



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat en Hydraulique

Option : Réutilisations des eaux usées non conventionnelles

THEME :

**Étude des caractéristiques des eaux usées épurées de la STEP
de la commune d'Ain El Turk. W d'Oran**

Présenté par :

BEKHTAOUI Badr Eddine

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
DJOUDAR Dahbia	M.C.A	Présidente
BETATACHE Hayat	M.C.B	Membre
TAFAT Leila	M.A.A	Membre
HACHEMI Abdelkader	M.C.B	Promoteur

Session Décembre 2020

REMERCIEMENTS

Avant tout je présente mes remerciements à Dieu le tout puissant, pour m'avoir donné le guérir et le courage pour l'élaboration de ce travail.

J'adresse aussi mes profonds remerciements à mon encadreur Mr. HACHEMI Abdelkader.

Je tiens à exprimer mes vifs remerciements à tout le corps enseignant et personnel de l'ENSH qui a contribué à ma formation.

Je remercie Chef de la station d'épuration des eaux usées de « CAP FALCON » d'Oran monsieur Nabil. H pour leur accueil, disponibilité et leur contribution par les données et les documents nécessaires.

Je voudrais aussi remercier tous les membres du jury qui se sont intéressés à ce manuscrit, acceptant de l'examiner et de le juger, malgré leur charge de travail.

Enfin, un dernier merci pour tous ceux qui ont participé de près ou loin à ce mémoire de fin d'étude.

BEKHTAOUI Badr Eddine

Dédicaces

Je dédie ce travail de fin d'études à ma famille au sens large et à tout mon entourage mais tout particulièrement À :

Le symbole de tendresse qui s'est sacrifié pour mon bonheur et ma réussite, à ma mère.

Ma tante zoubida pour leur conseils, aide pratique et technique pour l'élaboration de ce travail.

Ma sœur, mes frères et toute la famille BEKHTAOUI.

Tous mes amis. Tout particulièrement :

Soulef, Lahcen, Naïma, Redouane, zakí, merci pour vos encouragements, merci aussi pour les bons moments qui ont contribué à rendre ces années inoubliables.

BEKHTAOUI Badr Eddine

ملخص

تقوم محطة معالجة مياه الصرف الصحي المتواجدة على مستوى بلدية عين الترك بولاية وهران، بمعالجة النفايات السائلة المنزلية باستخدام عملية الحمأة المنشطة. أظهرت النتائج الفيزيائية والكيميائية والجرثومية التي تم تقديرها أن المياه القذرة عند مدخل المحطة تُحمل تلوث عضوي ونيتروجيني وجرثومي مرتفع.

تقدر نسبة مردود التنقية بالنسبة للمياه المعالجة للمواد الصلبة العالقة، ومتطلبات الأكسجين الكيميائي والكيمياء الحيوي، والنيتروجين الكلي والفوسفور الكلي على التوالي بنسبة 93%، 95%، 98%، 77%، 84%.

تظهر مقارنة المعايير التي تم تحليلها للمياه النقية مع معايير الجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية عدد 41 لسنة 2012 ومنظمة الصحة العالمية أن هذه المياه لا تشكل أي خطر فيما يتعلق بتصريفها في البيئة الطبيعية. من جهة أخرى، لم يحقق المعايير الجرثومي توافق مع معايير وكالة حماية البيئة لإعادة استخدام مياه الصرف الصحي لأغراض السقي هذا ما دفعنا إلى اقتراح حلول واستراتيجيات أكثر مردودية بهدف تحسين جودة المياه المعالجة.

الكلمات الدالة: الحمأة المنشطة، المياه القذرة، المياه المعالجة، الجودة، قابلية التحلل البيولوجي، معايير، جرثومي

RÉSUMÉ

La STEP étudiée traite les effluents domestiques de la ville d'Ain Turck par le procédé des boues activées. Les résultats Physico-chimiques et bactériologiques obtenus ont révélé que les eaux usées brutes entrant à la STEP présentent une pollution organique, azotée et bactériologique assez élevée. Pour les eaux épurées les rendements épuratoires pour la matière en suspension, les demandes chimique (DCO) et biochimique (DBO5) en oxygène, l'azote global, le phosphore total sont représentés respectivement par 93%, 95%, 98%, 77%, 84%.

La comparaison des paramètres analysés des eaux épurées avec les normes du journal officiel de la république algérienne (JORA) et OMS montrent que ces eaux ne présentent aucun danger quant à leur déversement dans le milieu naturel. D'autre part, les paramètres bactériologiques ne satisferont pas la norme de réutilisation des eaux usées de là l'USEPA à des fins d'irrigation. C'est pourquoi nous avons proposé des solutions et des stratégies plus rentables visant à améliorer la qualité de l'eau traité

Mots-clés : Boues activées - Eaux usées - Eaux épurées - Qualité - Biodégradabilité - Normes-bactériologiques

ABSTRACT

Wastewater is heavily loaded with various pollutants, which would pose the problem of health risks associated with its discharge into the natural environment and its reuse, if it had not undergone prior purification.

The Cap Falcon wastewater treatment plant, located in the town of Ain Turk in the state of Oran, treats domestic effluents using the activated sludge process. The Physic-chemical and bacteriological results obtained revealed that the raw wastewater entering the WWTP exhibits fairly high organic, nitrogen and bacteriological pollution. For purified water, the purification yields for suspended matter, the chemical (COD) and biochemical (BOD5) oxygen demands, global nitrogen and total phosphorus represent respectively by 93%, 95%, 98%, 77%, and 84%. The comparison of the analyzed parameters of purified water with the standards of the official journal of the Algerian Republic (OJAR) and WHO show that these waters do not present any danger as regards their discharge into the natural environment. On the other hand, the bacteriological parameters did not meet the USEPA standard for reuse of wastewater for irrigation purposes. This is why we have proposed more cost-effective solutions and strategies aimed at improving the quality of treated water.

Keywords: - Activated sludge - Wastewater - Cleaned water - Quality - Physic-chemical characterization - Biodegradability - Standards – bacteriological.

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE

CHAPITRE I ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LA REUTILISATION DES EAUX USEES

EPUREES

I.1	Introduction.....	01
I.2	Objectif de la réutilisation des eaux usées.....	01
I.3	Historique de la réutilisation des eaux usées	03
I.4	La réutilisation des eaux usées en agriculture.....	03
	I.4.1 Exemple de réutilisation des eaux épurées en agriculture dans le monde.....	03
I.5	L'expérience Algérienne dans le domaine de réutilisation des eaux usées	04
	I.5.1 Introduction	04
	I.5.2 Statistiques sur la réutilisation des eaux usées épurées en Algérie.....	05
	I.5.2.1 Situation de la réutilisation des EE en Algérie	05
	I.5.2.2 Situation des stations d'épurations.....	05
	I.5.3 Perspectives de réutilisation des EUE en agriculture.....	07
	I.5.3.1 Cadre réglementaire d'usage des eaux usées épurées.....	07
	I.5.3.2 Normes et critères du JORA 2012.....	08
	I.5.4 Les risques liés à la réutilisation agricole des eaux usées épurées.....	10
	I.5.4.1 Risque microbiologique.....	10
	I.5.4.2 Risques chimiques.....	13
	I.5.4.3 Substances nutritives.....	15
	I.5.4.4 La concentration saline des eaux.....	16
	I.5.4.5 Les eaux souterraines (nappes).....	17
I.6	Stockage des eaux épurées.....	17
	I.6.1 Recharge de nappes aquifères.....	17
	I.6.2 Réservoirs de stabilisation.....	18
I.7	Les bénéfices et les contraintes de la réutilisation des eaux usées	18
	I.7.1 Bénéfices et avantages de la réutilisation des eaux usées.....	18
	I.7.1.1 Ressource alternative	18
	I.7.1.2 Conservation et préservation des ressources	18
	I.7.1.3 Valeur économique ajoutée.....	19
	I.7.1.4 Valeur environnementale.....	19
	I.7.1.5 Développement durable.....	19
	I.7.2 Défis et contraintes de la réutilisation des eaux usées	19
	I.7.2.1 Aspects législatifs et sanitaires.....	19

I.7.2.2 Aspects sociaux.....	20
I.7.2.3 Aspects économiques.....	20
I.7.2.4 Aspects environnementaux et agronomiques.....	20
I.7.2.5 Aspects technologiques.....	20
I.8 Définition des eaux usées.....	21
I.9 Type Des Eaux Usées.....	21
I.9.1 Les Eaux Usées Domestiques.....	21
I.9.2 Les Eaux Usées Industrielles.....	21
I.9.3 Les Eaux Usées Pluviale.....	22
I.9.4 Les Eaux Usées De Ruissèlement Agricole.....	22
I.10 Caractéristique Des Eaux Usées.....	22
I.11 Paramètres Des Eaux Usées	22
I.11.1 Paramètres Physico-Chimiques.....	22
I.11.2 Paramètres Bactériologiques	25
I.11.3 Métaux Lourds.....	25
Conclusion.....	27

CHAPITRE II PRESENTATION DU SITE D'ETUDE

II.1 Généralité sur la commune d'Ain Turck.....	28
II.1.1 Situation géographique.....	28
II.1.2 Cadre morphologique.....	29
II.1.3 Aperçu géologique.....	29
II.1.4 Le risque sismique dans la zone d'étude.....	31
II.1.6 Température moyenne.....	31
II.1.4 Aspect climatique.....	32
II.1.7 Evaporation potentielle.....	32
II.1.8 Pluviométrie.....	32
II.1.9 Les vents.....	33
II.1.10 Surface et population.....	34
II.1.11 Situation du réseau d'assainissement.....	34
II.1.12 Situation du réseau d'AEP.....	34
II.2 Ressource en eau.....	34
II.2.1 Ressources régionales.....	34
II.2.1.1 Adduction Est.....	35
II.2.1.2 Adduction ouest.....	35

