE

La réglementation algérienne de la réutilisation des eaux usées épurées en agriculture a été préparé par les structures algériennes responsables pour l'introduction des EUE comme alternatives efficaces contre la pénurie des eaux conventionnelles à l'échelle national (Tab I.3 et I.4). Dans les zones sahariennes, les ressources en eaux souterraines sont vulnérables et non renouvelables, la réutilisation des eaux usées traitées on respectant les normes cité ci-dessous (voir tableaux) apparait comme une solution très conseillé [5].

- **La loi n°05-12 du 04 Août 2005 relative à l'eau :**

Fixe les principes et les règles applicables pour l'utilisation, la gestion et le développement durable des ressources en eau en tant que bien pour la collectivité nationale.

Décret exécutif n° 07-149 du 3 Joumada El Oula 1428 correspondant au 20 mai 2007, susvisé, le présent arrêté a pour objet de fixer les spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation. Les principaux axes de ce décret sont les modalités de Concession d'utilisation des EUE, les risques liés à l'usage des EUE (interdictions, distance à respecter...), Les contrôles sanitaires, Le Cahier des charges-type relatif à la REUE [6].

Tableau II.3: réglementation au niveau microbiologique pour la réutilisation des eaux usées épurées en agriculture appliquées en l'Algérie [6].

GROUPES DE CULTURES	PARAMETRES MICROBIOLOGIQUES	
	Conformes fécaux (CFU/100ml) (moyenne Géométrique	Nématodes Intestinaux (.ufs/1) (moyenne arithmétique)
Irrigation non restrictive. Culture de produits pouvant être consommés crus.	<100	Absence
Légumes qui ne sont consommés que cuits. Légumes destinés à la conserverie ou à la transformation non alimentaire.	<250	<0,1
Arbres fruitiers (1). Cultures et arbustes fourragers (2). Cultures céréalières. Cultures industrielles (3). Arbres forestiers. Plantes florales et ornementales (4).	Seuil Recommandé <1000	<1
Cultures du groupe précédent (CFU/100ml) utilisant l'irrigation localisée (5) (6).	pas de norme Recommandée	pas de norme recommandée

(1) L'irrigation doit s'arrêter deux semaines avant la cueillette. Aucun fruit tombé ne doit être ramassé sur le sol.

L'irrigation par aspersion est à éviter.

(2) Le pâturage direct est interdit et il est recommandé de cesser l'irrigation au moins une semaine avant la coupe.

(3) Pour les cultures industrielles et arbres forestiers, des paramètres plus permissifs peuvent être adoptés.

(4) Une directive plus stricte (<200 coliformes fécaux par 100 ml) est justifiée pour l'irrigation des parcs et des espaces verts avec lesquels le public peut avoir un contact direct, comme les pelouses d'hôtels.

(5) Exige une technique d'irrigation limitant le mouillage des fruits et légumes.

(6) A condition que les ouvriers agricoles et la population alentour maîtrisent la gestion de l'irrigation localisée et respectent les règles d'hygiène exigées. Aucune population alentour.

Tableau II.4: Réglementation physico-chimiques pour la réutilisation des eaux usées épurées en agriculture pour l'Algérie [6].

	Paramètres	Unités	Concentration Maximale Admissible
Physiques	pH	-	6.5 < pH < 8.5
	MES	mg/l	30
	CE	ds/m	3
	Infiltration le SAR = 0 - 3	ds/m	0,2
	CE		0,3
	3 – 6		0,5
	6 – 12		1,3
12 – 20		3	
20 – 40			
Chimiques	DBO ₅	mg/l	30
	DCO	mg/l	90
	CHLORURE (CL)	mg/l	10
	AZOTE (NO ₃ -N)	mg/l	30
	BICARBONATE (HCO ₃)	mg/l	8,5
Eléments toxiques (*)	Aluminium	mg/l	20,0
	Arsenic	mg/l	2,0
	Béryllium	mg/l	0,5
	Bore	mg/l	2,0
	Cadmium	mg/l	0,05
	Chrome	mg/l	1,0
	Cobalt	mg/l	5,0
	Cuivre	mg/l	5,0
	Cyanures	mg/l	0,5
	Fluor	mg/l	15,0
	Fer	mg/l	20,0
	Phénols	mg/l	0,002
	Plomb	mg/l	10,0
	Lithium	mg/l	2,5
	Manganèse	mg/l	10,0
	Mercur	mg/l	0,01
	Molybdène	mg/l	0,05
	Nickel	mg/l	2,0
	Sélénium	mg/l	0,02
	Vanadium	mg/l	1,0
Zinc	mg/l	10,0	

(*) : Pour type de sols à texture fine, neutre ou alcalin

Tableau II.5 : Liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées [6].

Groupes de cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées	Liste des cultures
Arbres fruitiers(1)	Dattiers, vigne, pomme, pêche, poire, abricot, nêfle, cerise, prune, grenade, figue, rhubarbe, arachides, noix, olive.
Agrumes	Pamplemousse, citron, orange, mandarine, tangerine, lime, clémentine.
Cultures fourragères (2)	Bersim, maïs, sorgho fourragers, vesce et luzerne.
Culture industrielles	Tomate industrielle, haricot à rames, petit pois à rames, betterave sucrière, coton, tabac, lin.
Cultures céréalières	Blé, orge, triticales et avoine.
Cultures de production de semence	Pomme de terre, haricot et petit pois.
Arbustes fourragers	Acacia et triplex.
Plantes florales à sécher ou à usage industriel	Rosiers, iris, jasmin, marjolaine et romarin.

- (1) L'irrigation avec des eaux usées épurées est permise à condition que l'on cesse l'irrigation au moins deux (2) semaines avant la récolte. Les fruits tombés au sol ne sont pas ramassés et sont à détruire.

I.4.3. Risques de la réutilisation des eaux épurées

I.4.3.1. Risque sanitaire

Des virus, des bactéries, des protozoaires et des helminthes pathogènes passent dans les excréments des personnes infectées et peuvent être transmis soit par voie (par exemple, par la consommation de légumes contaminés), soit par la peau [7].

I.4.3.2. Le risque environnemental

Il réside dans la dégradation de la qualité des sols, des eaux souterraines et de surface, Les sols ayant une perméabilité interstitielle (gravier, sable) permettent une bonne épuration à l'inverse des sols fissurés (calcaire, dolomies, granit, etc.). Les nappes libres sont les plus exposées à la contamination, non seulement parce qu'elles ne bénéficient pas d'une protection naturelle vers la surface, mais encore parce qu'elles sont en général peu profondes. La réutilisation des eaux usées épurées peut donc être remise en cause dans des zones qui cumulent ces facteurs de risque [8].

I.4.3.2.a. Effets sur les eaux souterraines

Dans certaines conditions, les effets sur les eaux souterraines sont plus importants que les effets sur le sol. La pollution des eaux souterraines avec des constituants de l'eau usée est possible [9].

I.4.3.2.b. Effets sur les eaux de surface

La concentration élevée en N et P dans l'eau usée est d'un intérêt particulier lorsque l'eau usée épurée est mélangée dans un barrage, car ces éléments peuvent créer des conditions favorables à l'eutrophisation. Dans de telles conditions, l'apparition d'algues vertes est très fréquente et il est difficile de remédier aux problèmes y associés [9].

I.4.3.2.c. Effets sur les cultures

Au-delà de l'effet global de certains constituants de l'eau usée épurée sur les cultures irriguées comme la salinité, l'eau usée épurée peut potentiellement créer une toxicité due à une concentration élevée de certains éléments comme le bore et quelques métaux lourds [9].

I.4.3.2.d. Effet sur le sol

✓ La salinisation du sol

La salinisation du sol par une eau d'irrigation est une caractéristique physico-chimique produit par l'irrigation à cause des effets combinés de plusieurs facteurs (climat, caractéristiques du sol, topographie du terrain, techniques culturales, conduite des irrigations). En effet, chaque facteur va contribuer, selon son état, à l'accentuation ou à l'atténuation de la salinisation du sol [10].

✓ Qualité d'eau d'irrigation

La qualité de l'eau utilisée en irrigation est un facteur de premier ordre dans la salinisation du sol. Les effets d'une eau d'irrigation sur le sol sont jugés à travers la concentration totale de cette eau en sels solubles et par son rapport de sodium absorbable (SAR) [11].

✓ **Mode d'irrigation**

Lorsque l'eau est de mauvaise qualité, le mode, la dose et la fréquence d'irrigation ont une influence directe sur le processus de salinisation du sol. Dans ces conditions, une dose supérieure aux besoins du sol est favorable à une lixiviation (lessivage) des sels. Ce qui permet de maintenir la salinité du sol à un niveau raisonnable surtout si le drainage interne et externe est convenable [10].

✓ **Nature de sol**

Les caractéristiques du sol qui jouent un rôle primordial dans l'accentuation ou l'atténuation du processus de salinisation sont la texture, la perméabilité et le taux en calcaire.

Une expérience d'irrigation par des eaux salées sur deux sols de texture différentes a été faite en 2005, un premier sableux et un second plutôt argileux. Il est constaté que la salinité a atteint des niveaux élevés dans le sol argileux. A la fin de l'expérience, la salinité est entre 15,8 et 19,1 mS/cm dans le sol à texture argileuse, alors qu'elle est entre 1,2 et 6,6 mS/cm dans le sol sableux.

✓ **Accumulation de métaux dans le sol**

Bien que la concentration en métaux dans les eaux usées surtout traitées soit faible, l'irrigation peut, à terme, entraîner l'accumulation de ces éléments dans le sol.

L'accumulation d'éléments métalliques (EM) suite à l'irrigation avec des eaux usées brutes est souvent constatée. Ainsi, MAPENDA et al (2005) ont constaté une augmentation des teneurs en EM dans les horizons de surface des sols irrigués par des eaux usées brutes durant des périodes de temps plus ou moins importantes. Les teneurs trouvées dans les horizons de surface sont largement supérieures à celles trouvées dans les horizons de subsurface [10].

I.5. LA REUTILISATION DES EAUX USEES EPUREES

L'objectif principal de la réutilisation des eaux usées est non seulement de fournir des quantités supplémentaires d'eau de bonne qualité en accélérant le cycle d'épuration naturelle de l'eau, mais également d'assurer l'équilibre de ce cycle et la protection du milieu environnant.

Par définition, cette réutilisation est une action volontaire et planifiée qui vise la production des quantités complémentaires en eau pour différents usages afin de combler des déficits hydriques. En fonction des exigences de qualité des consommateurs, deux grandes classes de réutilisation peuvent être définies :[12]

- Les usages potables qui peuvent être directs, après un traitement poussé, ou indirects, après passage dans le milieu naturel.
- Les usages non potables dans les secteurs agricoles (irrigation), industriels et urbains.

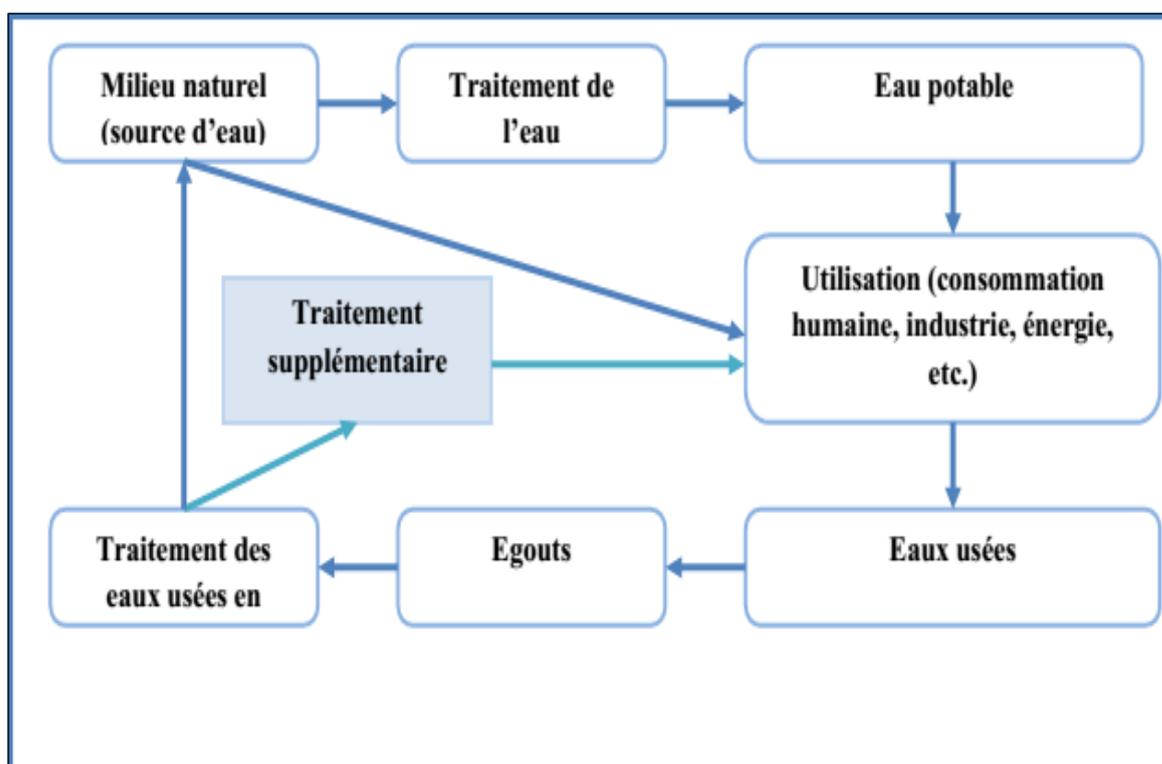
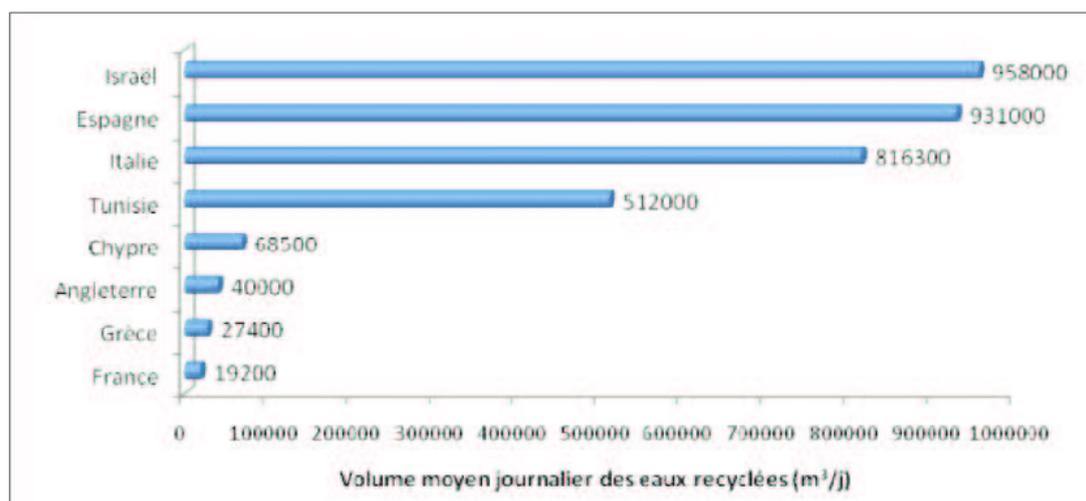


Figure I.3 : La réutilisation des eaux usées épurées dans le cycle de l'assainissement [13]

I.5.1. Les différents types d'usage des eaux usées épurées

Selon le cheminement de l'eau usée, la réutilisation peut permettre de répondre à la demande en eau dans divers secteurs et ainsi contribuer à la conservation des ressources en eau douce. Les pratiques de la réutilisation diffèrent selon les pays et suivant les circonstances socio-économiques, la structure industrielle, le climat, la culture, les préférences religieuses et les politiques [14].