II.2.2	Ressources locale.....	35
II.2.2.1	Station de pompage « dhaya »	35
II.2.2.2	Station de dessalement d’Ain el Turck (dunes).....	35
II.2.2.3	Station de dessalement de Bousfer.....	35
II.3	Agriculture.....	36
II.3.1	Occupation du sol de la commune de Bousfer et Ain Turck.....	36
II.3.2	Surfaces occupées par les céréales.....	37
II.3.3	Répartition des terres du périmètre.....	37
	Conclusion.....	37

CHAPITRE III PROCESSUS DU TRAITEMENT DE LA STEP DE CAP FALCON

III.1	Introduction.....	38
III.1.1	Les Stations D’épuration De La Wilaya D’oran	38
III.1.2	Localisation de la STEP.....	40
III.1.3	Localisation des points du rejet des eaux épurées de la STEP.....	40
III.1.3.1	Rejet vers les bassins de stockage existants.....	40
III.1.3.2	Rejet vers la mer.....	41
III.1.5	Capacité de traitements.....	42
III.1.6	Caractéristiques requises de l’affluent.....	42
III.1.6.1	Boues et déchets.....	43
III.2	Filière de l’épuration.....	43
III.3	Les Différentes Etapes De Traitement Au Niveau De La Step Cap Falcon	43
III.3.1	Prétraitement.....	46
III.3.1.a	Piège A Cailloux.....	46
III.3.1.b	Vanne d’isolement et de By-pass.....	46
III.3.1.c	Dégrillage.....	46
III.3.1.d	Préleveur automatique.....	47
III.3.1.e	Débitmètre d’entrée.....	48
III.3.1.f	Répartiteur Prétraitement.....	48
III.3.1.g	Dessablage-Dégraissage.....	49
III.3.1.h	Traitement des sables.....	49
III.3.1.i	Biofiltre (ANODOR).....	50
III.3.2	Traitement Biologique.....	51
III.3.2.1	Répartiteur Biologique.....	52
III.3.2.2	Bassins D’aération.....	52

III.3.2.3	Dégazage.....	56
III.3.2.4	Clarification.....	56
III.3.2.5	Besoin et fourniture d'oxygène.....	60
III.3.2.6	Eau de service (Eau industrielle)	60
III.3.2.7	Désinfection.....	61
III.3.3	Traitement des boues.....	62
III.3.4	Equipement d'auto contrôle sortie.....	64
III.3.5	Services.....	66
	Conclusion.....	66

CHAPITRE IV RESULTATS ET DISCUSSION

IV.	Introduction.....	67
IV..1	Bilan d'analyse des Paramètres physico-chimiques.....	67
IV.1.1	PH.....	67
IV.1.2	Conductivité.....	68
IV.1.3	MES.....	69
IV.1.4	La demande chimique en oxygène (DCO).....	70
IV.1.5	La demande biochimique en oxygène (DBO ₅)	71
IV.1.6	L'azote NGL.....	72
IV.1.7	L'azote ammoniacal.....	73
IV.1.8	Nitrite (NO ₂ -).....	74
IV.1.9	Nitrate (NO ₃ -).....	75
IV.1.10	Phosphate total.....	77
IV.1.11	Rendements épuratoires.....	77
IV.2	Bilan d'analyse des bactériologique.....	79
IV.3	Bilan d'analyse des Métaux lourds.....	81
	Conclusion.....	82

CHAPITRE V RECOMMANDATION ET VALORISATION AGRICOLE

V.1	Introduction.....	83
V.2	Problèmes et Solutions Proposées.....	83
V.2.1	Les anomalies du prétraitement.....	83
V.2.2	Les anomalies du traitement biologique.....	83
V.2.3	Les anomalies du traitement tertiaire.....	86
V.2.3.1	Les inconvénients de la désinfection par chloration	86

V.2.3.2	Les avantages de L'UV.....	86
V.2.3.3	Réacteurs REUT Désinfection UV.....	87
V.2.3.4	Critère de dimensionnement.....	88
V.2.4	Les bassins de lagunages.....	88
V.2.4.1	Les traitements préventifs.....	88
V.2.4.2	Les traitements curatifs.....	89
V.2.4.3	Dimensionnement du SKRIMCRUCH.....	89
V.3	Dimensionnement des lagunes aérés.....	90
V.3.1	Rappel théorique : (Critère du temps de séjour)	90
V.3.2	Conception des lagunes d'aération/décantation.....	90
V.3.3	Dimensionnement des installations d'aération.....	92
V.3.4	Estimation du rabattement de la charge entrante.....	92
V.4	Valorisation agricole.....	93
V.4.1	Aptitude et Classification des eaux d'irrigation.....	94
a.	Estimation du SAR.....	94
b.	Comparaison avec les normes de l'OMS.....	94
c.	Comparaison avec les normes de l'USEPA.....	94
V.4.2	Les types des cultures proposées.....	95
V.4.3	Périmètre d'irrigation.....	96
V.4.4	Critères de stockage et de la distribution.....	96
	Conclusion.....	79
	Conclusion générale.....	98
	Références Bibliographique.....	99
	ANNEX 1.....	101

Liste des tableaux

Tableau I- 1: formes de réutilisation des eaux usées [1]	2
Tableau I- 2 : Nombre de STEP à l'échelle nationale.....	6
Tableau I- 3: Spécification des eaux usées épurées	8
Tableau I- 4 : Norme des paramètres Physico – Chimiques	9
Tableau I- 5 : Les virus dans les eaux usées [4].....	11
Tableau I- 6 : Les bactéries pathogènes dans les eaux usées [4].....	12
Tableau I- 7 : Facteurs environnementaux modifiant la survie des microorganismes [4]	12
Tableau I- 8: Temps de survie des pathogènes excrétés à 20–30 °C [4].....	13
Tableau I- 9 : Concentrations maximales d'éléments à l'état de trace recommandée pour les eaux d'irrigations [4].....	14
Tableau II- 1: Répartition de l'humidité moyenne (Période observation 2004- 2019).....	31
Tableau II- 2 : Répartition des températures de la Station d'Oran (Période 1998- 2019)	32
Tableau II- 3 : Evapotranspiration Potentielle enregistrée dans la région de Bousfer (Période 1998- 2019)	32
Tableau II- 4: Répartition mensuelle de la pluviométrie de la Station de Bousfer (Période 1998- 2019).....	33
Tableau II- 5 : Moyennes interannuelles du vent (station d'Oran port en m/s) (Période 1998- 2019).....	33
Tableau II- 6 : Evolution de la population au court, moyenne et long terme (2006-2010-2030)	34
Tableau II- 7 : Répartition des terres du périmètre [18].....	37
Tableau III- 1 : caractéristiques hydraulique d'effluent à traité [14]	42
Tableau III- 2 : Synthèses des caractéristiques des eaux usées à traité [14]	42
Tableau III- 3 : Caractéristiques de l'effluent traité.	42
Tableau III- 4 : Caractéristique de la vanne murale [14]	46
Tableau III- 5 : Caractéristique de dégrillage grossier [14]	47
Tableau III- 6 : Caractéristique de dégrillage manuel [14]	47
Tableau III- 7 : Caractéristique du Dégraisseur-Dessableur cylindro-conique [14]	50
Tableau III- 8 : Quantité de sable [14]	50
Tableau III- 9 : Quantité de graisse [14]	51
Tableau III- 10 : Réparation en volume des différentes zones [14]	53

Tableau III- 11 : Caractéristique de la zone de contact [14]	53
Tableau III- 12 : Caractéristique des agitateurs de la zone de contact[14]	53
Tableau III- 13 : Caractéristique du bassin d’anaérobie [14].....	54
Tableau III- 14 : Caractéristique des agitateurs des bassins d’anaérobie [14].....	54
Tableau III- 15 : Caractéristique de la diffusion d’air. [14].....	54
Tableau III- 16 : Caractéristique des agitateurs des bassins d’aérobie. [14].....	55
Tableau III- 17 : Caractéristique de dégazage [14]	56
Tableau III- 18 : Caractéristique de la clarification [14].....	57
Tableau III- 19 : Caractéristique du pont de clarificateur [14]	57
Tableau III- 20 : Caractéristique de la pompe d’aspiration des flottants [14].....	57
Tableau III- 21 : Besoin moyens en oxygène (en boue) [14].....	60
Tableau V- 1 : Principales causes de mauvais fonctionnement – Remèdes.....	83
Tableau V- 2 : Couleur des flottants.	85
Tableau V- 3 : Comparaison entre les méthodes de désinfection.	87
Tableau V- 4 : Estimation du coût du Réacteurs REUT Désinfection UV.....	87
Tableau V- 5 : Devis total du SKIMCRUSH.....	89
Tableau V- 6 : Données de dimensionnement	91
Tableau V- 7 : Caractéristique de dimensionnement des lagunes aérées.....	91
Tableau V- 8 : Caractéristique de dimensionnement des installations d'aération	92
Tableau V- 9 : Récapitulatif de l’ensemble des données issues de la STEP.....	93
Tableau V- 10 : Paramètres biologiques des eaux épurées comparés aux normes de l’OMS. 94	
Tableau V- 11 : Paramètres des eaux épurées comparés aux normes de l’USEPA.....	95
Tableau V- 12 : La liste des cultures proposées.....	95