Les Figures I4 et I5 résume quelques éléments quantitatifs sur les volumes et les principales voies de réutilisation dans les pays ayant une expérience significative dans ce domaine. Il apparaît que la réutilisation pour l'irrigation est essentiellement présente dans les pays réputés agricoles mais dont les ressources hydriques sont faibles, comme le bassin méditerranéen et le Sud des Etats-Unis [23].



Figures I4: Volume moyen journalier des eaux usées recyclées en Europe et quelques pays de la Méditerranée (données pour les années 2000-2003, adaptées de Jiménez et Asano, 2007).

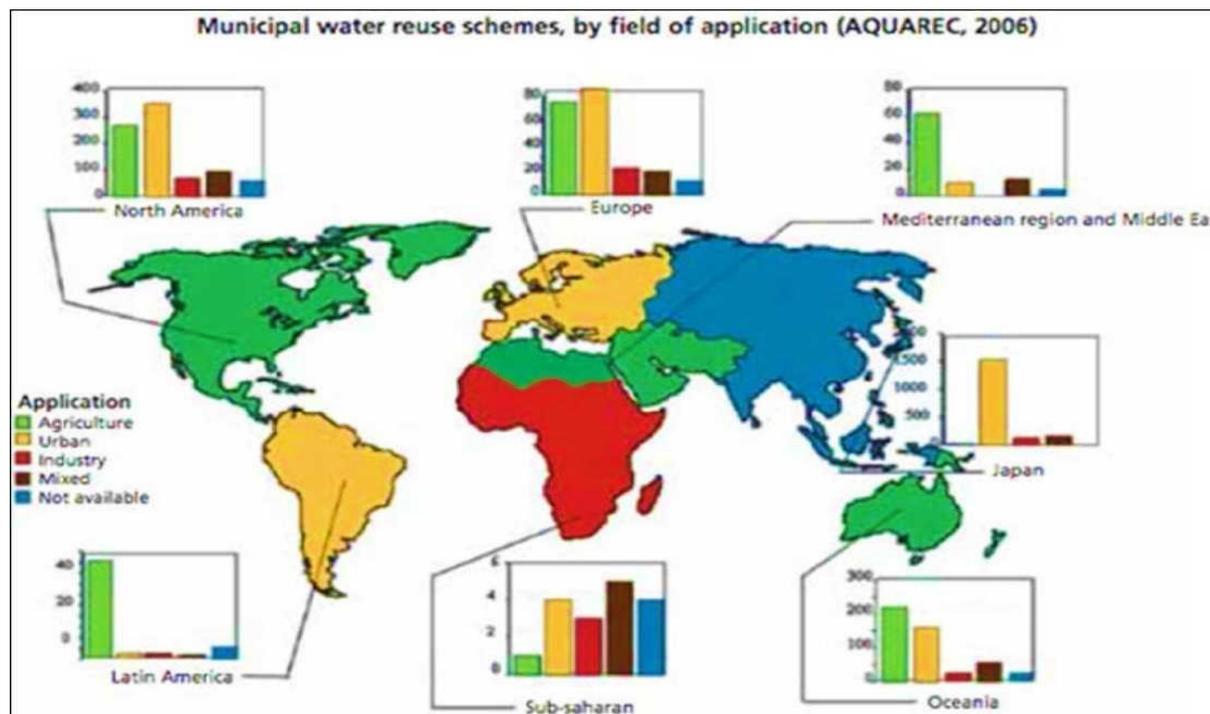


Figure I5 : Différents types de réutilisation suivant les zones géographiques [14]

I.5.1.a. Usage en aquaculture

Quand des poissons sont pêchés dans des étangs avec des eaux usées épurées et sont destinés à la consommation humaine, la qualité du traitement des eaux doit être minutieusement évaluée (qualité chimique et microbiologique) afin d'éviter la

bioaccumulation de contaminants toxiques à travers la chaîne alimentaire. Ainsi, les recommandations de l'OMS, 1989, exigent un nombre de coliformes totaux de 103 germes/100mL et l'absence d'œufs de nématode [15].

I.5.1.b. Usage industriel

La réutilisation industrielle des eaux usées est désormais une réalité technique et économique. Pour certains pays, l'eau recyclée fournit 85 % des besoins globaux en eau pour l'industrie (OMS, 1989). Les plus grands secteurs consommateurs de l'eau sont les centrales thermiques et nucléaires (eau de refroidissement) et les papeteries. La qualité de l'eau réutilisée est réglementée et dépend du type d'application ou de production industrielle [15].

I.5.1.c. Recharge de nappes

La principale motivation concernant la recharge de nappe est la dégradation de sa qualité physico-chimique et/ou la diminution de sa capacité. Ce mode de réutilisation a lieu essentiellement dans des zones arides qui doivent faire face à des problèmes d'assèchement de nappes, ou dans des zones côtières où les nappes sont envahies par l'eau de mer [16].

I.5.1.d. Usage en Agriculture

La majorité des projets de réutilisation des eaux usées concernent des utilisations agricoles, la réutilisation pour l'irrigation est essentiellement présente dans les pays réputés agricoles mais dont les ressources hydriques sont faibles [14].

L'irrigation agricole est cruciale pour améliorer la qualité et la quantité de la production agricole. Dans le monde entier, l'agriculture est le secteur le plus consommateur d'eau [14].

En effet, l'UNESCO (2000) a rapporté que le secteur de l'agriculture reçoit 67% des prélèvements totaux en eau et compte pour 86% de la consommation mondiale

La réutilisation, lorsqu'elle est correctement utilisée, peut permettre une utilisation plus efficace de l'eau dans le domaine de l'agriculture en vue d'une gestion durable de l'eau. Les principaux bénéfices de la réutilisation pour l'agriculture sont : [14]

- Une conservation des ressources en eau douce et leur allocation plus rationnelle, en particulier dans les pays en pénurie d'eau ;
- Un moyen d'éviter la pollution des eaux de surface en évitant le déversement d'eaux usées dans les plans d'eau ;
- Un apport naturel en nutriments (notamment azote, phosphore et potassium), donc des besoins en engrais artificiels réduits ;
- Amélioration des caractéristiques physiques des sols grâce à l'apport de matières organiques: prévention de l'érosion.

En effet, Dans le cas spécifique de l'irrigation, les bénéfices ne résident pas seulement dans la préservation du milieu et de la ressource, mais aussi dans la nature des eaux usées. En effet, elles contiennent des éléments fertilisants (azote, phosphore et potassium) ainsi que des oligoéléments (fer, cuivre, manganèse, zinc, etc.) qui sont bénéfiques pour les cultures, et qui peuvent augmenter significativement le rendement. Les MES contribuent également à la fertilisation des sols car elles sont riches en matière organique. L'utilisation d'eaux usées à la place d'engrais de synthèse coûteux est économiquement intéressante pour les agriculteurs. De plus, l'arrosage avec des eaux usées constitue une sorte de fertilisation, c'est-à-dire l'application combinée d'eau et de fertilisants via le système d'irrigation.

I.5.2. Exemples de la réutilisation des eaux usées dans le monde

Les projets se concentrent autour du bassin méditerranéen et dans les pays industrialisés, en Europe, aux États-Unis ou encore en Australie.

La réutilisation des eaux usées a toujours existé et est aujourd'hui une pratique largement répandue sur le pourtour sud de la Méditerranée, de l'Espagne à la Syrie. En effet, le bassin méditerranéen est une région où la pénurie en eau est particulièrement ressentie.

Tableau I.6 : Pays ayant des ressources en eau inferieures a 500 m³/hab par an
(FAO. L'irrigation en Afrique en chiffres: Enquête AQUASTAT 2005)

Pays	Ressources en eau renouvelables internes par habitant et par an (m ³)		Ressources en eau renouvelables totales par habitant et par an (m ³)	
	1994	2004	1994	2004
Algérie	411	348	427	361
Djibouti	537	421	537	421
Egypte	30	25	964	794
Jamahiriya arabe libyenne	129	106	129	106
Mauritanie	178	134	5 087	3 826
Niger	401	282	3 852	2 710
Tunisie	476	422	521	462

✓ *En Tunisie*

Au total, la REUT en Tunisie correspond à 8000 ha de périmètres publics irrigués, dont 4300 ha dans la région de Tunis, 100 ha de périmètres privés irrigués, environ 1000 ha de périmètre irrigué forestier, 450 ha d'espaces verts et 1040 ha de terrains de golf. Les cultures concernées par la REUT sont les cultures céréalières, les cultures fourragères (telles que la luzerne, le maïs, le sorgho fourrager), les arbres forestiers, les arbres fruitiers (tels que les agrumes, les oliviers, les pêchers), les plantes florales à sécher (telles que le rosier, le jasmin, le romarin) et les cultures industrielles [17].

✓ *Au Maroc*

Les eaux usées appréciées en tant que ressources en eau et comme source de fertilisation sont réutilisées pour l'irrigation depuis longtemps à l'aval de certaines grandes agglomérations continentales, là où les terrains sont disponibles en aval des lieux de déversement des effluents. Ces eaux usées irriguent actuellement, par un

Volume dépassent 60 millions de m par an, une superficie de plus de 6000 ha comprenant l'arboriculture, les fourrages, les céréales et les maraîchages.

L'étude de projet de la STEP de Youssoufia, à boues activées avec une désinfection par UV et d'une capacité prévue de 7200 m /jour, est terminée et les travaux de la station sont commencer en 2011.

Les objectifs fixés pour 2030 ne pourront être atteints que si et seulement si les eaux usées actuellement déversées dans la mer soient intégrées dans les systèmes de traitement et de réutilisation. L'usage global prévu pour 2030 serait alors de 44% pour l'irrigation agricole, 42% pour l'irrigation des espaces verts et golfs, 10% pour la recharge des nappes et 4% industriel [18].

✓ *En Egypte*

La réutilisation des eaux usées de la STEP de Gabal El-Asfar, située au Nord -Est du Caire, a commencé en 1911 avec l'irrigation de 200 ha de plantation forestière. Au milieu des années 1980, les champs (1260 ha) ont été convertis en production de citrons, céréales et légumes. Actuellement, la capacité de la STEP est de 1,7 Mm /jour et devrait atteindre, en 2014, 2,5 Mm³/jour. De plus, 70% de la puissance nécessaire au fonctionnement de la station sont fournis par le méthane produit pendant les procédés de traitement. Par ailleurs, au niveau du Delta occidental et oriental, il est prévu d'utiliser les eaux usées traitées du Caire et d'Alexandrie pour l'irrigation de 105 000 ha de terres.

Autres projets de REUT pour la plantation d'arbres, permettant de stopper la désertification qui se produit le long de la partie Est et Ouest du Nil. Ainsi, le volume global d'eaux usées traitées réutilisées en Egypte devrait atteindre 1200 Mm³/an, [19].

✓ *Jordanie*

L'eau usée produite en Jordanie est rapportée à 300 Mm³ et le volume des eaux usées traitée disponible était 50 Mm³ en 1993 et 69 Mm³ en 1995. Les principales plantations irriguées incluent des plantations d'*Eucalyptus* âgées moins de cinq ans, éparpillé et qui occupent généralement de petites régions; *Casuarina*, *Cupressus* et *Tamarix* [20].

I.5.3. L'eau en Algérie

Les ressources en eau en Algérie sont estimées en moyenne à 17,5 milliards de m³/an dont :

- ❖ 12 milliards de m³ dans les régions Nord :
 - 10 milliards de m³ (écoulements superficiels) (*).
 - 2milliards de m³ (ressources souterraines renouvelables).
- ❖ 5.5milliards dans les régions sahariennes :
 - 0.5milliards m³ (écoulements superficiels).
 - 5.0milliards m³ (ressources souterraines fossiles).

(*) Le long cycle de sécheresse a eu un impact sur les potentialités en eau superficielle du nord du pays avec une baisse tendancielle :

- 13.5 Mds de m³/an à la fin des années 70
- 12 Mds de m³ /an dans les années 80
- 10 Mds de m³/an dans les années 2000

Les ressources en eau non conventionnelles, évaluées sur la base de la capacité des installations existantes et projetées

- Dessalement d'eau de mer :850hm³ /an
- Eaux usées épurées : 1200hm³/an

Selon l'ONA (2015) le Classement de l'Algérie en situation de stress hydrique est de : 500 m³/hab/an en 2014 et ne sera que de 430 m³ en 2020. [21]

La réutilisation des eaux usées épurées notamment à des fins agricoles est devenue l'un des axes principaux de la stratégie du secteur des ressources en eau en Algérie. Devant la rareté de la ressource en eau conventionnelle, l'Algérie ne peut plus se permettre de tourner le dos à la possibilité de réutiliser les énormes quantités d'eaux usées rejetées dans la nature ou à la mer. C'est donc à l'enracinement d'une nouvelle culture de l'eau, qu'il faut s'atteler pour espérer l'émergence d'une mentalité et d'un comportement nouveaux [22].

I.5.4. Situation de la réutilisation des eaux usées épurées en Algérie

I.5.4.1. Situation de l'irrigation en Algérie

Le volume d'eau affecté à l'irrigation est de 6,4 milliards de m³, répartis selon l'APS (2016) comme suit :

- Superficielles : 1,75 milliards m³ (27%) à 0,8 milliards de m³ à partir des grands barrages (14%) ;
- Souterraines : 4,6 milliards de m³ (72%) ;
- Eaux épurées : 0,05 milliard de m³ (0,7%).

Étant donné que 70% de la consommation des eaux est destinées à l'irrigation, conjuguée avec les perspectives sectorielles en matière de développement Hydro Agricole qui prévoient l'atteinte de l'objectif de plus de deux (02) millions Ha à l'horizon 2019. Un besoin en eau sera engendré de près de 12 milliards de m³ /an

Le tableau suivant illustre l'évolution des superficies irriguées à travers le territoire national :

Tableau I.7: Evolution des superficies irriguées à travers le territoire national [21]

Année	Superficie irriguée (ha)	Ecart des superficies par quinquennal
2005	720 501	200 455
2006	840 724	
2007	1 156 427	
2008	925 598	
2009	920 956	
2010	939 507	84 586
2011	923 841	
2012	955 138	
2013	1 017 062	
2014	1 024 094	
2015-2019	2 136 000	1 111 906

Commentaire :

Pour le quinquennal 2015 -2019, les pouvoirs publics ont accordé une priorité au développement hydro agricole ce qui explique la programmation l'extension de un million d'hectare Deux types d'exploitations agricoles irriguées : les grands périmètres irrigués (GPI) relevant de l'État et gérer par l'ONID. Ces périmètres sont irrigués par des barrages et des forages dans le nord du pays, dans le sud l'irrigation est assurée à partir des forages profonds dans les grandes nappes de l'albien [23].

Leur superficie est de l'ordre de 200000 ha, les cultures pratiquées dans les GPI (en 2008) l'arboriculture (64,6 %), le maraîchage (28,5 %), les cultures industrielles (6,1 %) et le reste en céréales et fourrages.

Les petites et moyennes hydrauliques (PMH) constituées de petits périmètres et aires d'irrigation (productions privés) [23].

I.5.4.2. La réutilisation des eaux usées épurées en Algérie

La réutilisation des eaux usées épurées est une action volontaire et planifiée qui vise la production de quantités complémentaires en eau pour différents usages. Aujourd'hui la stratégie nationale du développement durable en Algérie se matérialise particulièrement à travers un plan stratégique qui réunit trois dimensions à savoir : Sociale, Economique et Environnementale.

Le réseau national d'assainissement totalise un linéaire de 27000km. Le taux de recouvrement est, hors population éparses, de 85%. Le volume global d'eaux usées rejetées 3 annuellement est évalué à près de 600 millions de m³, dont 550 pour les seules 3 agglomérations du nord. Ce chiffre passerait à près de 1150 millions de m³ à l'horizon 2020.

La réutilisation des eaux usées épurées pour l'irrigation doit concerner en priorité les zones déficitaires en eau conventionnelle [22].

Parmi les stations d'épuration exploitées par l'ONA à travers les 43 wilayas (Départements), quelques-unes sont concernées par la réutilisation des eaux usées épurées en agriculture.

A fin 2011, le volume réutilisé est estimé à 17 millions de m³ /an, afin d'irriguer plus de 10 000 hectares de superficie agricoles [22].

CONCLUSION

L'épuration des eaux résiduaires consiste à réduire la charge en matières organiques et minérales. Lors de cette étape, il se produit un transfert de la pollution de la phase liquide (eau) vers une phase plus concentré (boues) et une phase gazeuse (CO₂, N₂)

Les techniques appliquées doivent tenir compte de la nature de ces eaux tout comme des propriétés du milieu récepteur.

II.1.PRESENTATION DE LA STATION D'EPURATION DE BARAKI : [24]

La station d'épuration des eaux usées d'EL HARRACH, située dans la commune de BARAKI intéresse les 10 arrondissements du grand Alger,

Le site de la station est situé sur le carrefour Sidi RZINE (sur la droite de la RN8).

Elle à une capacité épuratoire de 900 000 EH pour une moyenne théorique de 147 000m /jr ; cette station traite les eaux communes du grands ALGER. Initialement mise en service en 1989 ; elle n'a plus fonctionné pendant une longue période, jusqu'à sa réhabilitation récente. La station a doublé sa capacité à 1,8 million EH après la mise en service en 2015 de la 2eme tranche (900 000 EH). Alors qu'une 3eme tranche de 900 000 EH est à l'étude (préparation de la filière de traitement tertiaire).



Figure II 1 : Localisation satellite de la STEP de BARAKI (Google, 2021).

Les eaux brutes d'OUED EL HARRACH et de BABA ALI arrivent dans deux collecteurs (un gravitaire et l'autre en refoulement) qui se rejoignent dans un regard placé à l'entrée de la station avant de passer au poste de relevage

Cette station a reçu en moyenne 63 400 m³ /jour en 2013 et produisait 12 200 tonnes de boue (23,9 % de siccité).

Les performances de traitement permettent de garantir une conformité aux normes de rejet supérieur à 99 % et un rendement d'élimination de la pollution supérieur à 95 %.

Le bassin de traitement reçoit les eaux évacuées de la station de pompage d'El-Harrach 70 % et 30 % arrivent dans un collecteur de Baba-Ali. Après traitement l'eau est acheminée directement pour être versée dans le milieu récepteur (Oued El-Harrach).

. La station de BARAKI est de type boues activées, elle se compose de deux filières :

- **Filière Eau** : Elle s'intéresse aux différentes étapes du traitement des eaux usées ;
- **Filière Boue** : Son but est de désinfecter et réduire le volume de la boue.

II.2. PRESENTATION DE L'ORGANISME D'ACCUEIL « SEAAL » :

II.2.1. Historique : [24]

La société des Eaux et d'Assainissement d'ALGER « **SEAAL** » est née en 2006 de la volonté politique des autorités algériennes d'améliorer rapidement la quantité et le cadre de la vie des citoyens, en particulier dans la capitale

II.2.2. L'historique des installations est suivant :

DEBUT 1989 : mise en route des installations sous la responsabilité d'OTV (constructeur) et EPEAL (exploitant)

Juin 1989 : problème d'ensablement dans le canal amont du dégrillage, arrêt des installations 22 jours

1989-1992 : fonctionnement de la STEP UNIQUEMENT pendant la journée (arrêt la nuit)

Mars-Avril 1992 : essais de performance réalisés pas OTV

Juillet-octobre 1993 : mise en route des installations

Depuis avril 1995 :

CHAPITRE II : PRESENTATION DE LA STEP DE BARAKI « ALGER »

- La station de pompage de la glacière (SRG2) principal pompage alimentant la STEP a été détruite lors d'un attentat en avril 1995 .depuis la station de BARAKI a alimenté par un collecteur de BABA ALI (débit estimé) a 1% De la capacité hydraulique de la STEP

- Les postes PR1,PR2 , dégrillage seul fonctionne depuis 1995 (environ 30min /jour)
- La filière de traitement des boues n'a réellement jamais fonctionné de manière satisfaisante

Juin2004 : la DRHEE (Alger) confie a la société VA TECH WABAG Algérie la réhabilitation de remise en service et exploitation pendant 2ans

Fin 2007 : date de mise en service

15mars 2009 : début d'exploitation. [24]

Tableau II 01 : Caractéristiques générales de la station d'épuration de BARAKI « ALGER » (SEAAL, 2020-2021).

Nom	Station d'épuration de BARAKI
Adresse	Carrefour de Sidi Rzine BARAKI
Maitre d'ouvrage/Exploitant	DRHEE /SEAAL
Année de mise en route	1989
Type de réseau d'assainissement	Unitaire
Nature d'effluents	Domestiques et industriel
Capacité nominale	1.8million EH
Débit moyen journalier	147 000 m ³ /j
Débit moyen horaire	6 120 m ³ /j
Débit de pointe en temps sec	7 920 m ³ /j
Débit de pointe en temps de pluie	15 840 m ³ /j

Tableau II 02: Récapitulatif des données de base de la STEP pour état actuelle 2020-2021

Paramètres physico-chimique	Eau brute flux nominal journalier	Concentration sur échantillon moyen 24 h
MES	66 096 kg /j	30 mg/l
DBO5	44 064 kg /j	40 mg /l
DCO	73 440 kg /j	120 mg /l

II.3. FONCTIONNEMENT DE LA STATION D'EPURATION DE BARAKI : [24]

Les eaux usées ne devraient pas être rejetées dans le milieu naturel, sans traitement publique.

Pour cela les systèmes d'assainissements doivent assurer la collecte des eaux usées et leur acheminement vers les stations d'épuration pour traitement selon les normes de rejet avant d'être évacuée dans le milieu récepteur. Le traitement par les **boues activées** est le type de traitement le **plus dominant**.

II.3.1. FILIERE EAU :

II.3.1.1. Relevage de l'eau :

→ **PRINCIPES DE FONCTIONNEMENT GENERAL** : L'eau issue du collecteur RIVE GAUCHE arrive dans le poste de relevage SGR2 situé à l'extérieur du site. L'eau est relevée grâce à 3 vis de relèvement de type Archimède vers la station de pompage PR1 ; } Les eaux issues de la station de pompage SRG2, du collecteur HARRACH industriel ainsi que les retours de déshydrations et du traitement des matières de curages, arrivent dans le poste de relevage PR1. L'eau, après un premier dégrillage grossier, est relevée grâce aux vis de relevage et aux pompes vers la station de pompage PR2 ; } Les eaux issues de la station de pompage PR1, de la conduite BABA ALI ainsi que les retours épaisseurs arrivent à la

station de pompage PR2. L'eau, après un nouveau dégrillage très grossier, est relevée grâce aux vis de relevage et une pompe vers le poste de dégrillagPR2. [24]

→ **Tableau II.3 : Éléments compris dans la section (SEAAL2020-2021)**

	Equipement	Tag
SRG2	Vis de relevage	403A_PO101D
	Mesure de niveau amont	LIT1
	Mesure de niveau aval	LIT2
	Détection de niveau amont	403A_LSH301_
	Grille grossière manuelle	403A_SD201_

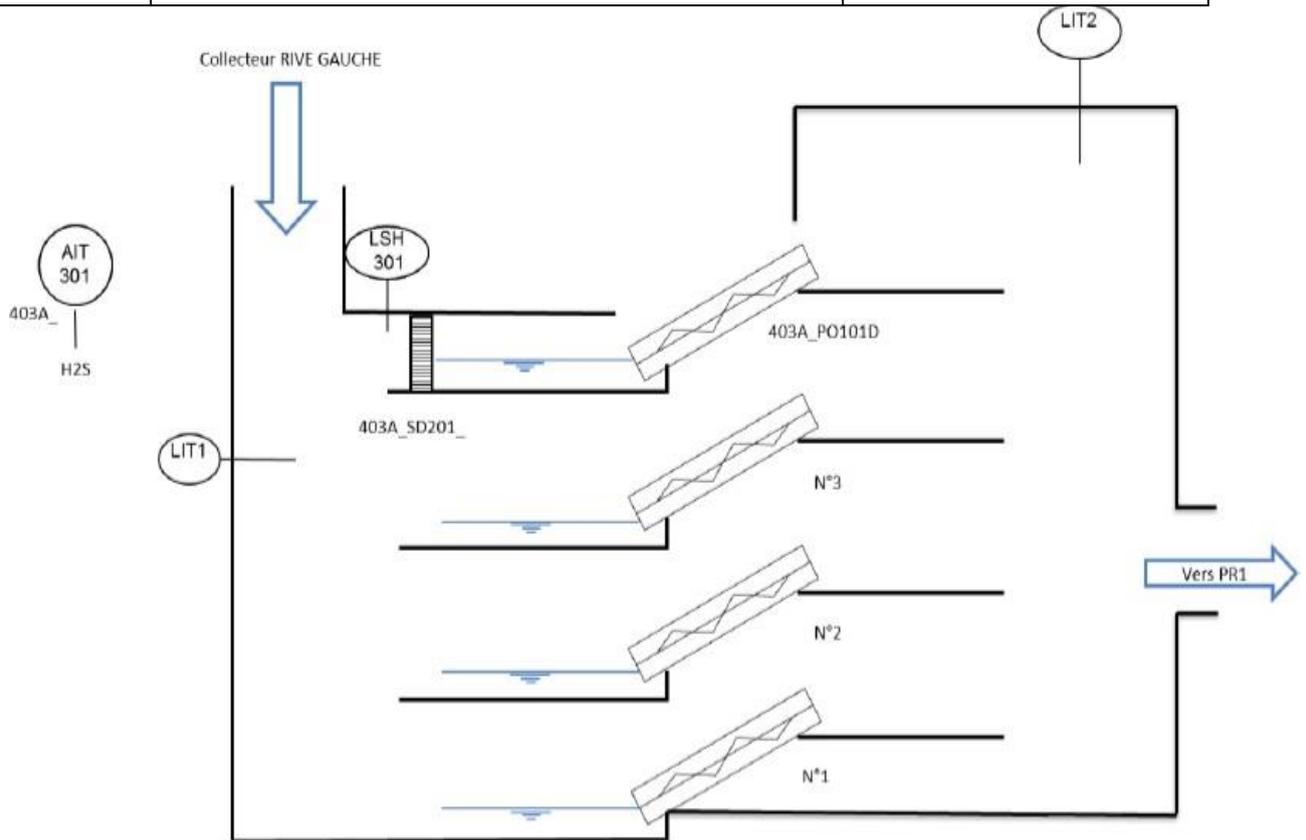


Figure II.02 : Schéma de la station de relevage SRG2 [SEAAL2020-2021]

➤ SRG2 :

- Le poste de relèvement SRG2, situé à l'extérieur de la station d'épuration de BARAKI, est alimenté par l'émissaire RIVE GAUCHE.

Ce poste est composé de 4 vis de relèvement d'un débit unitaire de 11 304 m³/h :

3 vis à deux vitesses (n°1/n°2/n°3) installées en tranche 1 (existante) ; 1 vis à vitesse fixe (403A_PO101D) installée en tranche 2 (nouvellement installée).

- Une grille grossière de protection est installée dans la tranche 2, en amont de la vis (403A_PO101D).

- Les 3 vis à deux vitesses sont en mesure de relever le débit temps de pluie. La quatrième vis (403A_PO101D) permet de disposer d'un secours en cas d'indisponibilité d'une vis.

- Le fonctionnement des vis est piloté par la mesure de niveau (LIT1) installée en amont des vis.

- Les vis n°1 et n°2, plus longues, permettent de travailler à un niveau de bêche inférieur. La vis n°3 est utilisée lorsque le niveau dans la bêche est au plus haut.

- Une mesure de niveau (LIT2), installée dans le collecteur de refoulement, permet d'arrêter les vis en cas de saturation du canal de refoulement.

- Une mesure, reliée à une alarme sonore et visuelle, est installée dans le poste de relèvement SRG2.

- En secours de la mesure de niveau (LIT1), un détecteur de niveau haut (403A_LSH301_) est installé en amont de la vis 403A_PO101D.

- En cas de fonctionnement sur groupe électrogène, on ne pourra travailler qu'avec l'équivalent de trois vis à petite vitesse, c'est-à-dire :

- soit les 3 vis (n°1/n°2/n°3) à petite vitesse.

- soit la vis (403A_PO101D) à vitesse fixe et une seule des trois autres vis.[24]

➤ **Poste de relevage N°1 (PR N°1)**

C'est le premier point d'entrée des eaux à la station d'épuration venant de la station de pompage d'El-Harrach et les retours en tête de déshydratation, il est situé à 0.5 m en dessus du niveau de la mer. Il est constitué de trois vis d'Archimède (deux petites vis avec un débit de 8 640 m³ /h, et une autre grande avec un débit de 14 400 m³ /h), deux pompes qui assurent le refoulement des eaux usées (un relèvement d'une côte de 0,45 m jusqu'à 9 m) et une grande grille qui permet d'éliminer les grands déchets.[24]

Le poste de relèvement PR1, situé sur le site de la station d'épuration de BARAKI, est alimenté par :

- L'émissaire venant de SRG2 ;
- Le collecteur HARRACH industriel ;
- Les retours en tête du traitement des matières de curages ;
- Les retours en tête de la déshydrations de la tranche 1.

→ **Tableau II 04 : Éléments compris dans la section (SEAAL2020-2021)**

Zone	Equipement
PR1	Vis de relevage
	Pompes
	Mesure de niveau dans le canal d'arrivée de PR1
	Détection de niveau
	Détection de niveau bas dans le canal d'arrivée de PR1
	Détection de niveau très bas dans le canal d'arrivée de PR1
	Détection de niveau très haut en amont des nouvelles pompes
	Détection de niveau très bas en amont des nouvelles pompes
	Grilles grossières manuelle existante
	Nouvelle grille grossière manuelle

➤ **Poste de relevage N°2 (PR N°2) :** Ce poste reçoit les eaux de Baba Ali et les eaux de PR N°1, ainsi que les retours en tête de l'épaississeur. Il comporte une grande grille pour retenir les grands déchets, 3 vis d'Archimède et une pompe, ces derniers assurent le relèvement des eaux usées jusqu'au poste de dégrillage à une hauteur de 15,4 m.

Tableau II .05 : éléments compris dans la section (SEAAL2020-2021)

Zone	Equipements
PRN1	Vis de relevage
	Pompes
	Grilles grossières manuelle existante
	Nouvelle grille grossière manuelle
	Mesure de niveau existante
	Nouvelle mesure de niveau
	Détection de niveau bas et très bas existante
	Nouvelle détection de niveau haut & très haut
	Nouvelle détection de niveau très bas

Le poste de relèvement PR2, situé sur la station d'épuration, est alimenté par :

- Le canal intermédiaire de PR1 ;
- La conduite BABA ALI ;
- Les retours en tête des épaisseurs des boues primaires de la tranche 1.

II.3.1.2. Prétraitement : Les dispositifs des prétraitements sont présents dans toutes les stations d'épuration, ils ont pour but d'éliminer les particules solides les plus grossières susceptibles de gêner les traitements ultérieurs ou d'endommager les équipements : les déchets volumineux (par dégrillage), le sable (par dessablage), et les corps gras (par dégraissage-déshuilages). Le prétraitement comprend donc les étapes suivantes :

II.3.1.2.a. Dégrillage :

Après le refoulement des eaux usées au poste de dégrillage par les vis d'Archimède, l'eau passe à travers le dégrilleur. Il est constitué de deux dégrilleurs grossiers manuels avec un espacement de 60 mm entre les barreaux, deux autres dégrilleurs fins manuels avec un espacement de 20 mm entre les barreaux, et un autre dégrilleur fin automatique (20 mm) afin de retenir les déchets. Ces derniers sont évacués par des tapis transporteurs automatiques (qui se trouvent derrière chaque dégrilleur) pour les transporter vers les bennes.