Liste des figures

Figure I-1 : Répartition par secteur et localisation des expériences mondiales les plus importantes en réutilisation des eaux résiduaires urbaines	2
Figure II- 1 : Situation géographique de la ville d'Ain Turck [21].....	28
Figure II- 2 : Vue satellitaire d'Ain Turck [21]	28
Figure II- 3: Répartition de Relief de la zone d'étude [21].....	29
Figure II- 4 : Carte sismotectonique du Nord d'Algérie. Mécanismes au foyer des principaux séismes ayant secoués l'Algérie et structures actives du nord algérien (Carte inédite établit par le laboratoire sismotectonique du CRAAG).	30
Figure II- 5 : Répartition de l'humidité mensuelle moyenne	31
Figure II- 6 : Schéma des apports en eaux Station Cap Falcon.....	34
Figure II- 7 : Secteur d'occupation des sols de la zone d'étude (Cultures maraîchères).	36
Figure II- 8 : Occupation des sols de la zone d'étude (Cultures Arboricole).....	36
Figure III- 1 : Station d'épuration de Cap Falcon.....	38
Figure III- 2 : Organigramme de la STEP Cap Falcon	39
Figure III- 3 : Vue satellitaire d'Ain Turck. Source Google Earth	40
Figure III- 4 : Localisation Rejet vers les bassins de stockage existants	41
Figure III- 5 : Localisation du point d'exutoire du rejet en mer	41
Figure III- 6 : Piège à cailloux équipé d'une vanne murale.	46
Figure III- 7 : Unité de dégrillages.....	47
Figure III- 8 : Collecte et Stockage des déchets.....	48
Figure III- 9 : Equipements d'autocontrôle Entrée.	48
Figure III- 10 : Répartiteur Prétraitement	49
Figure III- 11 : Ouvrages de Dessablage-Dégraissage.....	50
Figure III- 12 : Appareil de lavage des sables.....	51
Figure III- 13 : Unité de traitement de l'air vicié.....	52
Figure III- 14 : Répartiteur biologique.....	52
Figure III- 15 : Schéma d'une rampe d'air.....	55
Figure III- 16 : Différentes zones du bassin d'aération.....	55
Figure III- 17: Unité de dégazage.	56
Figure III- 18 : Ouvrage de clarification.	58

Figure III- 19 : Raclage des flottants en surface	58
Figure III- 20 : Principe de clarification.....	59
Figure III- 21 : Recirculation dans la zone d'anaérobie.....	59
Figure III- 22 : Canal sortie file eau après chloration	62
Figure III- 23 : Benne de Stockage des boues déshydratées	62
Figure III- 25 : Appareil presse à bande.....	64
Figure III- 26 : Lits de séchage.	64
Figure III- 27 : Les appareils d'autocontrôle de débit sortant.....	65
Figure IV- 1 : Etapes d'élimination de l'azote. [16]	76
Figure IV- 2 Rendement de réduction de MES.....	78
Figure IV- 3 V: Rendement de réduction de DCO.....	78
Figure IV- 4 : Rendement de réduction de DBO5.	78
Figure IV- 5 : Rendement de réduction de l'azote global.....	79
Figure IV- 6 : Rendement de réduction du phosphate total.	79
Figure V- 1 : Changement de la couleur du clarificateur présente dans la Step Cap Falcon... 83	83
Figure V- 2 : Mousse biologique présente dans la STEP CAP FALCON.	84
Figure V- 3 : Les Matières Flottantes instables présente dans la Step Cap Falcon.....	85
Figure V- 4 : Périmètre d'irrigation de Bousfer.....	96

Liste des graphes

Graphe IV-1 : Variation des moyennes mensuelles du pH des eaux brutes (E.B) et épurées (E.E).	67
Graphe IV-2 : Variation des moyennes mensuelles de la conductivité des eaux brutes (E.B) et épurées (E.E).	68
Graphe IV-3 : Variation des moyennes mensuelles de MES des eaux brutes (E.B) et épurées (E.E).	69
Graphe IV-4 : Variation des moyennes mensuelles de DCO des eaux brutes (E.B) et épurées (E.E).	70
Graphe IV-5 : Variation des moyennes mensuelles de DBO5 des eaux brutes (E.B) et épurées (E.E).	71
Graphe IV-6 : Variation des moyennes mensuelles de l'azote total des eaux brutes (E.B) et épurées (E.E).	73
Graphe IV-7 : Variation des moyennes mensuelles de l'azote ammoniacale des eaux brutes (E.B) et épurées (E.E).	74
Graphe IV-8 : Variation des moyennes mensuelles de nitrite des eaux brutes (E.B) et épurées (E.E).	75
Graphe IV-9 : Variation des moyennes mensuelles de nitrate des eaux brutes (E.B) et épurées (E.E).	76
Graphe IV-10 : Variation des moyennes mensuelles de phosphore total des eaux brutes (E.B) et épurées (E.E).	77
Graphe IV-11 : Variation mensuelle du taux de germes bactériologiques des eaux brutes (E.B) et épurées (E.E).	80
Graphe IV-12 : Variation mensuelle du taux de Nickel des eaux brutes (E.B) et épurées (E.E).	81

Liste des abréviations

CE : Conductivité électrique

CF : Coliformes fécaux

CT : Coliformes totaux

DBO5 : Demande biologique en oxygène

DCO : Demande chimique en oxygène

E. coli : Escherichia coli

EH : Equivalent habitant

FAO : Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (Food and Agriculture Organisation)

JORA : Journal Officiel de la République Algérienne

MES : Matières en suspension

MO : Matière oxydable

N: Azote

NH₄⁺: Ammonium

NO₂⁻: Nitrites

NO₃⁻: Nitrates

Norg: Azote organique

NTK : Azote Total Kjeldahl

NTU : Nephelometric Turbidity Unit

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

ONA : Office National de l'Assainissement

L'USEPA : Agence de protection de l'environnement des États-Unis.

DPAT : Direction de la Planification et de l'aménagement du Territoire Oran

DCE : Directive Cadre sur l'eau

P : Phosphore

PH : Potentiel hydrogène

PO₄³⁻: Ortho phosphates

Pt : Phosphore total

r : Coefficient de corrélation

T : Température

INTRODUCTION GENERALE

L'eau est la matière première la plus importante sur notre planète, pour les êtres vivants que ce soit les êtres humains, les animaux, les plantes ou les micros organismes.

La pollution des eaux de surface est possible par les rejets d'eaux usées tant domestiques que industrielles ainsi que par l'utilisation des engrais et des pesticides en agriculture.

La qualité de l'eau constitue un enjeu environnemental essentiel. Les polluants contenus dans les eaux usées ont des origines diverses, telles que les industries, l'agriculture, les ménages, les transports et l'urbanisation. Le rejet de ces eaux dans le milieu naturel est la principale source de pollution qui affecte les cours d'eau et plus généralement tout le milieu naturel.

Les eaux usées peuvent être chargées par de nombreux polluants et constituent des milieux parfois très complexes. L'analyse de ces eaux usées permet d'identifier les substances indésirables qu'on doit éliminer a priori lors d'un traitement d'épuration. La charge en agents polluants dans une eau peut être évaluée à partir de certains paramètres comme la température, le pH, les matières en suspension...etc.

Le but de notre travail est de faire un suivi des de la qualité des eaux usées et épurées de la station d'épuration Cap Falcon de la wilaya d'Oran et de les comparer aux standards du JORA et aux normes de réutilisation des eaux usées à des fins d'irrigation.

Ce mémoire comporte six chapitres, dont le premier chapitre portera sur les généralités sur les eaux usées. Dans le second on fera une présentation de la zone du point de vue agricole. La troisième pour la description du procédé utilisé dans la station d'épuration de cap Falcon. Les quatrième et cinquième chapitres seront consacrés à la partie expérimentale et aux résultats issus des analyses physico-chimiques des paramètres analysés et à leur discussion. En des comparaisons aux normes des rejets d'effluents liquide du Journal Officiel de la République Algérienne (JORA) et de leur réutilisation à des fins d'irrigation ainsi des recommandations technico-économiques pour l'amélioration de traitement seront traitées dans le dernier chapitres.



CHAPITRE I

Etude bibliographique sur la
réutilisation des eaux usées épurées

I.1 Introduction

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

La réutilisation peut être réalisée de manière directe ou indirecte :

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

La définition stricte de la réutilisation exclut donc le recyclage. Il s'agit, dans ce cas, d'une réutilisation interne des eaux dans un cycle de production dans le but du contrôle de pollution et de l'économie des ressources en eau. Le recyclage est en conséquence l'affaire de l'utilisation initiale. La réutilisation des eaux sert à de nouveaux usagers par rapport aux usagers initiaux. Le nouvel usage nécessite en général un traitement des eaux pour les ramener à une qualité satisfaisante et compatible avec l'usage envisagé, [1].

I.2 Objectif de la réutilisation des eaux usées

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

Les usages potables peuvent être directs, après un traitement poussé, ou indirect, après passage dans le milieu naturel.

Les usages non potables dans les secteurs agricole (irrigation), industriel et urbain Au plan mondial, l'utilisation de cette technique par l'agriculture, l'industrie et les usages domestiques couvre respectivement 70 %, 20 %, 10 % de leur demande en eau ; [1].

La figure suivante résume 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, le Sud des Etats-Unis. Les plus grands projets de réutilisation ont été développés dans les régions de l'Ouest et de l'Est des Etats-Unis, l'espace méditerranéen,

l'Australie, l'Afrique du Sud et dans les zones semi-arides de l'Amérique du Sud et de l'Asie du Sud.

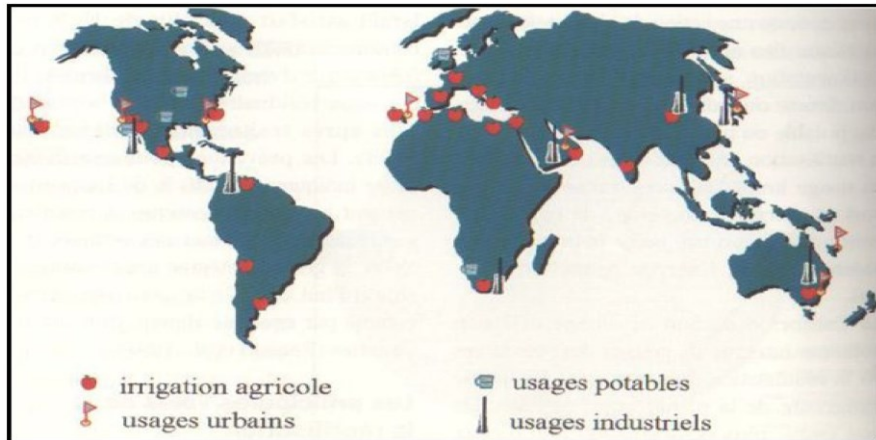


Figure I- 1 : Répartition par secteur et localisation des expériences mondiales les plus importantes en réutilisation des eaux résiduaires urbaines [20]

Tableau I- 1: formes de réutilisation des eaux usées [1]

Formes de réutilisation	Application
Production de l'eau potable	-Production indirecte d'eau potable -Production directe d'eau potable
Irrigation en agriculture	-Culture maraîchère ou fourragère -Arbres fruitiers -Culture industrielle -Aquaculture
Activité récréative	-Augmentation des cours d'eau pour le Pêche, natation
Utilisation industrielle	-eau de refroidissement -Construction -Papeterie -industries textiles
L'utilisation urbaine	-Irrigation de parcs, 'écoles -Golfs, résidences -Protection incendie -Recyclage en immeuble -Lavage de voirie

I.3 Historique de la réutilisation des eaux usées

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

A partir de 1910 sous l'influence de l'extension urbaine, les nuisances générées par l'épandage d'eaux brutes, la pratique est entrée en régression sans que ce déclin soit dû à des considérations sanitaires objectives et précises ; [2].

Au milieu du siècle, une meilleure compréhension des phénomènes biologiques et physico chimiques qui préside au processus de l'évolution et de la dégradation de la matière

Organique, a favorisé, dans les pays industrialisés, des techniques épuratoires, qui avaient pour but de protéger le milieu naturel et en particulier, les cours d'eau récepteurs ; [2].

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

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

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

Des pays du bassin méditerranéen ont suivi rapidement l'exemple : Espagne, Chypre, Grèce, Palestine, Tunisie (2000 ha irrigués à partir des eaux usées épurées près de Tunis) ; [2].

I.4 La réutilisation des eaux usées en agriculture

I.4.1 Exemple de réutilisation des eaux épurées en agriculture dans le monde

Les projets se concentrent autour de bassin méditerranéen et en Europe, aux États-Unis ou encore en Australie. Certains pays comme la Tunisie ont une véritable politique nationale de réutilisation des eaux usées épurées.

- **La Tunisie** a développé un programme de réutilisation des eaux usées épurées dès les années soixante. La première utilisation d'eaux épurées a eu lieu aux alentours de Tunis, pour irriguer 600 ha de citronniers. La nappe qui alimentait autrefois les circuits d'irrigation avait été surexploitée et commençait à être envahie par l'eau de mer. Il a donc fallu trouver une solution alternative. A partir des années quatre-vingt, une politique de réutilisation a été mise en place. En 1993, 6.400 ha de terres agricoles étaient irrigués avec des eaux épurées, et ce chiffre devait atteindre 20 à 30.000 ha dans les années suivantes.

Le traitement préconisé est le bassin de maturation, le plus adapté aux conditions techniques et économiques locales. Les restrictions d'utilisation ne concernent que les légumes destinés à être consommés crus ou cuits, selon la réglementation tunisienne établie en 1989 ; [1].

- **États-Unis**, 34 états disposent de réglementations concernant l'usage agricole des eaux usées. La Californie fait office de précurseur. Sa réglementation sur la qualité des eaux et leur utilisation, dénommée « Title 22 », est une référence au niveau international. Respectivement 63 % (570.000 m³/j) et 34 % (340.000 m³/j) des eaux usées épurées des états de Californie et de Floride sont réutilisées pour l'agriculture. 70 % des effluents sont réutilisés pour l'irrigation agricole après un traitement type Titre 22 (filtration tertiaire et désinfection) ; [1].

- **Mexique**, en 1996, les eaux usées brutes (non traitées) de Mexico étaient utilisées pour irriguer 85 000 hectares de maïs, d'orge et de tomates, dans ce qui constituait le plus grand plan d'irrigation au monde. Les critères sanitaires de la réglementation ont depuis changé, ce qui est heureux au vu de l'étude épidémiologique réalisée dans cette région mettant en évidence une augmentation des maladies intestinales liées à l'irrigation par ces **eaux brutes** (Puil, 1998).

Des pays comme la **Grèce**, le **Portugal**, l'**Italie**, l'**Espagne** ont des programmes plus ou moins avancés de REUE pour l'agriculture. En Europe du nord, l'**Allemagne** et la **Hongrie** utilisent les eaux épurées pour irriguer des céréales, des pommes de terre, etc. mais à moindre échelle.

Notons que, mis à part le cas exceptionnel de Mexico, aucun des rapports concernant ces différents cas de réutilisation ne fait état de problèmes sanitaires ; [1].

I.5 L'expérience Algérienne dans le domaine de réutilisation des eaux usées

I.5.1 Introduction

Le degré de vulnérabilité d'un pays pour l'eau dépend de la quantité d'eau, de sa répartition dans le temps, de sa qualité, et du niveau de la consommation et de la demande. Alors que le climat est le facteur principal déterminant la quantité d'eau et sa répartition dans le temps, la population et le développement économique sont les influences prépondérantes pour la qualité et la demande. Quand les ressources internes renouvelables en eau sont inférieures à 1000 m³ par habitant, le manque d'eau est alors considéré comme un grave frein au développement socio-économique et à la protection de l'environnement. (FAO, 1993)

D'après les statistiques de disponibilité en eau de quelques pays (année 2000), établis par la FAO sur la base de données de la banque mondiale et d'autres organismes, l'Algérie était sous la barre des 1000 m³ par an et par habitant, avec des ressources internes renouvelables estimées à 570 m³/an/habitant.

I.5.2 Statistiques sur la réutilisation des eaux usées épurées en Algérie

Etant donné que les ressources en eau prélevées en 2000 sont estimées à 6.074 milliards de m³ dont 3.938 milliards destinées à l'irrigation (65%) (FAO. 1999.L'étude sur l'agriculture en Algérie). Et pour mieux analyser la situation, on citera les statistiques suivantes présentées par le Directeur de l'Hydraulique Agricole au Ministère des Ressources en Eau, dans le cadre d'une communication présentée à Rabat, du 09 au 12 juillet 2007, sous le titre « la réutilisation des eaux usées épurées en Algérie ».

I.5.2.1 Situation de la réutilisation des EE en Algérie :

- _ Surface Agricole Utile (SAU) : 8,5 millions ha soit 3,3 % de la superficie géographique.
- _ Potentiel de croissance à moyen terme : 01 million d'hectares.
- _ Superficie irriguée (2006) : 900.000 ha soit 10,5 % de la SAU ; [3].

Irriguées principalement à partir des eaux souterraines soit 78%

674.000 ha irrigués à partir de :

- 42.400 forages,
- 132.000 puits,
- 5.300 sources,

Eaux superficielles (13%) :

109.000 ha irrigués à partir de :

- 59 barrages totalisant une capacité de 440 hm³,
- 318 retenues collinaires totalisant une capacité de 33,4 hm³,
- 9.500 prises au fil d'eau,
- 77.000 ha irrigués à partir de 1.120 points d'eau (Épandages de crues, foggaras, etc.)

Irrigation avec les eaux épurées :

- ✓ Superficie irriguée en 2006 : 410 ha.
- ✓ Superficie en projet : 12.000 ha.
- ✓ Superficie à irriguer à terme : 60.000 ha

I.5.2.2 Situation des stations d'épurations

Au cours de ces dernières années, le Ministère des Ressources en Eau a entrepris la mise en œuvre d'un important programme d'investissement concernant la réalisation et la réhabilitation de STEP. Les STEP conçues, répondent aux critères imposés par le Ministère des Ressources en Eau et qui consistent à :

- Protéger les eaux des retenues existantes contre la pollution et l'eutrophisation
- Protéger le littoral et les zones de baignades.

❖ **Eaux usées produites**

- Volume annuel : 730 hm³/an
- Volume annuel à l'horizon 2020 : 01 milliard de m³/an.