II.3.1.2.b. Dessableur/Déshuileur :

Après le dégrilleur, l'eau passe dans un autre bassin par des conduites souterraines et avec une vitesse ascendante très grande par rapport à la vitesse de l'eau à l'entrée, ce qui assure la décantation du sable qui est ensuite évacué par des racleurs au fond, puis par des pompes d'aspiration transportant ces derniers vers les classificateurs à sable, et enfin vers la décharge.

Par contre les huiles et les graisses flottent à la surface de l'eau grâce aux bulles d'air comprimés injectées par les suppresseurs d'air se trouvant au fond du bassin. Les huiles et les graisses sont ensuite raclées à la surface du bassin par un racleur, puis refoulées par des pompes vers les bâches à graisses.



Figure II.06 : Dessableur/Déshuileur.

II.3.1.3. Décanteur primaire

La STEP de BARAKI comporte 4 décanteurs (**figure07**), l'étape de décantation permet la séparation solide-liquide. Après la décantation, l'eau est acheminée vers le bassin d'aération et la boue primaire est transportée par des pompes vers l'épaississeur.



Figure II.07 : Décanteur primaire

II.3.1.4. Traitement secondaire :

Ce type de traitement recouvre les techniques d'élimination des pollutions carbonées et azotées. Dans la majorité des cas, l'élimination de la pollution s'appuie sur des procédés de nature biologique.

Le métabolisme aérobie est le processus le plus rapide, il s'effectue dans un réacteur où on met en contact les micro-organismes épurateurs et l'eau à épurer en présence de l'oxygène.

II.3.1.2.a. Bassins d'aération :

La STEP de BARAKI est constituée de deux bassins d'aération (**figure II 08**) d'un volume unitaire de 18 000 m³. Ces bassins fournissent de l'oxygène à l'aide des souffleurs d'air (trois turbocompresseurs), afin de maintenir une concentration constante des bactéries dans l'eau. Ces dernières vont se nourrir de la pollution biodégradable et forment de gros floccs qui décantent ; lesquels à leur tour constituent des masses flocculeuses dites « boues activées ».



Figure II.08 : Bassins d'aération

II.3.1.2.b. Clarificateurs :

La STEP de BARAKI contient 4 clarificateurs circulaires assurant la décantation des boues dans la STEP. Chaque clarificateur est équipé d'un pont racleur où s'effectue la séparation par décantation des flocs biologiques constituée dans le bassin d'aération (boues activées) et de l'eau traitée.

L'eau traitée est évacuée vers un bassin d'eau traitée, puis elle est acheminée vers oued El-Harrach. Une partie des boues sédimentées où les boues en excès sont évacuées du clarificateur vers l'épaississeur par les trois pompes d'extraction des boues, l'autre partie des boues sont réinjectées dans le bassin d'aération afin de maintenir une concentration de biomasse nécessaire à la dégradation de la pollution (boues recyclées ou boues de routeurs).



Figure. II 09: Clarificateurs.

II.3.2. FILIERE BOUE :

Les boues passent par une série de traitements afin de réduire leur volume et les rendre stables avant leur évacuation vers la décharge.

II.3.2.1. Epaissement :

C'est la première étape de traitement des boues, elle a pour but de réduire le volume en augmentant la concentration. La STEP de BARAKI est constituée de deux épaisseurs (figure II 09) qui ont pour objectif de limiter le volume des boues à transporter vers le digesteur, dans lesquels les boues primaires et les boues en excès sont mélangées. Les boues épaissies sont transportées du fond de l'ouvrage vers les digesteurs à l'aide des trois pompes. L'eau est récupérée par surverse et rejoint le poste de relevage N°2 (PRN°2).



Figure II.10 : Épaisseur

II.3.2.2. Digestion anaérobie :

Il s'agit d'un procédé qui permet de réduire la masse (matières sèches) et de stabiliser la matière organique et donc de diminuer les nuisances olfactives tout en produisant une énergie valorisable « le biogaz ».

La digestion anaérobie permet une réduction de la matière organique des boues par des bactéries en l'absence d'oxygène. Les boues épaissies fermentent en séjournant au sein d'un digesteur, malaxées avec le gaz digestif et chauffées, elles abandonnent une partie de leur humidité. Sous l'effet des ferments anaérobies qui se développent au sein de la masse de boue, certaines matières organiques sont dissociées en matières minérales et en méthane (CH₄). Le biogaz peut être valorisé en chaudière, la chaleur produite peut être utilisée pour le chauffage.

La station comprend :

- Deux digesteurs primaires brassés (**figure II 12**) et chauffées alimentées par les boues épaissies ;
- Un digesteur secondaire brassé non chauffé alimenté par les boues digérées primaires.



Figure.II 17 : Digesteur.

II.3.2.3. Déshydratation :

La déshydratation des boues en excès est assurée par les filtres à bande, les boues traitées sont mélangées avec des polymères (pour agglomérer les boues). Le mélange des boues et des polymères est déversé sur un tapis roulant perméable qui permet l'élimination de l'eau des boues, et de modifier son état physique de l'état liquide vers l'état pâteux.

Ces boues sont ensuite stockées dans des sillons de stockage avant d'être envoyés à la décharge, tandis que l'eau de déshydratation rejoint le poste de relevage N°1 (PR N°1).

III. INTRODUCTION :

Notre étude a été réalisée au niveau de la station d'épuration Baraki, afin d'établir l'efficacité de la chaîne de traitement des eaux usées d'origine principalement urbaines. Ainsi que son rendement épuratoire. Il est nécessaire d'effectuer une série d'analyses sur les paramètres indicateurs de la pollution.

III.1. ECHANTILLONNAGE :

Il existe plusieurs modes d'échantillonnage, mais au niveau de la STEP de Baraki le prélèvement journalier est automatique (**Figure III.1**) dans le but d'avoir des échantillons homogènes et représentatifs du rejet



Figure III.1:préleveur automatique

III.2. POINTS ET MODES DE PRELEVEMENT:

Pour évaluer l'efficacité du traitement effectué dans la station d'épuration, deux points de prélèvement ont été choisis à savoir:

- Un prélèvement de l'eau brute n'ayant subi aucun traitement (Figure III.2)
- Un deuxième prélèvement de l'eau épurée à la sortie du clarificateur (Figure III.3)
- Les échantillons d'eaux brutes et d'eaux traitées sont amenés au laboratoire d'analyse dans une glacière.



Figure III.3 : Eau traitée

Figure III.2 : Eau brute

III.3. METHODES ET MATERIELS :

III.3.1. Analyses physico-chimiques :

Les analyses physico- chimiques portent sur les paramètres suivants:

- Température
- Potentiel d'hydrogène (pH)
- Conductivité électrique
- Matières en suspension (MES)
- Demande chimique en oxygène (DCO)
- Demande biochimique en oxygène (DBO)
- Nitrates et les nitrites
- Phosphates

III.3.1.1. Détermination de pH :

➤ Principe:

Mesure de la différence du potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence plongeant dans une même solution.

➤ Mode opératoire :

- Allumer le Ph mètre et rincer l'électrode avec de l'eau distillée;
- Prendre dans un petit bécher, la solution tampon PH =7;
- Laisser stabiliser un moment jusqu'à affichage du standard 2;
- Enlever l'électrode et la rincer abondamment avec de l'eau distillée;
- Ré étalonné de la même manière avec les solutions tampon PH;
- Prendre environ 100 ml d'eau à l'analyser et faire la correction de température;
- Mettre un agitateur avec une faible agitation;
- Tremper l'électrode avec les précautions habituelles dans le bécher;
- Laisser stabiliser un moment avec une faible agitation, puis noter le pH.

➤ Expression de résultats :

L'appareil donne la valeur de la température exprimée en degré (0°C), ainsi que la valeur pH.



Figure III.4 : pH mètre

III.3.1.2. Mesure de la conductivité :

➤ Principe :

Détermination directe à l'aide d'un instrument approprié de la conductivité électrique de solutions aqueuses. La conductivité électrique est une mesure du courant conduit par les ions présents dans l'eau (phénomène conducteur de la deuxième espèce et dépend de la conductivité des ions, nature des ions, température et viscosité de la solution.

➤ Mode opératoire :

- allumer le conductimètre et rincer l'électrode avec l'eau distillée;
- prendre dans un petit bécher, la solution standard de KCL.
- Laisser stabiliser un moment jusqu'à affichage de la constante de cellule;
- Prendre environ 100 ml d'eau à analyser;
- Tremper l'électrode avec les précautions habituelles dans le bécher;
- Laisser stabiliser un moment, puis noter la valeur de la conductivité affichée.

➤ Expression des résultats :

Le résultat est donné directement en $\mu\text{S}/\text{cm}$.



Figure III.5 : conductimètre

III.3.1.3. Mesure de la matière en suspension (MES) :

➤ Mode opératoire :

- Sécher les papiers filtre MES dans une étuve à 105°C±2°C jusqu'à un masse constante, laissé refroidir en dessiccateur et peser à 0.1 mg près;
- Placer le filtre dans l'équipement de filtration et mettre en marche le dispositif d'aspiration;
- Verser progressivement l'échantillon sur le filtre jusqu'à ce que le dispositif soit vidé. Le volume vidé doit être <100 ml et permettant d'obtenir au moins une masse de 1mg par 2cm de surface filtrante. Toutefois dans le cas OÙ celle.
- ci peut ne pas être satisfaite le volume de l'échantillon doit être augmenté à au moins 500ml;
- Rincer le récipient ayant contenu l'échantillon avec 10ml environ d'eau distillée et faire passer les eaux de lavage sur le filtre;
- Laisser essorer et sécher le filtre à 105°C ±2°C. Laisser refroidir en dessiccateur et peser à 0.1 mg près si le résidu est inférieur à 20 mg, ou à 0.5 mg Près si le résidu est supérieur à 20 mg. Recommencer les opérations de séchage, de refroidissement et de pesées jusqu'à ce que la différence entre deux pesées successives n'excède pas 0.1 ou 0.5 mg.

➤ Expression des résultats :

$$[\text{Taux de matière en suspension mg/l} = (M1-M0) * 1000/V]$$

V: le volume en millilitre d'échantillon mis en jeu (ce volume est déterminé soit à l'aide d'un récipient jaugé soit par pesée.

M0: la masse en mg du disque filtrant avant utilisation.

M1: la masse en mg du disque filtrant après utilisation.



Figure III.6 : Dispositif de filtration

III.3.1.4. Détermination de la pollution organique :

III.3.1.4.a. Demande chimique en oxygène (DCO) :

➤ **Principe :**

On évalue la qualité d'oxygène utilisée par les réactions d'oxydation, à partir de la mesure du résidu de réactifs au bout de 2h. L'oxydation s'effectue à chaud, en milieu acide, en présence d'un excès d'oxydant.

➤ **Mode opératoire :**

- Mélange le contenu pour avoir une solution homogène et pipeter 2ml d'échantillon avec précaution;
- Fermer la cuve, nettoyer l'extérieur de celle-ci et mélanger;
- Chauffer dans le thermostat, 2heures à 140° C.
- Sortir la cuve chaude et fait la retourner 2 fois avec précaution;
- Laisser refroidir à température ambiante: dans le support de cuve, bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer par un spectrophotomètre à 448 nm pour les eaux traitées et à 605 nm pour les eaux brutes.

➤ **Expression des résultats :**

Les résultats sont exprimés en milligrammes d'oxygène par litre (mgO₂/l)



Figure III.7 : Thermostat et spectrophotomètre

III.3.1.4.b. Demande biologique en oxygène (DBO₅) :

➤ **Principe de la méthode manométrique :**

Le principe de la méthode manométrique consiste à mesurer l'évolution de la pression de l'air à l'intérieur d'un flacon qui contient l'échantillon, évolution directement liée à la diminution de la concentration en oxygène de l'atmosphère d'incubation. En effet, les micro-organismes lors de la biodégradation des molécules organiques consomment l'oxygène dissous dans l'eau de l'échantillon et l'oxygène de l'air se dissout pour remplacer l'oxygène consommé. Ceci crée un déficit en gaz dans l'air du flacon qui n'est pas renouvelé, à condition que le CO₂ formé lors de la biodégradation soit absorbé par de la soude présente dans le flacon.

➤ **Mode opératoire :**

- Choisir un volume d'échantillon;
- Verser le volume d'échantillon dans le flacon DBO₅;
- Ajouter de la soude pour absorber le CO₂ formé;
- Ajouter un barreau magnétique pour assurer l'agitation et insérer le flacon dans un incubateur de DBO.
- Après cinq jours, lire la valeur qui correspond au cinquième jour.

➤ **Expression des résultats :**

Les résultats sont exprimés en milligramme d'oxygène par litre (mg O₂/L).



Figure III.8 : Etuve à 20 °C



Figure III.9 : flocon DBO₅

III.3.1.5. Détermination de la pollution azotée :

L'azote peut être présent dans l'eau sous quatre formes principales:

- L'azote organique N organique;
- L'azote nitreux N-NO₂⁻;
- L'azote nitrique N-NO₃⁻;
- L'azote ammoniacal N-NH₄⁺;

L'ensemble de ces formes azotées constitue l'azote global noté: NGL représenté par la formule suivante:

$$[\text{NGL} = \text{NTK} + \text{N-NO}_2^- + \text{N-NO}_3^-]$$

III.3.1.5.a. Ammonium :

En présence de sodium nitroprussique agissant comme catalyseur et à une valeur du pH d'environ 12.6, les ions ammonium réagissant avec les ions hypochloreux et salicyliques et donnent une coloration bleue indophénol.

➤ Mode opératoire :

- Enlever délicatement la feuille de protection de la cuve détachable;
- Dévisser la cuve, pipette 0.2 ml d'échantillon;
- Visser immédiatement la cuve;
- dirigeant le cannetage vers le haut;
- Secouer énergiquement, attendre 15 min et bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer;
- Effectuer les mesures spectrophotomètre à la longueur d'onde 690nm.

➤ Expression des résultats :

La concentration en ammonium est exprimée en milligramme par litre (mg/l).

III.3.1.5.b. Nitrates :

➤ **Principe :**

Dans une solution d'acide sulfurique et phosphorique, les ions nitrate réagissent avec le 2.6-diméthylphénol pour donner du 4-nitro-2.6diméthylphénol.

➤ **Mode opératoire**

- Enlever délicatement la feuille de protection de la cuve détachable;
- Dévisser la cuve, et pipette 0.2 ml d'échantillon;
- Visser immédiatement la cuve;
- dirigeant le annelage vers le haut;
- Secouer énergiquement, attendre 15 min et bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer;
- Effectuer les lectures au spectrophotomètre à la longueur d'onde 345nm.

➤ **Expression des résultats :**

Le résultat est donne directement en milligramme par litre de nitrate.

III.3.1.5.c. Nitrites :

➤ **Principe :**

Les nitrites réagissent dans une prise d'essai à ph 1.9 avec le réactif amino-4benzène sulfonamide en présence d'acide ortho-phosphorique pour former un sel diazoïque qui forme un complexe de coloration rose avec le dichlorohydrate de N-naphtyl -1 Diamino -1.2éthane.

➤ **Mode opératoire :**

- Enlever délicatement la feuille de protection de cuve détachable;
- Dévisser la cuve, et pipeter 2.0 ml d'échantillon;
- Visser immédiatement la cuve;
- dirigeant le cannelage vers le haut.

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSIONS DES DONNEES D'ANALYSES DES EAUX DE LA STEP

- Secouer énergiquement, attendre 10 min et bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer;
- Effectuer les mesures spectrophotomètre à la longueur d'onde 345nm.

➤ **Expression des résultats :**

La concentration en nitrite est exprimée en mg / l.

III.3.1.6. Détermination de la pollution phosphorée :

➤ **Principe :**

Les ions phosphates réagissent en solution acide avec les ions molybdate et antimoine pour donner un complexe de phosphore molybdate d'antimoine. Celui-ci est réduit par l'acide ascorbique en bleu de phosphore molybdate.

➤ **Mode opératoire :**

- Enlever délicatement la feuille de protection de la cuve détachable et le dévisser;
- Pipeter 0.5 ml d'échantillon et visser la cuve;
- dirigeant le cannelage vers le haut;
- Secouer énergiquement et chauffer dans un thermostat pendant 30 min à 120°C;
- Visser une cuve C gris sur la cuve puis mélange le contenu de la cuve en la retournant plusieurs fois de suite
- Attendre 10 min, mélange à nouveau, bien nettoyer à l'extérieur et mesurer;
- Effectuer les mesures spectrophotomètre à la longueur d'onde 890 nm.

➤ **Expression des résultats :**

La concentration de phosphate est exprimée en (mg/l).

III.4. INTERPRETATION DES RESULTATS :

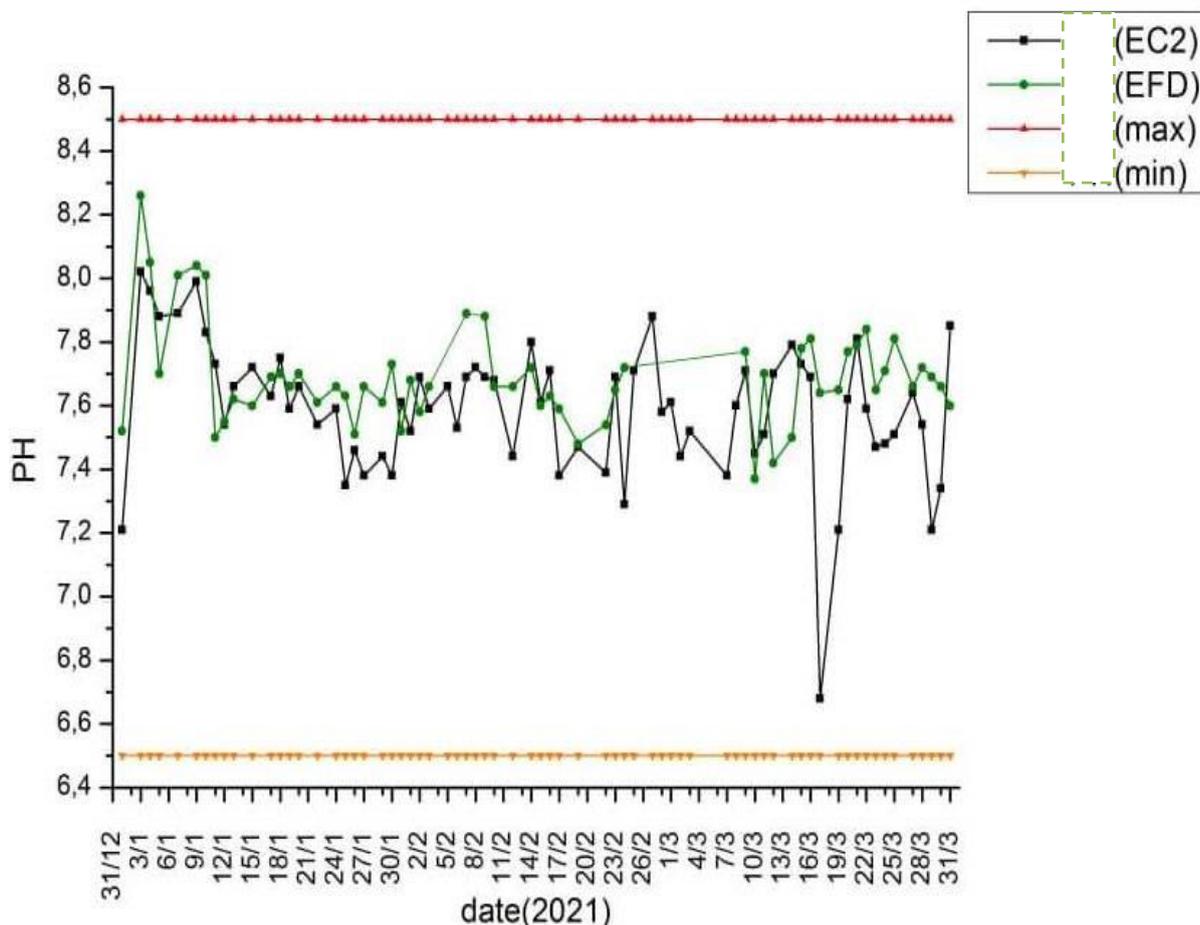
Les données récupérées auprès des gestionnaires de la STEP ont été effectuées du « 3 janvier au 28 mars à l'entrée et à la sortie du décanteur final afin de suivre les performances épuratoires de la STEP.

III.4.1. Paramètres physico-chimiques des eaux usées :

III.4.1. Le pH des eaux usées à l'entrée et a la sortie de STEP :

Le pH est un indicateur de la pollution par excellence, il varie suite à la nature des effluents basiques (cuisson, lavage de résine: NaOH, NaS₂) ou acide (bioxyde, lavage de la résine: H₂S₄). Il doit être étroitement surveillé au cours du période de prélèvement.

Figure III.10 : Evolution du pH des eaux à l'entrée et a la sortie de STEP de Baraki pour l'année 2021



La **Figure III.10** montre l'évolution du pH à l'entrée et a la sortie de la station d'épuration.

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSIONS DES DONNEES D'ANALYSES DES EAUX DE LA STEP

Le pH des eaux de la step varie entre 6.7 et 8.3. Ces valeurs répondent aux normes Algérienne en vigueur (6.5 et 8.5).

Dans notre cas le pH des eaux usées prélevées au niveau de la station d'épuration est acceptable pour une eau en voie de traitement et pour une réutilisation en irrigation

III.4.1.2. Elimination des sels (Conductivité) :

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. La plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau (chlorures, sulfates, calcium, sodium, magnésium...).

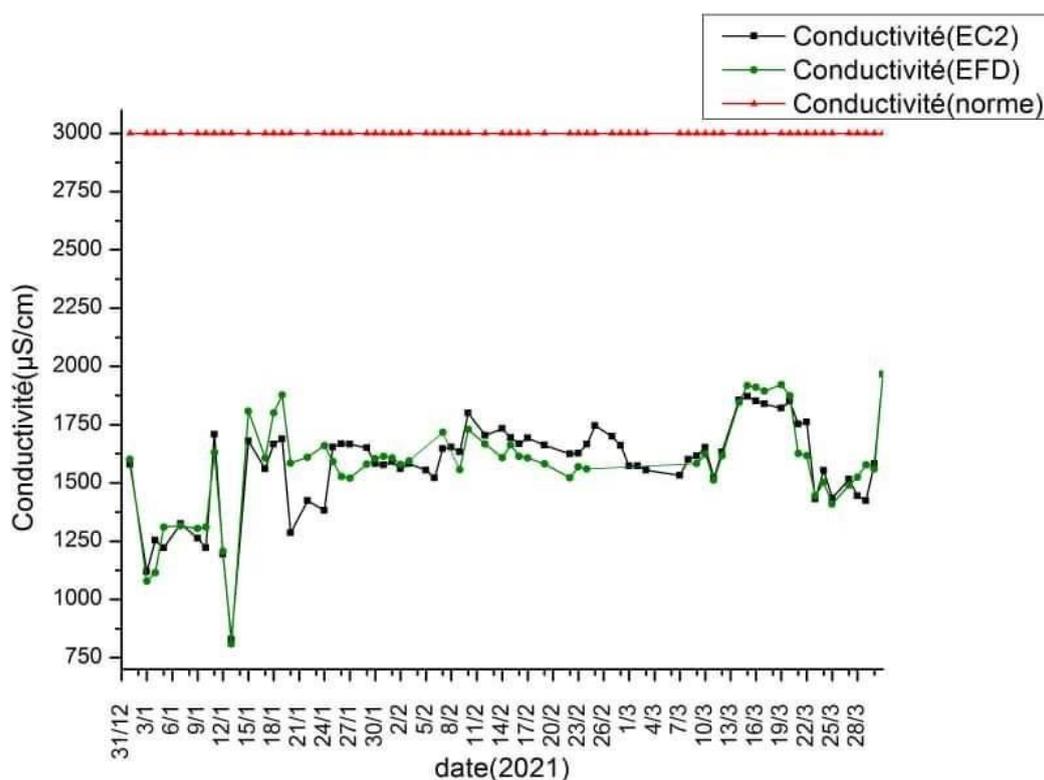


Figure III.11 : Evolution de la conductivité des eaux a la sortie de la STEP de Baraki pour l'année2021

La conductivité électrique est l'un des critères de choix pour juger l'aptitude d'une eau à un usage agricole, Les valeurs de la conductivité électrique des eaux varient entre 812 µs/cm et 1875 µs/cm

L'analyse de la conductivité au laboratoire de la STEP se fait quotidiennement avec 5 jours sur 7 durant la semaine.

III.4.1.3. Demande chimique en oxygène (DCO) :

La DCO permet d'apprécier la concentration en matières organiques ou minérales, dissoutes ou en suspension dans l'eau, au travers de la quantité d'oxygène nécessaire à leur oxydation chimique totale.

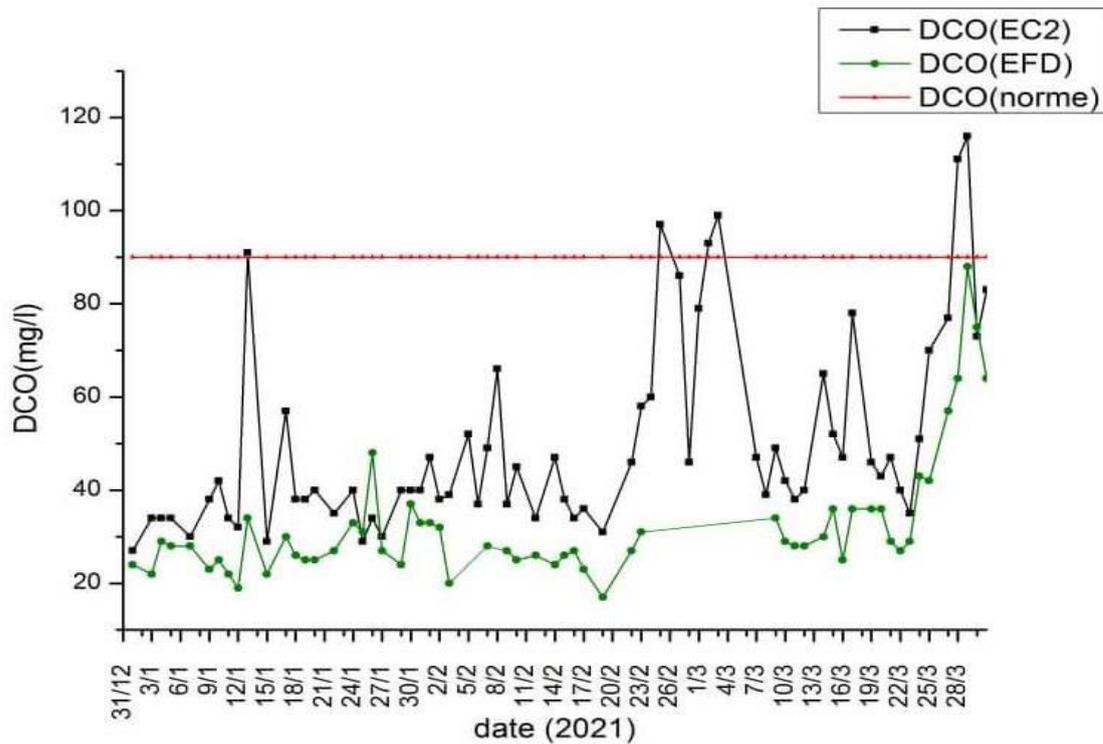


Figure III.12 : Evolution de la DCO des eaux a la sortie de la STEP de Baraki pour l'année 2021

Les valeurs de la DCO(EC2) des eaux épurées varient entre 28 mgO₂/l et 116 mgO₂/l.

Les valeurs de la DCO(EFD) des eaux épurées varient entre 14mgO₂/l et 88 mg/l.

III.4.1.4. demande biologique en oxygène (DBO5)

La DBO₅, ou demande biochimique en oxygène indique la quantité de matières organiques présentes dans les eaux usées.

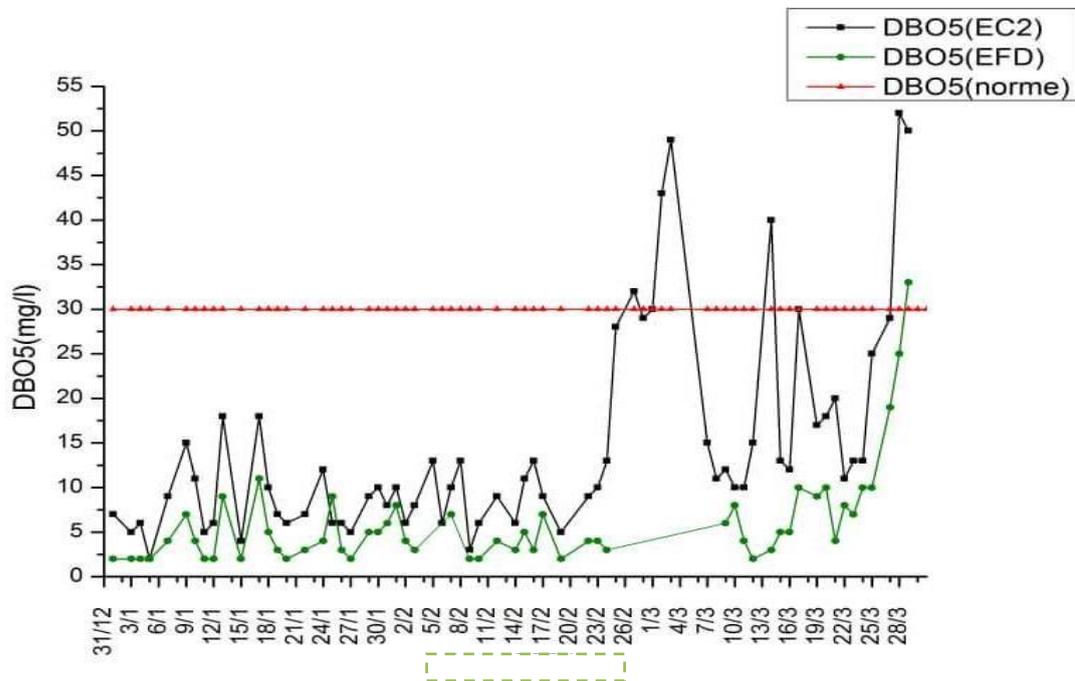


Figure III.13 : Evolution de la DBO₅ des eaux a la sortie de la STEP de Baraki pour l'année 2021

. Les valeurs enregistrées de la DBO₅ (EC2) varient entre 2.5 mgO₂/l à 53mgO₂/l.

Les valeurs enregistrées de la DBO₅ (EFD) varient entre 2.3 mgO₂/l à 32mgO₂/l.

III.4.1.5. Les matières en suspension (MES)

Les MES, représentent l'ensemble des particules minérales et organiques contenues dans les eaux usées qui sont séparables par filtration, décantation et centrifugation. La connaissance de la concentration des éléments colloïdaux dans les eaux usées est nécessaire dans l'évaluation de l'impact de la pollution sur le milieu aquatique.

Les MES contribuent à déséquilibrer le milieu aquatique en accroissant la turbidité et peuvent avoir un effet néfaste direct, qui causera une diminution de clartés de l'eau.