❖ **Eaux usées épurées**

- Capacité installée actuelle : 270 hm³.
- Volume actuel épuré : 150 hm³.
- Capacité installée à l'horizon 2020 : 972 hm³
- Capacité installée à l'horizon 2030 : 1.271 hm³. [19]

❖ **STEP à boues activées**

Cent une (101) STEP sont en service. Les capacités installées pour le traitement des eaux usées varient de 200 m³/j pour l'agglomération de H'Nancha (Souk-Ahras) à 750000 m³/j pour la STEP de Baraki (Alger) ; [3].

❖ **Lagunage**

Quatre-vingt-treize (93) STEP de type lagunage dont 20 de type aéré sont en service. Les capacités installées varient de 320 m³/j pour l'agglomération de l'Émir Abdelkader (Ain-Temouchent) à 42 000 m³/j pour la STEP de Ouargla ; [3].

Tableau I- 2 : Nombre de STEP à l'échelle nationale

Procédé de traitement	Etat	Nombre
Boue activée et lagunage	En exploitation dont six (6) en travaux de réhabilitation et une (1) en étude de réhabilitation	41
	En travaux	51
	En voie de lancement	33
	En travaux de réhabilitation (Hors service)	7
	En étude de réhabilitation (Hors service)	6
	En cours d'études	56
	Total	

Source : [MRE]

I.5.3 Perspectives de réutilisation des EUE en agriculture

- **Travaux** : Quatre projets totalisant une superficie de 3.000 ha
 - Périmètre de Hennaya à partir de la STEP de Tlemcen (wilaya de Tlemcen) sur une superficie de 912 ha.
 - Périmètre de Dahmouni (wilaya de Tiaret) sur une superficie 1214 ha.
 - Périmètre d'irrigation à partir de la STEP de la ville de Bordj Bou Arreridj sur une superficie de 350 ha.
- Périmètre d'irrigation à partir de la STEP de Hamma Bouziane à Constantine sur une superficie de 327 ha. [3]
 - **Étude** : Trois projets totalisant une superficie de 9.000 ha.
 - Périmètre d'irrigation de M'leta à partir de la STEP d'Oran sur une superficie de 8100 ha.
 - Aire d'irrigation à l'aval de la STEP de la ville de Médéa a sur une superficie de 255 ha.
 - Périmètre d'irrigation à partir de la STEP de la vallée d'oued Saida sur une superficie 330 ha ; [3].

I.5.3.1 Cadre réglementaire d'usage des eaux usées épurées

La loi n° 05 - 12 du 04 août 2005, relative à l'eau, a institué, à travers ses articles 76 et 78, la concession d'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation (JO n°60 - année 2005). Le décret n° 07-149 du 20 mai 2007 fixe que le concessionnaire (personne physique ou morale) qui se propose de distribuer, à des usagers, des eaux usées épurées à des fins d'irrigation) et les différents intervenants (direction de wilaya de l'hydraulique, de la santé, de l'agriculture et du commerce) sont tenus de procéder à un contrôle régulier de la qualité des eaux distribuées afin de s'assurer en permanence, que la qualité de eaux épurées est conforme aux normes fixées par la réglementation en vigueur (normes Organisation Mondial de la Santé (OMS) et Organisation de l'Alimentation FAO).

	2010	2015	2020	2025	2030
Volume d'eau usée intercepté (hm ³ /an)	501	708	972	1.208	1.271
Volume d'eau usée épurée (hm ³ /an)	257	399	561	705	762
Surface à irriguer par les EUE sans stockage (ha)	21.773	34.485	48.279	59.876	64.431
Surface à irriguer par les EUE avec 100% de stockage (ha)	36.288	57.476	80.466	80.466	107.385

Source : MRE

I.5.3.2 Normes et critères du JORA 2012 :

Les paramètres minimaux de qualité bactériologique des EE à la sortie de la STEP permettant d'assurer la protection sanitaire des agriculteurs et des consommateurs, sont ceux décrits dans L'JO N°41 Arrêté interministériel du 25 Chaâbane 1433 correspondant au 15 juillet 2012 fixant les spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation.

Tableau I- 3: Spécification des eaux usées épurées

25 Chaâbane 1433 15 juillet 2012		JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 41		19
ANNEXE SPECIFICATIONS DES EAUX USEES EPUREES UTILISEES A DES FINS D'IRRIGATION				
1. PARAMETRES MICROBIOLOGIQUES				
GROUPES DE CULTURES	PARAMETRES MICROBIOLOGIQUES			
	Coliformes fécaux (CFU/100ml) (moyenne géométrique)	Nématodes intestinaux (œufs/l) (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 I- 4 : Norme des paramètres Physico – Chimiques

Source : JORA 2012 suite

	PARAMETRES	UNITÉ	CONCENTRATION MAXIMALE ADMISSIBLE
Physiques	pH	—	$6.5 \leq \text{pH} \leq 8.5$
	MES	mg/l	30
	CE	ds/m	3
	Infiltration le SAR = $0 - 3 \text{ CE}$		0.2
	3 - 6		0.3
	6 - 12	ds/m	0.5
	12 - 20		1.3
	20 - 40		3
Chimiques	DBO5	mg/l	30
	DCO	mg/l	90
	CHLORURE (Cl)	meq/l	10
	AZOTE (NO ₃ - N)	mg/l	30
	Bicarbonate (HCO ₃)	meq/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
	Mercure	mg/l	0.01
	Molybdène	mg/l	0.05
	Nickel	mg/l	2.0
	Sélénium	mg/l	0.02
	Vanadium	mg/l	1.0
Zinc	mg/l	10.0	

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

I.5.4 Les risques liés à la réutilisation agricole des eaux usées épurées

I.5.4.1 Risque microbiologique

Dans le cas de l'agriculture, il est prouvé depuis longtemps que les microorganismes pathogènes des animaux ne peuvent ni pénétrer ni survivre à l'intérieur des plantes. Les micro-organismes se retrouvent donc à la surface des plantes et sur le sol. Les feuilles et la plante créent un environnement frais, humide (évaporation) et à l'abri du soleil. Il peut donc y avoir une contamination pendant la croissance des plantes ou la récolte ; [1].

Les trois voies de contamination que l'on retrouve classiquement sont :

- **La contamination par ingestion**

C'est la plus commune. D'une part, il y a l'ingestion directe, lorsqu'il y a consommation d'eau. Celle-ci peut être volontaire lors de la consommation d'eau potable, ou involontaire, par exemple « boire la tasse » en natation. D'autre part, il y a l'ingestion indirecte, par exemple quand les eaux épurées sont utilisées pour irriguer des cultures dont les produits sont ensuite consommés ;

- **La contamination par inhalation**

Elle est moins importante et n'est pas possible pour tous les polluants. Elle se produit lors de la formation d'aérosols, dans le cas de l'irrigation par aspersion ou de l'utilisation d'un karcher ;

- **La contamination par voie cutanée**

Un simple contact peut entraîner une contamination, souvent grâce à des microcoupures sur la peau. Seule la bactérie *Leptospira* est vraiment concernée par ce mode de transmission.

Tableau I- 5 : Les virus dans les eaux usées [4]

Agent pathogène	Symptômes, maladie	Nbre pr 1L d'eau usée	Voies de contamination principales
Virus de l'hépatite A	Hépatite A		Ingestion
Virus de l'hépatite E	Hépatite E		Ingestion
Rotavirus	Vomissement, diarrhée	400 à 85 000	Ingestion
Virus de Norwalk	Vomissement, diarrhée		Ingestion
Adénovirus	Maladie respiratoire, Conjonctivite, vomissement, diarrhée		Ingestion
Astrovirus	Vomissement, diarrhée		Ingestion
Calicivirus	Vomissement, diarrhée		Ingestion
Coronavirus	Vomissement, diarrhée		Ingestion/ inhalation
Réovirus	Affection respiratoire bénigne et diarrhée		Ingestion
Entérovirus :			
Poliovirus	Paralyse, méningite, fièvre	182 à 492 000	Ingestion
Coxsackie A	Méningite, fièvre, pharyngite, maladie respiratoire		Ingestion
Coxsackie B	Myocardite, anomalie Congénitale du cœur (Contamination pendant la grossesse), éruption cutanée, fièvre, méningite, maladie respiratoire		Ingestion
Echovirus	Méningite, encéphalite, maladie respiratoire, rash, diarrhée, fièvre		Ingestion
Entérovirus 68-71	Méningite, encéphalite, maladie respiratoire, conjonctivite hémorragique aiguë, fièvre		Ingestion

Tableau I- 6 : Les bactéries pathogènes dans les eaux usées [4]

Agent pathogène	Symptômes, maladie	Nbre pr 1l d'eau usée	Voies de contamination principales
<i>Salmonella</i>	Typhoïde, paratyphoïde, salmonellose	23 à 80 000	Ingestion
Organisme	Dysenterie bacillaire	10 à 10 000	Ingestion
<i>E. coli</i>	Gastro-entérite		Ingestion
<i>Yersinia</i>	Gastro-entérite		Ingestion
<i>Campylobacter</i>	Gastro-entérite	37 000	Ingestion
<i>Vibrio</i>	Choléra	100 à 100 000	Ingestion
<i>Leptospira</i>	Leptospirose		Cutanée/Inhalation/Ingestion
<i>Legionella</i>	Légionellose		Inhalation
<i>Mycobacterium</i>	Tuberculose		Inhalation

Tableau I- 7 : Facteurs environnementaux modifiant la survie des microorganismes [4]

Facteur	Diminution de la survie
Température	Quand elle augmente
Eau	Quand l'humidité diminue
pH	Aux pH extrêmes (>12 ou < à 3)
Ensoleillement	Quand la luminosité augmente
Oxygène	Effet variable selon le type respiratoire des bactéries ; effet négatif sur les Virus
Matière organique (nutriments)	Quand la quantité de nutriments diminue
Organismes vivants	Quand l'activité biologique augmente. L'activité biologique du milieu (présence d'organismes saprophytes tels que certains champignons) diminue la résistance des organismes par compétition pour les nutriments et sans doute par prédation.