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSIONS DES DONNEES D'ANALYSES DES EAUX DE LA STEP

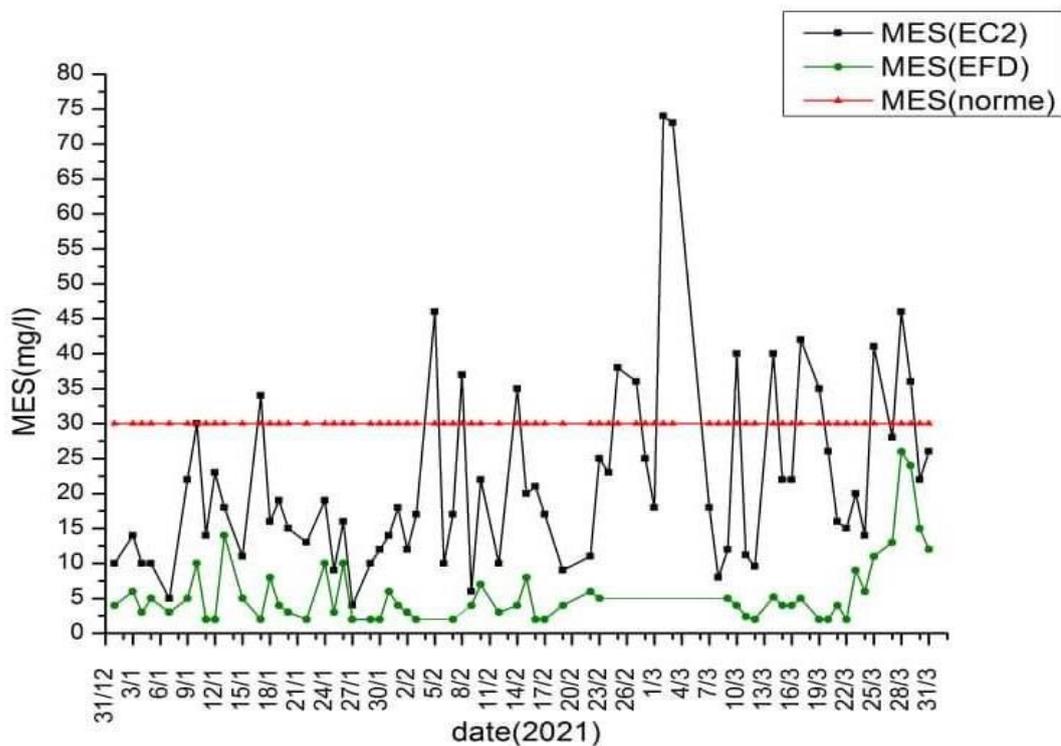


Figure III.14 : Evolution de MES des eaux a la sortie de la STEP de Baraki pour l'année 2021.

Les valeurs de MES(EC2) des eaux épurées varient entre 5 mg/l et 74 mg/l.

Les valeurs de MES(EFD) des eaux épurées varient entre 2 mg/l et 26 mg/l.

III.4.1.6. Azote ammoniacal (N-NH₄)

L'ammoniaque est l'un des maillons du cycle complexe de l'azote. Dans son état primitif, l'ammoniac est un gaz soluble dans l'eau, mais suivant les conditions de pH il se transforme, soit en un composé non combiné, soit sous forme ionisée.

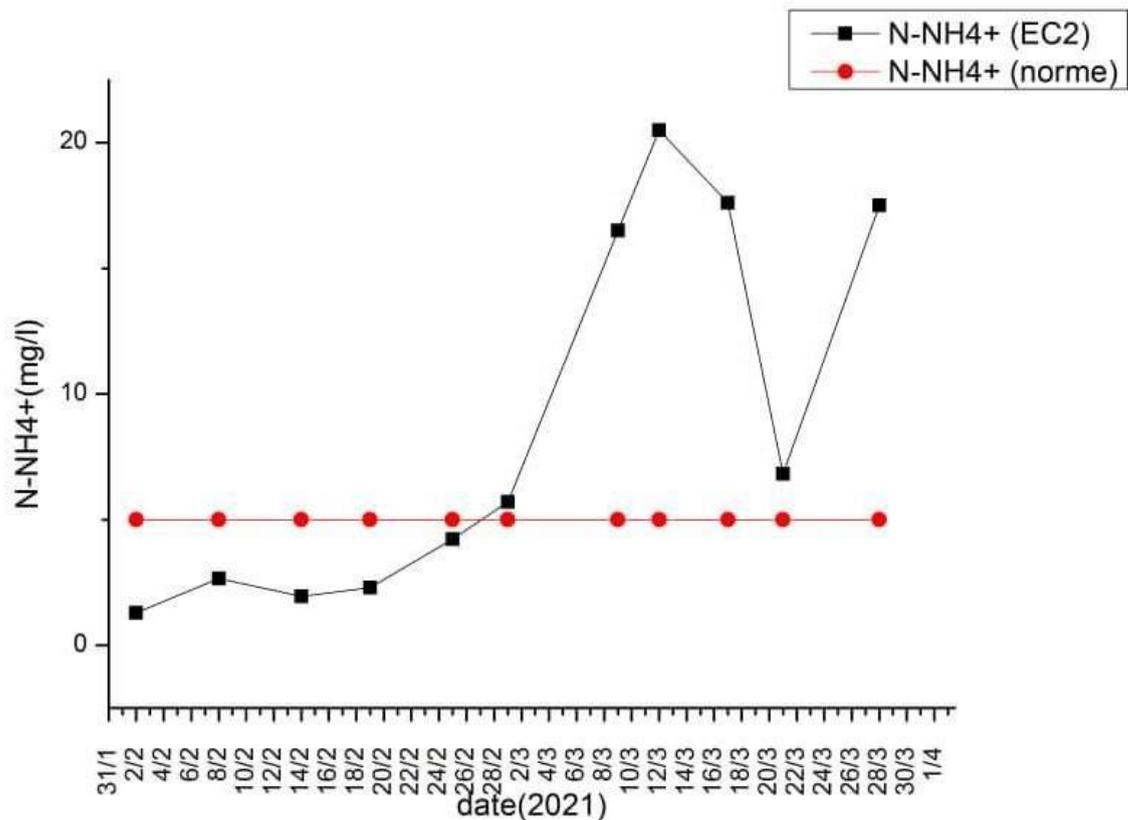


Figure III.15: Variation des l'ammonium de l'eau épurée de la STEP de Baraki pour année 2021.

Les valeurs d'Azote ammoniacal ($N-NH_4^+$) des eaux épurées varient entre 1.6 mg/l et 19.7 mg/l.

III.4.1.7. Nitrates ($N-NO_3^-$)

Dans certains cas défavorables, un apport d'Azote excédentaire par rapport aux cultures, peut provoquer dans un sol sableux très perméable la contamination des eaux souterraines, il est donc souhaitable que les apports d'Azote ne soient pas disproportionnés à l'assimilation par les cultures. Il est clair que la présence d'une nappe phréatique utilisée pour l'alimentation en eau des populations ou des animaux impose des contraintes qu'un projet de réutilisation d'effluents urbains doit prendre en compte.

**CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSIONS DES DONNEES D'ANALYSES
DES EAUX DE LA STEP**

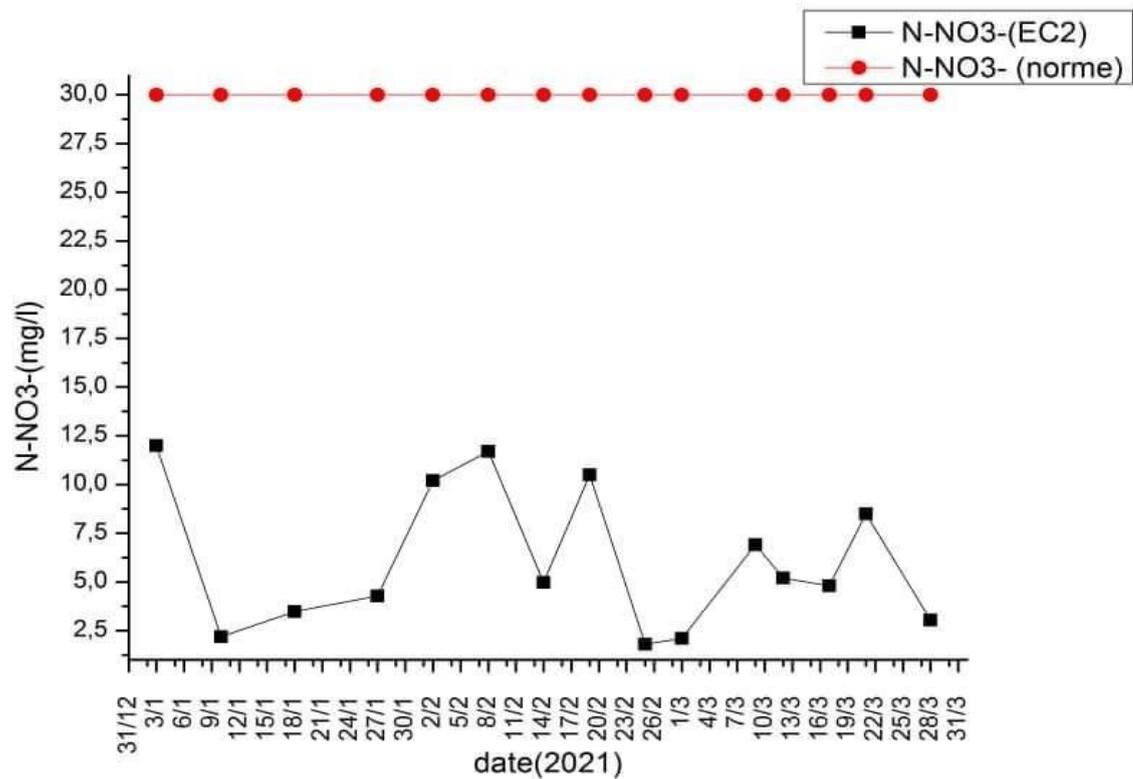


Figure III.16: Variation des nitrates de l'eau épurée de la STEP de Baraki pour année 2021.

Dans notre cas la quantité d'azote à la sortie du STEP respecte les normes de rejet donc cela ne représente aucun risque sur la réutilisation de ces eaux en irrigation.

III.4.1.8. Phosphate total(Pt)

Les principales sources du phosphore sont les activités humaines et industrielles. L'apport d'origine humaine représente 30 à 50% du phosphore total, alors que l'apport des détergents dans une eau usée varie de 50 à 70%.

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSIONS DES DONNEES D'ANALYSES DES EAUX DE LA STEP

Le phosphore constitue un facteur de précocité, au contraire de l'azote qui tend à allonger la durée du cycle végétation. Le phosphore joue un rôle régulateur : il favorise tous les phénomènes concernant la fécondité, la mise à fruit et la maturité des organes végétatifs.

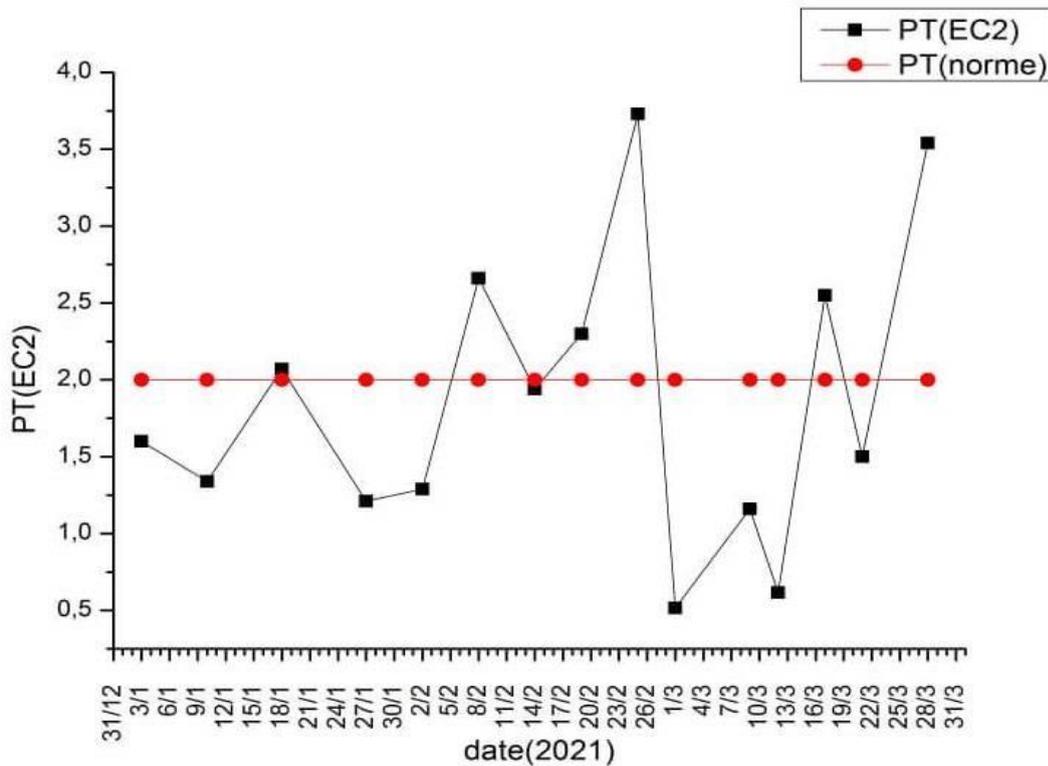


Figure III.17: Variation du phosphate total de l'eau épurée de la STEP de Baraki

A la sortie de la STEP la valeur de phosphore varie entre 0.54 mg/l et 3.8 mg/l , ces valeurs répondent à la norme qui est de 2 mg/L avec quelques dépassements enregistrés.

III.4.1.9. Métaux lourds

La recherche des métaux lourds dans eaux usées avait pour but de vérifier s'il ne présente aucun caractère de toxicité et par conséquent s'il était apte à un traitement biologique. Les résultats obtenus illustrés dans le **Tableau III.1**, montrent que les concentrations moyennes enregistrées sont par ordre d'importance comme suit: cuivre>nickel>chrome>zinc>plomb> cadmium. Cette classification est en accord

**CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSIONS DES DONNEES D'ANALYSES
DES EAUX DE LA STEP**

avec l'ordre des concentrations métalliques des eaux usées brutes décrites par Lester (1983). Il est important de signaler que ces éléments métalliques présents dans eaux usées étudié sont inférieurs aux valeurs limites des rejets liquides dictées par les normes algériennes.

Tableau III.1 : valeurs des métaux lourds de la station d'épuration Baraki.

Date	Br	Ag	Ba	Ch	Cu	Zn	Mg	Fr	Ca	An	Ar	Sé	Pl	Ni	Me	Al
06/06/ 2021	mg/l	µg/l	mg/l	µg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	mg/l						
	0,3	<2	0,04	38,9	0,002	0,004	0,03	0,15	<2	<2	<2	14	<2	24	<2	<0,02

III.5. CONCLUSION

Ce chapitre a permis de suivre les performances de la station d'épuration des eaux usées de Baraki. Les résultats présentent des rendements épuratoires acceptables en accord avec les normes de rejet des eaux usées internationales.

Le tableau suivant résume l'efficacité que l'on peut attendre de l'ensemble des traitements dans le cas général d'une eau usée urbaine [22]

	Primaire	Secondaire	Tertiaire
DCO	25%	80%	97%
DBO	35%	85%	97%
$MO = \frac{2DBO + DCO}{3}$	30%	83%	97%
MES	60%	90%	97%

Chapitre IV : valorisation des eaux usées de la STEP de BARAKI pour l'irrigation

IV. INTRODUCTION :

L'eau douce est partagée entre les principales activités comme suit:

- Agriculture: 70%
- Industrie: 20%
- Eau potable: 10%. [27]

L'agriculture irriguée constitue donc l'activité humaine qui consomme la part la plus importante de l'eau. Pour cela on a étudié dans ce chapitre :

- Les différentes étapes d'un projet de réutilisation des eaux
- Le choix des cultures à irriguer
- Choix de surface à irriguer

IV.1. Les différentes étapes d'un projet de réutilisation des eaux

Dans le cas le plus général, une étude de projet peut être décomposée en trois étapes : une étude d'opportunité, une étude de faisabilité et une étude de faisabilité détaillée. La structure de chacune de ces étapes est globalement la même.

IV.1.1 Plan d'une étude d'un projet de REUE

Le tableau IV. 1 : donne les étapes à suivre pour la mise en œuvre d'un projet de réutilisation des eaux épurées pour l'irrigation.

Chapitre IV : valorisation des eaux usées de la STEP de BARAKI pour l'irrigation

Tableau IV.1 : Plan d'une étude de projet

Objectif	
Mobilisation d'une ressource en eau complémentaire	Protection des milieux récepteurs
<p style="text-align: center;">Evaluation des ressources et des besoins en eau</p> <p><u>Les ressources :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - capacité des réseaux de distribution existants, coûts de l'eau distribuée, - réserves exploitables, régularité, qualité, coûts de mobilisation <p><u>Les besoins:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - besoins actuels et potentiels (besoins municipaux hors AEP, industrie, agriculture), en quantité et en qualité. 	<p style="text-align: center;">Evaluation des besoins en assainissement</p> <p><u>Etat actuel :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - collecte des eaux usées (taux, qualité du réseau) - épuration (qualité des eaux épurées) - qualité des milieux récepteurs <p><u>Les Besoins</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - besoins pour satisfaire aux réglementations relatives au traitement des eaux usées urbaines, et aux usages existants et potentiels des milieux récepteurs (objectifs de qualité)
<p style="text-align: center;">Etude du marché des eaux usées</p> <ul style="list-style-type: none"> - Inventaire des usages potentiels des eaux usées: usages, localisations, quantités, qualités, contraintes - Approvisionnements alternatifs en eau conventionnelle (coûts) - Enquête auprès des utilisateurs potentiels d'eau usée - Information des utilisateurs potentiels 	
<p style="text-align: center;">Elaboration et étude de scénarios</p> <p>Pour chaque scénario:</p>	

Chapitre IV : valorisation des eaux usées de la STEP de BARAKI pour l'irrigation

	<ul style="list-style-type: none">- <u>Etude technique</u>- <u>Etude des coûts</u>- <u>Etude des impacts</u> (positifs et négatifs)- <u>Etude économique</u>
<p>Sélection :</p> <ul style="list-style-type: none">- au niveau d'une étude d'opportunité ou d'une étude de faisabilité <p>des scénarios pour études ultérieures plus détaillées</p> <ul style="list-style-type: none">- au niveau d'une étude de faisabilité détaillée, <p>du projet à réaliser</p>	

IV.1.2. L'étude d'opportunité

Cette étude est légère mais elle est essentielle. Elle est destinée à montrer, à partir des données immédiatement disponibles, si l'application du concept de réutilisation des eaux usées dans le contexte considéré a des chances d'aboutir à des programmes acceptables d'un point de vue économique. Cette première phase permet au maître d'ouvrage de décider de l'opportunité d'engager les dépenses nécessaires à une étude plus importante.

IV.1.3 L'étude de faisabilité

Reprend, avec plus de détails les scénarios ébauchés dans l'étude d'opportunité et de nouveaux scénarios émergés de la dernière étude de marché. Les scénarios sont comparés, au moyen de l'analyse économique, avec les scénarios sans réutilisation, afin de vérifier le bien-fondé de cette dernière. Puis, ils sont comparés entre eux de manière à identifier les meilleurs. Ceux-ci constituent une sélection restreinte qui fait l'objet de l'étude de faisabilité détaillée.

L'étude de faisabilité détaillée reprend la trame de l'étape précédente, en approfondissant les rubriques insuffisamment analysées, et aboutit au choix du scénario de réutilisation. L'étude se termine par une analyse financière et l'élaboration des plans d'exécution.

Ce schéma en trois étapes est une bonne manière de doser les investissements d'étude dans un contexte où la justification de la réutilisation des eaux usées n'est pas évidente.

Chapitre IV : valorisation des eaux usées de la STEP de BARAKI pour l'irrigation

Il faut toujours bien garder à l'esprit que la réutilisation des eaux usées a deux aspects complémentaires : la mobilisation d'un complément de ressource en eau, et une opération d'assainissement. Réutiliser les eaux résiduaires, c'est modifier leur cours. Au lieu d'être déversées dans un milieu récepteur ordinaire, rivière, lac, étang ou rivage, qu'elles polluent plus ou moins gravement, elles sont dérivées, après un traitement approprié, vers des usages qui sont le moyen ou l'occasion d'une élimination plus inoffensive de leur charge polluante résiduelle. Ces usages sont, le plus souvent, agricoles. La réutilisation des eaux usées épurées n'est pas assez exploitée comme pratique d'assainissement et de sauvegarde de la qualité sanitaire et écologique des milieux récepteurs ordinaires. Les exigences croissantes relatives à la qualité microbiologique des milieux récepteurs sensibles devraient être l'occasion de montrer qu'il y a souvent avantage à trouver d'autre destin aux eaux usées que leur rejet dans ces milieux récepteurs.

Chacun des deux aspects de la réutilisation a un poids relatif variable avec le contexte local et régional. Mais ils doivent être tous deux soigneusement pris en compte dans l'élaboration d'un projet ou d'une politique de réutilisation des eaux usées.

IV.2. CHOIX DES CULTURES A IRRIGUER

Le choix des cultures est en étroite dépendance avec la qualité de l'effluent. Ainsi, cet aspect est en relation directe avec les normes de qualité. Les eaux épurées qui répondent à la qualité de la directive de l'OMS (< 1 000 coliformes fécaux par 100 ml et < 1 œuf de nématode par litre), peuvent être utilisées pour irriguer toutes les cultures. Dans le cas où ce niveau de qualité n'est pas atteint, il s'impose de procéder au choix adéquat des cultures qui n'induisent pas de risques sanitaires pour l'agriculteur, les ouvriers agricoles et le consommateur.

Chapitre IV : valorisation des eaux usées de la STEP de BARAKI pour l'irrigation

IV.2.1. Le climat

C'est la série des états de l'atmosphère au-dessus d'un lieu. On le décrit par la mesure et l'analyse de ses différents éléments :

- Températures ;
- Éléments liés à la lumière : rayonnement, insolation, nébulosité ;
- Éléments liés à l'eau : précipitations, évaporation, hygrométrie (= humidité) ;
- Le vent et la pression atmosphérique qui, sans être vraiment un élément du climat, permet d'expliquer la circulation de l'air). [25]

IV.2.2. La qualité de L'eau

En plus des critères de qualité des eaux usées relatifs à la santé, il peut être nécessaire que les agriculteurs choisissent des cultures selon leur tolérance à la composition chimique de l'eau usée traitée.

L'eau fait partie des facteurs climatiques influençant la production végétale, mais c'est aussi sur ce facteur que les producteurs peuvent le plus fréquemment agir, qu'il s'agisse de cultures en plein champ ou sous abri.

L'eau est intéressante pour la plante entre deux limites : la capacité au champ (ou point de rétention, ou point de ressuyage), et le point de flétrissement. Celles-ci définissent la réserve utile.

IV.2.3. La nature de sol

Les caractéristiques du sol peuvent influencer le choix des cultures. Par exemple, le (tableau. IV.2) donne la tolérance des légumes à l'acidité du sol. Bien que l'acidité puisse être corrigée par des apports de chaux, ce type d'information peut être utile lorsqu'on ouvre de nouvelles parcelles de terre.

Chapitre IV : valorisation des eaux usées de la STEP de BARAKI pour l'irrigation

Tableau IV.2 : Tolérance des légumes à l'acidité du sol

Cultures peu tolérantes (pH 6-6.8)	Cultures moyennement tolérantes (pH 5.5-6.8)	Cultures à tolérantes à l'acidité (pH 5-6.8)
Asperge	Ail	Chicorée
Betterave et bette à cardes	Aubergine	Echalote
Brocoli	Carotte	Endive
Cantaloup	Chou de Bruxelles	Fenouil
Céleri	Citrouille	Melon d'eau
Chou pommé	Concombre et comichon	Plate douce
Cresson	Courge	Pomme de terre
Cresson de fontaine	Haricot	Rhubarbe
Epinard	Maïs	
Oignon	Navet	
Panais	Persil	
Poireau	Pois	
Salsifis	Radis	
	Raifort	
	Rutabaga	
	Tomate	

Chapitre IV : valorisation des eaux usées de la STEP de BARAKI pour l'irrigation

Différentes textures de sol peuvent mieux convenir à certaines cultures qu'à d'autres. Ainsi, les crucifères s'accommodent bien des sols lourds et les asperges préfèrent les sols sableux. Les semenciers ont cependant développé des variétés adaptés à différents types de sol. Ainsi, en sol lourd, les variétés de carottes de type nantaises sont préférables au type imperator. Pour le maraîcher diversifié, il est à peu près impossible d'avoir les conditions de sol idéales à chaque légume. Les contraintes de rotation font en sorte aussi qu'il n'est pas toujours possible de produire un légume dans la parcelle qui lui convient le mieux. [26]

IV.3. LES TECHNIQUES D'IRRIGATION

Les différentes techniques d'irrigation à la parcelle, ou techniques d'arrosage, relèvent de trois modes principaux d'irrigation :

- Irrigation gravitaire ou irrigation de surface ;
- Irrigation sous pression (par aspersion ou par micro-irrigation) ;
- Irrigation de sub-surface. [27]

IV.3.1. Choix de techniques d'irrigation

Le choix d'une technique d'irrigation repose sur un ensemble de critères et de contraintes qui ont été étudiés par Hlavek :

- Topographie (pente du terrain, relief, géométrie de la parcelle) ;
- Ressource en eau (quantité, qualité, débit dont on dispose) ;
- Nature des cultures ;
- Nature du sol (perméabilité) ;
- Facteurs sociologiques et culturels ;
- Facteurs économiques ;
- Rentabilité de l'opération.

On ne doit pas considérer chacun de ces critères de manière isolée. Au contraire, il faut en avoir une vision globale afin de mieux évaluer les potentialités d'irrigation d'un site ou d'une région donnés. Cette évaluation s'opérera en ayant bien en vue les caractéristiques clefs des différentes techniques d'irrigation. Pour mieux aider à conduire le choix, il est proposé ci-après un examen, qui se veut exhaustif, des avantages et des inconvénients de chacun des grands types de techniques d'irrigation. [27]

Chapitre IV : valorisation des eaux usées de la STEP de BARAKI pour l'irrigation

IV.4. PROBLEMES POSES ET SOLUTION ALTERNATIVE

La Mitidja souffre de la pollution des nappes phréatiques côtières par l'invasion des eaux marines qui s'accroît de plus en plus avec les changements climatiques et l'accroissement de la démographie et des besoins. Sur la nappe côtière d'Alger Est, caractérisée par une exploitation intensive et anarchique, nous avons essayé par une approche pluridisciplinaire, combinant plusieurs méthodes (piézométrique, chimique et géophysique) de mettre en évidence une intrusion marine et de déceler les zones sensibles à la pollution marine dans cette zone côtière et d'analyser les répercussions sur la dégradation des sols par l'utilisation des eaux d'irrigation polluées par la mer. Les résultats obtenus par cette approche ont permis de mettre en évidence une invasion marine et de localiser différentes zones sensibles dans cet aquifère côtier. Les causes principales de ce phénomène sont dues principalement aux pompages intensifs associés au déficit pluviométrique et à la nature lithologique des aquifères. Ces facteurs engendrent une perturbation au niveau de l'interface eau douce - eau salée et accentuent l'avancement des eaux marines vers le continent.

Pour cela on a travaillé pour proposer un nouveau projet pour irriguer les verges d'agrumes de MITIDJA ouest avec les eaux usées traitées de la STEP de BARAKI dans le but de diminuer la pression sur les forages

IV .4.1.Historique de la Mitidja

La Mitidja fournit l'essentiel des fruits et légumes pour toute la région d'Alger, dont la population dépasse 4 millions d'habitants (2007). La plaine de la Mitidja est une plaine littorale étroite et longue d'une centaine de kilomètres, située au centre de l'Algérie. Par le nord, la Mitidja borde les hauteurs du Sahel et la mer Méditerranée, et longe l'Atlas Blidéen au sud. Elle couvre une surface d'environ 1400 Km² et bénéficie d'un climat méditerranéen favorable à l'activité agricole

IV .4.2. type de sol

Une analyse granulométrique a été réalisée dans les laboratoires de l'agence nationale des ressources hydrauliques (ANRH). Tous les échantillons analysés font état d'une texture argilo-limoneuse du sol de la **Mitidja-ouest**.

Chapitre IV : valorisation des eaux usées de la STEP de BARAKI pour l'irrigation

IV.4.3. La surface d'irrigation

A titre exemple

La superficie des champs des agrumes dans la Mitidja ouest 10000ha et le secteur des agrumes est un grand consommateur d'eau avec des besoins environ 30l/3jr /arbre (arbre du citron). C'est-à-dire environ :

30l \longrightarrow 3jours

x \longrightarrow 365jours

$$x = \frac{30 * 365}{3} = 3650l/ans$$

La STEP de BARAKI a un Débit moyen journalier 147000m³/j dans lequel nous pouvons irriguer la zone de MITIDJA-OUEST et d'autres vergers dans la région. Tant que notre zone a une superficie de 10000ha (environ 5000arbres).

IV.4.4. Choix de culture et système d'irrigation

Après avoir effectué des études sur la nature des sols, le paramètre climatique et la qualité physico-chimique de l'eau et selon les normes d'OMS et Algérienne en vigueur on a choisies sont les agrumes, les céréales et l'arboriculture fruitière

- ✓ les céréales : Blé, orge, triticale et avoine
- ✓ Les cultures maraichères : l'oignon, l'ail, la laitue, les carottes, les courgettes, la tomate, le concombre, la coriandre, le persil, la menthe et d'autres légumes frais.
- ✓ Les agrumes : Pamplemousse, citron, orange, mandarine, tangerine, lime, clémentine

Et de ce qui concerne le système d'irrigation on a choisi d'irriguer les agrumes par immersion ou aspersion et les cultures maraichères par aspersion ou rigole.

Chapitre IV : valorisation des eaux usées de la STEP de BARAKI pour l'irrigation

CONCLUSION

- ✓ l'estimation des besoins en eau réels d'une région donnée nécessite une grande précision des informations sur les cultures, le climat et les sols

La valorisation des eaux usées traitées a un objectif :

- ✓ Réduire la pression sur les ressources conventionnelles et économiser l'eau.

Conclusion générale

De part sa situation géographique, l'Algérie est un pays semi-aride, aux faibles ressources hydriques. La double croissance démographique et économique a entraîné l'augmentation des besoins en eau et une pression insoutenable sur cette ressource.

La recherche de ressources non conventionnelles comme les eaux usées épurée pour une utilisation plus efficace, est d'actualité. A cet égard, les pouvoirs publics se penchent de plus en plus sur la question de l'assainissement, et l'épuration des eaux usées.

La qualité de l'eau épurée de la STEP de Baraki, s'est révélée comme bonne par rapport aux normes exigées de la plupart des paramètres d'évaluation de qualité d'eau.

Les paramètres les plus restrictifs pour l'utilisation agricole de cette eau sont la conductivité, les nitrates et les matières en suspension (MES).

Pour les MES, l'installation d'un système d'irrigation goutte à goutte oblige à inclure un système de filtrage de l'eau afin d'éviter des obturations.

En effet, la directive préalable à chaque projet de réutilisation eaux usées exige une étude particulière pour tenir compte aussi bien de la qualité de l'eau utilisée et des caractéristiques des sols ainsi que du contexte Socioéconomique.

On peut dire que la réutilisation des eaux usées épurées se propose d'une part comme une solution pour combler le déficit en eau en Algérie et par conséquent préserver les ressources hydrauliques, d'autre part participer à l'économie nationale et donner au exploitant des STEP des ressources financières supplémentaires.