Tableau I- 8: Temps de survie des pathogènes excrétés à 20–30 °C [4]

	Temps de survie en jours			
	Dans les matières de vidange et les boues	Dans les eaux claires et les eaux usées	Sur le sol	Sur les plantes
Virus Entérovirus	< 100(< 20)	< 120 (< 50)	< 100 (<20)	< 60 (<15)
Bactéries Coliformes fécaux Salmonella	< 90 (<50) < 60 (< 30)	< 60 (<30) < 60 (< 30)	< 70 (< 20) < 70 (< 20)	< 30 (<15) < 30 (<15)
Protozoaires	< 30 (<15)	< 30 (<15)	< 20 (<10)	< 10 (< 2)
Helminthes	Plusieurs mois	Plusieurs mois	Plusieurs mois	< 60 (<30)

Les valeurs entre parenthèses montrent le temps de survie habituel.

I.5.4.2 Risques chimiques

- **Eléments traces**

Les éléments traces sont, en général, immobilisés dans les couches supérieures du sol, par adsorption et échange d'ions. Cette accumulation peut avoir pour conséquence à terme des risques pour le développement des plantes, la santé humaine et animale ; Les métaux qui présentent les risques les plus notables sont :

- Le cadmium et molybdène, peuvent être toxiques pour les animaux et les humains, à des concentrations bien inférieures aux seuils de phytotoxicité ;
- Le nickel, zinc et cuivre sont d'abord phytotoxiques ; [1].

Tableau I- 9 : Concentrations maximales d'éléments à l'état de trace recommandée pour les eaux d'irrigations [4]

Élément	Concentration maximale recommandée (mg/l)	Observations
Al (aluminium)	5,0	Peut provoquer la stérilité des sols acides (pH <5,5), mais les sols sodiques précipitent l'ion et éliminent la toxicité à pH > 7,0.
As (arsenic)	0,10	La toxicité à l'égard des plantes varie fortement, à moins de 0,05 mg/l pour le riz.
Be (beryllium)	0,10	La toxicité vis-à-vis des cultures varie fortement de 5mg/l pour le chou à 0,5 mg/l pour les haricots blancs.
Cd (cadmium)	0,01	Toxique pour les haricots, les betteraves et les navets à de faibles concentrations (0,1 mg/l dans la solution nutritive). Des limites prudentes sont recommandées en raison des possibilités de formation des concentrations, dans les végétaux et les sols, dangereuses pour l'homme.
Co (cobalt)	0,05	Toxique pour la tomate à 0,1 mg/l dans la solution nutritive. A tendance à être neutralisée par les sols à pH > 7.
Cr (Chrome)	0,10	N'est en général pas considéré comme un élément essentiel de la croissance. En raison d'un manque d'information sur ses effets toxiques, on recommande des limites prudentes.
Cu (cuivre)	0,20	Toxique pour un certain nombre de plantes à partir de concentrations comprises entre 0,1 et 1,0 mg/l, dans la solution nutritive.
F (fluor)	1,0	Neutralisé par les sols à pH > 7.
Fe (Fer)	5,0	Pas toxique pour les plantes dans les sols aérés, mais peut contribuer à l'acidification des sols et à la baisse de la disponibilité du phosphore et du molybdène essentiel. Peut provoquer, en aspersion "haute", des dépôts peu esthétiques sur les plantes, l'équipement et les bâtiments.
Li (Lithium)	2,5	Toléré par la plupart des cultures jusqu'à 5mg/l, mobile dans le sol. Toxique pour les agrumes à des concentrations faibles (<0,075 mg/l). Agit comme le bore.
Mn (manganèse)	0,20	Toxique pour un certain nombre de plantes, à partir de quelques dixièmes de mg/l à quelques mg/l, mais en général seulement dans les sols acides.

Mo (molybdène)	0,01	Non toxique pour les cultures à des concentrations normales dans le sol et l'eau. Peut-être toxique pour le bétail lorsque le fourrage pousse sur des sols à forte concentration en molybdène disponible.
Ni (nickel)	0,20	Toxique pour un certain nombre de plantes à partir de concentrations variant de 0,5 mg/l à 1,0 mg/l, toxicité réduite avec un pH neutre ou alcalin.
Pb (plomb)	5,0	Peut inhiber la croissance des cellules végétales à des concentrations très élevées
Se (sélénium)	0,02	Toxique pour les cultures à des concentrations aussi faibles que 0,025 mg/l et toxique pour le bétail si le fourrage est cultivé sur des sols avec un niveau relativement élevé de sélénium apporté. Essentiel aux animaux mais à des concentrations très basses.
Sn (étain)		Exclu efficacement par les plantes; tolérance spécifique inconnue.
V (vanadium)	0,10	Toxique vis-à-vis de nombreux végétaux à des concentrations relativement faibles.
Zn (zinc)	2,0	Toxique pour de nombreuses plantes à des concentrations très variables, toxicité réduite à pH > 6,0 et dans les sols à texture fine ou organiques.

I.5.4.3 Substances nutritives

Ces impacts sont d'importance particulière puisqu'ils peuvent réduire la productivité, la fertilité et le rendement des terres.

- **L'azote**

En quantité excessive peut :

- ✓ Perturber certaines productions,
- ✓ Retarder la maturation de certaines cultures, abricots, agrumes ;
- ✓ Altérer leur qualité, comme par exemple réduire la teneur en sucres des fruits ;
- ✓ Accentuer la sensibilité des cultures aux maladies, la tendance à la verse pour les céréales,
- ✓ Limiter le développement des jeunes racines ; [5].

- **Les nitrates**

L'origine des nitrates dans l'eau souterraine est principalement due aux engrais et les eaux d'épuration. L'azote n'est pas absorbé par les plantes, volatilisé, ou emporté par le nettoyage des surfaces dans les eaux souterraines sous forme de nitrate. Ceci rend l'azote non disponible pour les

plantes, et peut également augmenter la concentration dans les eaux souterraines au-dessus des niveaux admissibles pour la qualité de l'eau potable. Les systèmes septiques éliminent seulement la moitié de l'azote des eaux usées, laissant l'autre moitié dans les eaux souterraines, ceci conduit à une augmentation des concentrations en nitrate ; [6].

Méthémoglobinémie : une maladie causée par un excès en nitrate

La condition clinique se produisant à partir de la conversion de l'hémoglobine en méthémoglobine, qui est incapable de relier ou de transporter l'oxygène. La méthémoglobine est formée lorsque le fer de la molécule d'hémoglobine est oxydé de Fe^{2+} en Fe^{3+} .

- **Le potassium**

La concentration en potassium dans les effluents secondaires varie de 10 à 30 mg/l. Un excès de fertilisation potassique conduit à une fixation éventuelle du potassium et une augmentation des pertes par drainage en sols légers ; [5].

- **Le phosphore**

Le principal problème causé par le phosphore est l'eutrophisation des milieux aquatiques, notamment des lacs.

L'eutrophisation est "l'asphyxie des eaux d'un lac ou d'une rivière" due à un apport exagéré de substances nutritives - notamment le phosphore - qui augmente la production d'algues et de plantes aquatiques.

La décomposition et la minéralisation de ces algues, lorsqu'elles meurent, consomment de l'oxygène dissous. Autrement dit, plus il y a d'algues, moins il y a d'oxygène, particulièrement dans les eaux du fond. En dessous d'un certain seuil, on parle généralement de 4 mg d'oxygène par litre, les conditions de vie deviennent difficiles pour la faune et la flore ; [5].

I.5.4.4 La concentration saline des eaux

Au cours des irrigations successives, la plante prélève l'eau qui lui est nécessaire et abandonne dans le sol une large fraction des sels apportés. Ces résidus s'accumulent et la salinité propre du sol s'élèvera en même temps que les volumes d'eau appliqués. Les eaux d'irrigation doivent donc renfermer des quantités de sel notable inférieures au niveau de salinité de la solution de sol considéré comme dangereux. Dans le cas contraire, il faut pratiquer des irrigations supérieures aux besoins de la culture de manière que l'eau en excès entraîne en profondeur hors de portée des racines les éléments solubles.

Les risques de salinisation peuvent être minorés de 10 à 30% si la fraction de lessivage correspond à celle d'une irrigation bien réalisée (10 à 20% de lessivage).

Les principaux sels responsables de la salinité de l'eau sont les sels de calcium (Ca^{2+}), de magnésium (Mg^{2+}), de sodium (Na^+), les chlorures (Cl^-), les sulfates (SO_4^{2-}) et les bicarbonates (HCO_3^-) ; [3].

- **Le Sodium**

Le sodium est l'un des éléments les plus indésirables dans l'eau d'irrigation ; le problème principal avec une grande quantité de sodium est son effet sur la perméabilité du sol et sur l'infiltration de l'eau. Le sodium remplace le calcium et le magnésium adsorbés sur les particules d'argile et provoque la dispersion des particules du sol. Il y a donc éclatement des agrégats du sol ce qui conduit à une structure compacte lorsque cette dernière est sec et excessivement imperméable à l'eau.

La concentration de sodium dans l'eau d'irrigation est estimée par le ratio d'adsorption du sodium (SAR). Le SAR décrit la quantité de sodium en excès par rapport aux cations calcium et magnésium, qui eux, peuvent être tolérés en relativement grande quantité dans l'eau d'irrigation ; [3].

I.5.4.5 Les eaux souterraines (nappes)

- Les nappes libres (nappes qui ne possèdent pas de couche imperméable au-dessus permettant leur protection) sont les plus exposées à la contamination par l'infiltration des eaux usées épurées après irrigation, non seulement parce qu'elles ne bénéficient pas d'une protection, mais encore parce qu'elles sont en général peu profondes ; [5].
- Les nappes captives (nappes qui ont une couche imperméable au-dessus qui empêche l'eau et donc les polluants de s'infiltrer) sont plus protégées mais peuvent être éventuellement contaminées par des forages ou une autre mise en communication avec la surface ou un autre aquifère pollué ; [5].

I.6 Stockage des eaux épurées

I.6.1 Recharge de nappes aquifères

Il y a deux possibilités de recharge des nappes aquifères :

- Déversement direct des eaux épurées après un haut degré de traitement par un forage.
- L'infiltration-percolation : cette technique utilise les capacités épuratrices des sols en combinant l'épuration complémentaire et recharge de nappes.

I.6.2 Réservoirs de stabilisation

Ce sont des réservoirs de profondeur variable de 5,5 à 15 mètres, le stockage des eaux épurées dans ces réservoirs sur de longues durées (de quelques jours à quelques semaines voir des mois) constitue un véritable traitement complémentaire ; il permet la diminution des matières en suspension, l'azote (nitrates) et les micro-organismes.

Ces diminutions sont très variables selon la qualité de l'eau d'entrée et la conception du réservoir (en particulier sa profondeur) ; [5].

I.7 Les bénéfices et les contraintes de la réutilisation des eaux usées :

La Réutilisation des eaux usées peut être un atout important dans la politique d'aménagement du territoire des collectivités locales. Les avantages et les bénéfices les plus importants de la réutilisation de ces eaux, ainsi que les défis et les contraintes les plus fréquemment rencontrés dans l'exécution et l'exploitation de tels projets, sont les suivants :

I.7.1 Bénéfices et avantages de la réutilisation des eaux usées :

I.7.1.1 Ressource alternative :

- Augmenter la ressource en eau et la flexibilité d'approvisionnement tout en diminuant la demande globale ;
- Différer le besoin de mobilisation d'autres ressources en eau ;
- Assurer une ressource fiable, disponible et indépendante des sécheresses pour l'irrigation et les usages industriels ;
- Dans certains cas, une exécution rapide et plus facile que la mobilisation de nouvelles ressources en eau de première main ;
- Garantir une indépendance vis-à-vis du fournisseur d'eau potable (par exemple pour des raisons politiques) ; [7].

I.7.1.2 Conservation et préservation des ressources :

- Economiser l'eau potable pour la réserver aux usages domestiques ;
- Contrôler la surexploitation des ressources souterraines ; [7].

I.7.1.3 Valeur économique ajoutée :

- Éviter les coûts du développement, du transfert et de pompage de nouvelles ressources en eau fraîche ;
- Dans certains cas, éviter les coûts de l'élimination des nutriments des eaux usées ;
- Réduire ou éliminer l'utilisation des engrais chimiques en irrigation ;
- Assurer des revenus complémentaires grâce à la vente de l'eau recyclée et des produits dérivés ;
- Assurer des bénéfices économiques pour les usagers grâce à la disponibilité de l'eau recyclée en cas de sécheresse ;
- Favoriser le tourisme dans les régions arides ;
- Augmenter la valeur foncière des terrains irrigués. [7]

I.7.1.4 Valeur environnementale :

- Réduire les rejets de nutriments et de polluants dans le milieu récepteur ;
- Améliorer et maintenir les plans d'eau en cas de sécheresse ;
- Éviter les impacts négatifs liés à la construction de nouveaux barrages, réservoirs, etc.... ;
- Améliorer le cadre de vie et l'environnement (espaces verts, etc.) ;
- Proposer une alternative fiable aux rejets d'eaux usées dans les milieux sensibles (zones de baignade ou conchylicoles, Réserves naturelles, etc.) ;
- Profiter des nutriments apportés par l'eau d'irrigation pour augmenter la productivité des cultures agricoles et la qualité des espaces verts. [7]

I.7.1.5 Développement durable :

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

I.7.2 Défis et contraintes de la réutilisation des eaux usées :**I.7.2.1 Aspects législatifs et sanitaires :**

- Problèmes de santé publique liés aux pathogènes éventuels dans les eaux usées non Traitées ;
- Absences de réglementation et des incitations à la réutilisation ;
- Exploitation inappropriée et/ou qualité non-conforme ; [7].

I.7.2.2 Aspects sociaux :

- Malgré les réticences psychologiques à utiliser les EUE, la rareté de l'eau et les réalités économiques poussent les agriculteurs de certaines régions à la REU ;
- Il faut établir un système de surveillance de la qualité des EUE pour instaurer une confiance entre le distributeur et l'utilisateur ;
- En vertu de l'incertitude des risques liés à la REU, des stratégies nationales de réutilisation des eaux usées pourraient s'orienter uniquement vers les espaces verts et l'agroforesterie (ex : Egypte) ; [7].

I.7.2.3 Aspects économiques :

- Considérer la REU comme faisant partie de la trilogie : assainissement, épuration et réutilisation. Cette trilogie devrait s'insérer dans des stratégies nationales ;
- Le coût de la réutilisation doit être comparé au coût de l'inaction qui a des impacts environnementaux, sanitaires et qui augmente le coût de traitement de l'eau potable
- Le coût de la réutilisation doit aussi être comparé à d'autres alternatives comme le dessalement ;
- La réutilisation est devenue une nécessité et peut contribuer au développement de certains secteurs économiques (tourisme et loisirs) ;
- Le coût de la réutilisation varie d'un bassin hydrologique à un autre et en fonction de l'usage final souhaité ; [7].

I.7.2.4 Aspects environnementaux et agronomiques :

- La présence de beaucoup de sels, bore, sodium et autres micropolluants peut avoir des effets négatifs sur certaines cultures et les sols ; [7].

I.7.2.5 Aspects technologiques :

- Une grande fiabilité d'exploitation est requise.
- Importance du choix de la filière de traitement ; [7].

I.8 Définition des eaux usées :

Les eaux usées sont des eaux contenant des éléments qui les rendent impropres à la consommation. Ces eaux usées sont toutes les eaux des activités domestiques, agricoles, et industrielles chargées en substances toxiques qui parviennent dans les canalisations d'assainissement. Ces eaux polluées ont été altérées par l'activité humaine. Il peut ainsi s'agir d'eaux polluées provenant d'usines ou d'eau de ruissellement.

Ces eaux contiennent des hydrocarbures et autres substances chimiques polluantes qui contraignent à un traitement de l'eau afin de la rendre de nouveau propre. Elles sont la plupart du temps expédiées à travers les égouts, au terme desquels elles passeront à travers une station ou un centre de traitement. Ces derniers purifient l'eau avant de la rejeter dans la nature, de telle sorte que l'impact de l'homme sur l'eau soit le plus neutre possible. [8]

I.9 Type Des Eaux Usées

Les eaux usées résultent de la pollution tant physico-chimique que bactériologique des eaux de consommation de bonne qualité, du fait des activités humaines, qu'elles soient domestiques, industrielles ou agricoles.

La classification des eaux usées s'appuie sur leurs origines :

- ✓ Eaux usées domestiques ;
- ✓ Eaux usées industrielles ;
- ✓ Eaux de pluie et de ruissellement dans la ville ;
- ✓ Eaux de ruissellement dans les zones agricoles.
- ✓

I.9.1 Les Eaux Usées Domestiques

Elles proviennent des différents usages domestiques de l'eau. Elles sont essentiellement porteuses de pollutions organiques, se répartissent en eau ménagère qui a pour origine les salles de bain et les cuisines, généralement chargées de détergents, de graisses, de solvants, et de débris organiques. Il s'agit aussi des rejets des toilettes, chargées de diverses matières organiques azotées et de germes fécaux.

I.9.2 Les Eaux Usées Industrielles

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

I.9.3 Les Eaux Usées Pluviale

Généralement, les eaux pluviales ne sont pas forcément polluées. Elles ne sont considérées comme des eaux usées que si elles sont mélangées avec des effluents urbains au niveau des égouts de type unitaire ou les impuretés se trouvant dans l'air libre.

I.9.4 Les Eaux Usées De Ruissellement Agricole

Il s'agit de rejets liquides agricoles issus du ruissellement, d'eau d'irrigation qui entraîne des engrais, des pesticides, des herbicides ou des rejets organiques dus à un élevage important... [8]

I.10 Caractéristique Des Eaux Usées

La composition des eaux usées est extrêmement variable en fonction de leur origine. Elles peuvent contenir de nombreuses substances sous forme solide ou dissoute ainsi que de nombreux micro-organismes. En fonction de leurs caractéristiques physiques, chimiques, biologiques et du danger sanitaire qu'elles représentent, ces substances peuvent être classées en quatre groupes comme suit

- ✓ Micro-organismes ;
- ✓ Matières en suspension ;
- ✓ Éléments traces minéraux ou organiques ;
- ✓ Substances nutritives. [9]

I.11 Paramètres de pollution Des Eaux Usées

Les paramètres de pollution des eaux usées sont comme suite :

- ✓ Paramètres physico-chimiques ;
- ✓ Paramètres bactériologiques ;
- ✓ Métaux lourds

I.11.1 Paramètres Physico-Chimiques

Les paramètres physico- chimiques les plus répandus pour l'étude et analyse des eaux usées sont :

- ✓ Matières En Suspension(MES);
- ✓ Demande Biochimique en Oxygène (DBO) ;
- ✓ Demande Chimique en Oxygène(DCO) ;
- ✓ Matières azotés ;
- ✓ Matières phosphatés ;
- ✓ Turbidité ;

- ✓ Couleur ;
- ✓ Conductivité ;
- ✓ Oxygène dissous ;
- ✓ Température ;
- ✓ Potentiel d'Hydrogène (PH).