Annexes



FICHE DES RESULTATS D'ANALYSES : ph/CONDUCTIVITE /MES/MVS

Identification : AS06.FR31
Version: B
Date de version : 01/04/2018

Laboratoire et contrôle des rejets : Baraki

Mois:DECEMBRE2020

30 10

Date	pH				Cond. (µS/cm)				MES (mg/l)														MVS (%)			Nom de l'analyste	Validation	
	EB	EC1	EC2	EFD	EB	EC1	EC2	EFD	SCM	RT1	RT2	EB	ED	EC1	EC2	EFD	ELF	SpE	SE	EF GDE	EF1	EF2	EB	RT1	RT2		Nom	Date
01/01/2021	7,32		7,21	7,52	1521		1580	1601	48			496	52		10	4										BY	AA	03/01/2021
03/01/2021	8,07		8,02	8,26	1371		1118	1078	49			298	79		14	6	/	/		/		/	52			OY	AA	04/01/2021
04/01/2021	7,94		7,96	8,05	1426		1254	1115	48			196	70		10	3	1990	/		/		2246			IM	AA	05/01/2021	
05/01/2021	7,91		7,88	7,7	1421		1222	1310	47			235	75		10	5	1014	2048		23712		1428			BY/IM	AA	06/01/2021	
07/01/2021	7,96		7,89	8,01	1394		1324	1316	52			483	91		5	3									IM	AA	07/01/2021	
09/01/2021	7,83		7,99	8,04	1410		1262	1304	52			703	72		22	5									IM	AA	10/01/2021	
10/01/2021	7,88		7,83	8,01	1441		1221	1310	52			348	86		30	10							63		BY	AA	11/01/2021	
11/01/2021	7,11		7,73	7,5	1237		1708	1631	46			658	218		14	2	1218	1780		11994		2080			OY	AA	13/01/2021	
12/01/2021	7,46		7,54	7,55	1309		1194	1207	46			212	74		23	2	/	/		/		/			OY	AA	13/01/2021	
13/01/2021	7,93		7,66	7,62	803		828	808	49			42	81		18	14	994	1546		9000		2172			IM/OY	AA	14/01/2021	
15/01/2021	7,75		7,72	7,6	1725		1680	1808	47			128	52		11	5									BY	AA	17/01/2021	
17/01/2021	7,9		7,63	7,69	1788		1560	1607	49			92	124		34	2							59		OY	AA	18/01/2021	
18/01/2021	7,8		7,75	7,7	1721		1666	1800	51			344	92		16	8	944	2008		1090		8840			BY/IM	AA	19/01/2021	
19/01/2021	7,7		7,59	7,66	1739		1688	1877	50			374	79		19	4		3330		1314		2432,00			BY	AA	20/01/2021	
20/01/2021	7,84		7,66	7,7	1749		1285	1585	47			188	143		15	3	1298	2622		1824		/			OY	AA	21/01/2021	
22/01/2021	7,79		7,54	7,61	1718		1424	1610	51			424	61		13	2									IM	AA	24/01/2021	
24/01/2021	7,82		7,59	7,66	1721		1382	1660	46			1400	106		19	10							41		BY	AA	25/01/2021	
25/01/2021	7,72		7,35	7,63	1675		1653	1592	47,0			677	/		9	3	1260	/		/		2720			OY	AA	26/01/2021	
26/01/2021	7,8		7,46	7,51	1614		1667	1527	51,0			646	97		16	10	1360	/		/		/			IM	AA	27/01/2021	
27/01/2021	7,82		7,38	7,66	1710		1666	1521	50			368	89		4,0	2,0	972	/		/		/			BY	AA	28/01/2021	
29/01/2021	7,79		7,44	7,61	1611		1651	1580	49			484	73		10	2									IM	BY	31/01/2021	
30/01/2021	7,76		7,38	7,73	1784		1583	1604	49			876	99		12	2									IM	BY	31/01/2021	
31/01/2021	7,83		7,61	7,52	1621		1577	1613	52,0			1020	127		14,0	6,0							56		BY	BY	01/02/2021	



FICHE DES RESULTATS D'ANALYSES : DCO / DBO5

Identification : AS06.FR30
Version : B
Date de version : 01/04/2018

Laboratoire et contrôle des rejets : Baraki
Mois: MARS 2021

120 100

40 20

Date	DCO (mg O2/l)												DBO5 (mg O2/l)												Nom de l'analyste	Validation	
	Etalon	RT1	RT2	EB	ED	Etalon	EC1	EC2	EFD	EF1	EF2	SE	Etalon	RT1	RT2	EB	ED	EC1	EC2	EFD	EF1	EF2	Nom	Date			
01/03/2021				1186	369			79	/				198,0			560	170		30	/			IM	AA	02/03/2021		
02/03/2021				1167				93	/							660			43	/			OY	AA	03/03/2021		
03/03/2021				1177				99	/							500			49	/			BY	AA	04/03/2021		
07/03/2021				815	733			47	/							300	210		15	/			BY	AA	08/03/2021		
08/03/2021				629	218			39	/							260	90		11	/			BY	AA	09/03/2021		
09/03/2021				531				49	34				209,0			280			12	6			IM	AA	10/03/2021		
10/03/2021				1079				42	29							500			10	8			OY	AA	11/03/2021		
11/03/2021				551				38	28							280			10	4			BY	AA	14/03/2021		
12/03/2021				1069				40	28							540			15	2			BY	AA	14/03/2021		
14/03/2021				1424	245			65	30							780	135		40	3			OY	AA	15/03/2021		
15/03/2021				1399	252			52	36				211			700	115		13	5			BY	AA	16/03/2021		
16/03/2021				1129				47	25							620			12	5			BY	AA	17/03/2021		
17/03/2021				945				78	36							380			30	10			IM	AA	18/03/2021		
19/03/2021				878				46	36							460			17	9			BY	AA	21/03/2021		
20/03/2021				406				43	36							210			18	10			BY	AA	21/03/2021		
21/03/2021				272	119			47	29							140	45		20	4			BY	AA	22/03/2021		
22/03/2021				739	176			40	27				222			400	90		11	8			IM	AA	23/03/2021		
23/03/2021				1085				35	29							460			13	7			OY	AA	24/03/2021		
24/03/2021				1212				51	43							520			13	10			IM	AA	25/03/2021		
25/03/2021				1254				70	42							740			25	10			IM	AA	28/03/2021		
27/03/2021				1216				77	57							500			29	19			IM	AA	28/03/2021		
28/03/2021				1246	297			111	64							760			52	25			BY	AA	29/03/2021		
29/03/2021				1224	350			116	88				228			580			50	33			BY	AA	30/03/2021		
30/03/2021				533				73	75														IM	AA	31/03/2021		
31/03/2021				1131				83	64														OY	AA	01/04/2021		

Le bilan du 05/03/2021 raté: récupéré le 22/03/2021
Le bilan du 06/03/2021 raté: récupéré le 02/04/2021



FICHE DES RESULTATS D'ANALYSES : pH/CONDUCTIVITE /MES/MVS

Identification : AS06.FR31
Version: B
Date de version : 01/04/2018

Laboratoire et contrôle des rejets : Baraki

Mois: MARS 2021

30 **10**

Date	pH				Cond. (µS/cm)				MES (mg/l)														MVS (%)			Nom de l'analyste	Validation		
	EB	EC1	EC2	efd	EB	EC1	EC2	efd	SCM	RT1	RT2	EB	ED	EC1	EC2	efd	ELF	SpE	SE	EF GDE	EF1	EF2	EB	RT1	RT2		Nom	Date	
01/03/2021	7,73		7,61	/	1683		1573	/	50			862	/		18	/	/	2650		10848		1144	46			IM	AA	02/03/2021	
02/03/2021	7,43		7,44	/	1605		1573	/	49			1590	/		74	/	/	2348		16144		5144				OY	AA	03/03/2021	
03/03/2021	7,7		7,52	/	1660		15555	/	51			712	/		73	/	/	/		/		2264				BY	AA	04/03/2021	
07/03/2021	7,72		7,38	/	1661		1532	/	50			554	/		18	/										BY	AA	08/03/2021	
08/03/2021	7,58		7,6	/	1590		1601	/	50			594	/		8	/	1174	/		/		2838	37			BY/BI	AA	09/03/2021	
09/03/2021	7,68		7,71	7,77	1674		1616	1583	52			436	/		12	5	1050	2310		15148		2650				IM	AA	10/03/2021	
10/03/2021	7,56		7,45	7,37	1624		1652	1624	50			908	/		40	4	982	/		/		2894,00				OY	AA	11/03/2021	
11/03/2021	7,55		7,51	7,7	1666		1521	1512	48			356	/		11	2										BY	AA	14/03/2021	
12/03/2021	7,72		7,7	7,42	1621		1632	1616	48			590	/		10	2										BY	AA	14/03/2021	
14/03/2021	7,65		7,79	7,5	1940		1855	1845	50			1513	/		40	5										OY	AA	15/03/2021	
15/03/2021	7,68		7,73	7,78	1941		1871	1918	50			1068	/		22	4	1366	1556		1210		1826	42			BY/OY	AA	16/03/2021	
16/03/2021	7,7		7,69	7,81	1882		1851	1910	48			788	/		22	4	1612	/		/		2306				BY	AA	17/03/2021	
17/03/2021	7,81		6,68	7,64	1809		1838	1894	49			712	/		42	5	1388	/		/		/				IM	AA	18/03/2021	
19/03/2021	7,88		7,21	7,65	1821		1821	1921	50			568	/		35	2										BY	AA	21/03/2021	
20/03/2021	7,52		7,62	7,77	1920		1850	1874	50			212	/		26	2										BY	AA	21/03/2021	
21/03/2021	7,42		7,81	7,79	1821		1752	1626	49			184	/		16	4							25			BY	AA	22/03/2021	
22/03/2021	7,73		7,59	7,84	1804		1760	1616	49			934	/		15	2	1066	/		/		/				IM/BY	AA	23/03/2021	
23/03/2021	7,72		7,47	7,65	1774		1430	1445	51			1203	/		20	9	1904	/	4330	/		/				OY	AA	24/03/2021	
24/03/2021	7,77		7,48	7,71	1716		1553	1502	52			1393	/		14	6										IM	AA	25/03/2021	
25/03/2021	7,58		7,51	7,81	19811		1434	1409	50			1720			41	11										IM	AA	28/03/2021	
27/03/2021	7,69		7,64	7,66	1798		1515	1490	50			1133			28	13										IM	AA	28/03/2021	
28/03/2021	7,66		7,54	7,72	1721		1444	1525	50			770			46	26							31			BY	AA	29/03/2021	
29/03/2021	7,82		7,21	7,69	1652		1424	1577	49,0			882			36,0	24,0	1890	2648		1604		3334				BY/IM	AA	30/03/2021	
30/03/2021	7,73		7,34	7,66	1610		1582	1560	49,0			417			22	15	1762	2354		1432		/				IM	AA	31/03/2021	
31/03/2021	7,72		7,85	7,6	1957		1965	1968	50,0			1057			26	12	2916	/		/		/				OY/IM	AA	01/04/2021	

Le bilan du 05/03/2021 raté: récupéré le 22/03/2021
Le bilan du 06/03/2021 raté: récupéré le 02/04/2021

Références bibliographiques

- [1] **C Baumont, C Ertur, J Le Gallo**2004 - Geographical analysis, - Wiley Online Library
- [2].**RICHARD C. (1996)**- Les eaux, les bactéries, les hommes et les animaux.Ed. Scientifiques et médicale Elsevier. Paris.
- [3].**OMS, 2006. WHO** (World Health Organization) guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater, volume II, Wastewater use in agriculture,
- [4]. **RADOUX.M, 1997** – Cours gestion des eaux, les techniques extensives d'épuration des eaux (Station expérimentale de Viville)
- [5].**GADDA N-E-H, 2013**. Impacts des eaux usées épurées sur les propriétés physico-chimiques des sols dans la région de Ouargla. Mémoire de master, université KASDI MERBEH OURAGLA, Algérie
- [6]. **JOURNAL OFFICIEL ALGERIEN, 2012**. Journal officiel de la république algérienne démocratique et populaire conventions et accords internationaux - lois et décrets arrêtés, décisions, avis, communications et annonces (traduction française). Dimanche 25 Chaàbane 1433 N° 41^{me} Correspondant au 15 juillet 2012,.
- [7]. **OMS, 1989**. L'utilisation des eaux usées en agriculture et aquiculture : recommandation a visées sanitaires. Organisation Mondiale de la Santé, Genève
- [8]. **]. LAZAROVA V. ET BRISSAUD F. (2007)**. Intérêt, bénéfices et contraintes de la Réutilisation des eaux usées en France, L'eau, l'industrie, les nuisances N° 299.
- [9] **FAO, 2003**. L'irrigation avec les eaux usées traitées. Manuel d'utilisation. Bureau Régional pour le Proche Orient et l'Afrique du Nord. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture. Manuel d'utilisation.
- [10]. **BELAID, 2010**. Evaluation des impacts de l'irrigation par les eaux usées traitées sur les plantes et les sols du périmètre irrigué d'El Hajeb-Sfax: salinisation, accumulation et phytoabsorption des éléments métalliques, 5-26.

- [11]. **KHADHRAOUI A., 2007.** Sols et hydraulique agricole dans les oasis algériennes. Caractérisation, contraintes et propositions d'aménagement,
- [12]. **ECOSSE.D, 2001.** Extrait de Techniques alternatives en vue de subvenir à la pénurie d'eau dans le monde. Mémoire D.E.S.S. « Qualité et Gestion de l'Eau », Faculté Sciences, Amiens, France, 62p. Disponible au <<https://www.upicardie.fr/beauchamp/duce/ecosse/ecosse.htm>>
- [13]. **BAUMONT.S et al., 2004.** Réutilisation des eaux usées: risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Rapport ORS,
- [14]. **UNEP and Global Environment Centre Foundation, 2005.** Water and wastewater reuse –An environmentally sound approach for sustainable urban water management..
- [15]. **GADDA N-E-H, 2013.** Impacts des eaux usées épurées sur les propriétés physico-chimiques des sols dans la région de Ouargla. Mémoire de master, université KASDI MERBEH OURAGLA, Algérie
- [16]. **AFD (Agence Française de développement), 2011.** Réutilisation Des Eaux Usées Traitées -Perspectives Opérationnelles et Recommandations Pour L'action, Rapport final.
- [17]. **GHARBLN, 2011.** « Utilisation des eaux usées traitées en irrigation et perspectives - Expérience Tunisienne » Sous le Directeur de l'Economie d'Eau d'irrigation Ministère de l'agriculture et de l'environnement, Tunisie. Séminaire international sur la réutilisation des eaux usées traitées dans la région arabe, Maroc.
- [18]. **BOURZIZA.H, 2011.** Valorisation de la réutilisation des eaux usées épurées, cas de l'ONEP - Direction Assainissement et Environnement (DAE)/ ONEP .Séminaire international sur la réutilisation des eaux usées traitées dans la région arabe, Maroc.
- [19]. **EL-BAROUDY.I, 2011.** Drainage water Reuse: The Egyptian Experience » National Water Research Centre (NWRC) - Drainage Research Institute (DRI) -, Séminaire international sur la réutilisation des eaux usées traitées dans la région arabe, Maroc.

[20]. **FAO**, 2002. The use of treated waste water (tww) in forest plantations in the near east region Near east forestry commission (fifteenth session).

[21]. **GUEMACHE.L**, 2015. Dispositions réglementaires régissant la réutilisation des eaux usées épurées à des fins agricoles, Sous-Directeur des Grands Périmètres,

[22]. **BENBLIDIA.M.**, 2011. L'efficience d'utilisation de l'eau et approche économique. Planbleu, centre d'activités régionales PNUE/PAM, Etude nationale, Algérie.

[23]. **HARTANI T. 2004**. La réutilisation des eaux usées en irrigation : cas de la Mitidja en Algérie Thème 2 Vers une gestion durable de l'irrigation: conséquences sur les options de modernisation. Projet INCO-WADEMED. Actes du séminaire Modernisation de l'Agriculture Irriguée. Rabat, du 19 au 23 avril 2004.

[24]. **(SEAAL, 2020-2021)**

[25]. **Martine Coulon** Expose initiation à l'agronomie.

[26]. **FAO Septembre 2003** l'irrigation avec des eaux usées traitées

[27]. **Jean-robert Alain Vidal 2006**. Traité d'irrigation.2eme Edition