Nous nous focalisons dans cette étude uniquement sur les paramètres qui nous orientent sur l'efficacité ou la non efficacité du processus du traitement à savoir : les MES, la DBO, la DCO, les matières azotés et phosphatées.

❖ **Matières En Suspension (MES)**

Il s'agit de la quantité de pollution organique et minérale non dissoute dans l'eau.

Les MES sont responsables d'ensablement et de baisse de pénétration de la lumière dans l'eau, ce qui entraîne une diminution dans l'activité photosynthétique et une chute de la productivité du phytoplancton.

❖ **Demande Biochimique En Oxygène (DBO)**

La demande biologique en oxygène est par définition, la quantité d'oxygène nécessaire aux microorganismes vivants afin d'assurer l'oxydation biologique de la matière contenue dans cette eau ainsi la stabilisation des matières organiques présentes dans l'eau usée. C'est un paramètre qui permet d'évaluer la fraction de la pollution organique biodégradable, la DBO5 est une valeur obtenue après cinq jours d'incubation. 400 mg/L.

❖ **Demande Chimique En Oxygène (DCO)**

La DCO est la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder les matières organiques y compris les matières biodégradables et non biodégradables par voie chimique.

Vu la simplicité de mesure de DCO et sa précision, il s'est avéré nécessaire de développer des corrélations entre la DBO5 et la DCO ainsi le rapport DCO/ DBO5 des eaux usées urbaines est proche de 2, le rapport DCO/ DBO5 des effluents domestiques est de 1,9 à 2,5.

❖ Matières Azotées

Les formes de l'azote dans les eaux usées sont l'azote total (NTK), les nitrates (NO_3^-) et les nitrites (NO_2^-). En plus de la toxicité de la forme ammoniacale et nitrique l'azote intervient dans le phénomène de l'eutrophisation. Donc, sa caractérisation et sa quantification sont primordiales pour les rejets liquides dans le milieu naturel.

❖ Matières Phosphatées

C'est la quantité de phosphore total contenu dans l'eau sous diverses formes :

- ✓ Poly phosphates,
- ✓ Organophosphorés
- ✓ Ortho phosphates.

Le phosphore est aussi responsable de l'eutrophisation du milieu aquatique, d'où l'obligation de sa détermination.

❖ Le pH

Le pH ou " potentiel hydrogène" est l'indice d'acidité du milieu. Le pH d'un effluent urbain classique est légèrement alcalin, de l'ordre de 7,5 et 8. Celui des effluents industriels peut être, par contre, extrêmement variable. Ainsi, A titre d'exemple, le pH d'un rejet de laiterie Habituellement légèrement basique en valeur moyenne, peut passer de 4 à 10 en moins d'une heure à la suite du nettoyage à la soude des cuves de stockage. Ces variations peuvent affecter le bon fonctionnement de l'épuration biologique.

La régulation du pH en tête de bassin d'aération peut être réalisée par :

- Ajout d'acide et base complémentaire,
- Auto neutralisation dans un bassin tampon ;

❖ La conductivité

La conductivité est une mesure de la capacité d'une solution à laisser passer un courant électrique. Cette capacité dépend des sels solubles dans l'eau et de la température de mesure.

Unité : Siemens/cm ou mho/cm.

La conductivité des eaux usées est très variable d'une région à l'autre :

Pour des eaux usées domestiques, on peut citer des valeurs moyennes de 900 à 1 300 m mho/cm. Il faut de plus noter que les traitements physiques ou biologiques n'ont que peu d'incidence sur ce paramètre.

Des conductivités plus faibles peuvent être dues à des eaux d'infiltration ou à des eaux pluviales. Des conductivités plus élevées peuvent être dues à l'infiltration d'eaux de mer, des raccordements industriels (fabrique d'anchois, de salaison ...), au salage des rues (dégel) ; [9]

I.11.2 Paramètres Bactériologiques

Les eaux résiduaires urbaines et industrielles contiennent de nombreux germes dont certains sont pathogènes. La présence des coliformes et de streptocoques témoigne une contamination fécale de ces eaux et qu'il est impératif de les épurer pour préserver l'écosystème.

On prendra en considération deux paramètres essentiels :

- ✓ Coliformes
- ✓ Escherichia coli.

❖ Les Coliformes Totaux Et Fécaux

C'est un groupe de bactéries utilisé comme indicateur de contamination fécale, capable de se multiplier.

Ces bactéries se cultivent à 44 °C et se développent à 37 °. Ces dernières sont incluses dans les germes témoins de contamination fécale de deuxième ordre.

❖ Escherichia Coli

Escherichia coli (E. coli) est une bactérie naturellement présente dans notre tube digestif, sans pour autant provoquer de maladies. C'est une bactérie dite "commensale" : normalement présente dans la flore intestinale, elle nous protège même contre certaines infections.

Si la majorité des souches d'E. Coli sont inoffensives, certaines ont acquis des facteurs de virulence qui les rendent pathogènes ; [9]

I.11.3 Métaux Lourds

Les éléments traces, appelés abusivement métaux lourds, comprennent non seulement les métaux présents à l'état de trace (cadmium, cuivre, mercure, plomb, etc.), mais aussi des éléments non-métalliques, comme l'arsenic, le fluor... La plupart d'entre eux, les oligoéléments, sont nécessaires à la vie en faible dose. Ils peuvent cependant se révéler très nocifs en quantités trop importantes. C'est le cas du fer (Fe), du cuivre (Cu), du zinc (Zn), du nickel (Ni), du cobalt (Co), du vanadium (V), du sélénium (Se), du molybdène (Mo), du manganèse (Mn), du chrome (Cr), de l'arsenic (As) et du titane (Ti). D'autres ne sont pas nécessaires à la vie et sont préjudiciables dans tous les cas,

comme le plomb (Pb), le cadmium (Cd) et l'antimoine (Sb). Les métaux lourds s'accumulent dans les organismes vivants et ont des effets toxiques à court et long terme. Certains, comme le cadmium, le chrome et le plomb, sont cancérigènes.

Notre étude va se baser seulement sur les paramètres suivants :

- ✓Zinc ;
- ✓Nickel ;
- ✓Plomb ;
- ✓Chrome ;
- ✓Cuivre ;
- ✓Cadmium.

❖ **Le Zinc**

Le ZINC de symbole chimique « Zn », est un métal brillant, d'un blanc bleuâtre, ductile et malléable que l'on trouve dans la nature sous diverses formes et qui connaît de nombreux emplois. Zinc carbonate, oxydé, silicaté, sulfuré; chlorure, oxyde, sulfate, sulfure de zinc, minerais, sels de zinc etc.....

❖ **Nickel**

Le nickel et ses composés sont absorbés par les voies respiratoires et dans une moindre mesure par le tube digestif. Environ 20 à 35 % du nickel inhalé est absorbé dans le sang à partir des voies respiratoires, le reste étant éliminé. L'absorption du nickel existe également par voie cutanée. Cette voie est peu significative quantitativement mais importante cliniquement car le contact d'un objet contenant du nickel est susceptible d'engendrer des dermatites de contact (allergies).

❖ **Plomb**

Le plomb fait partie de la grande famille des métaux lourds. Il est présent dans la croûte terrestre et dans tous les compartiments de la biosphère. La toxicité causée à long terme par le plomb est communément appelée « saturnisme ». Elle peut avoir des effets sur les systèmes nerveux, hématopoïétique et cardio-vasculaire. A forte dose, le plomb provoque des troubles neurologiques, hématologiques et rénaux. Il peut entraîner chez l'enfant des troubles du développement cérébral, avec des perturbations psychologiques et des difficultés d'apprentissage scolaire.

❖ Chrome

Le chrome de symbole chimique « Cr » est un métal blanc grisâtre, brillant, dur, inoxydable, utilisé notamment pour la protection d'autres métaux et pour la fabrication de divers alliages. Minerai de chrome.

❖ Cuivre

Le cuivre est un métal de couleur rouge dorée et de symbole Cu. C'est un très bon conducteur de l'électricité, comme l'argent et l'or, qui lui sont très proches. Le cuivre est un élément simple, c'est-à-dire qu'il est composé d'un seul type d'atome... [9]

Conclusion :

A travers ce chapitre, nous avons vu que la réutilisation des eaux usées est une pratique ancienne très répandue. Elle connaît une révolution ces dernières années surtout dans les pays à déficit hydrique. Vu la composition des eaux usées brutes, leur rejet direct dans le milieu naturel accroît les risques de pollution ainsi que la réutilisation d'une eau de mauvaise qualité peut présenter des risques pour la santé et l'environnement, Un traitement adéquat est impératif, selon le niveau de qualité exigé. Cela passe en première étape par la caractérisation de la pollution des eaux usées afin d'assurer les performances du procédé d'épuration choisi.

Des recommandations internationales et locales sont adoptées à cette pratique en vue de minimiser les risques sanitaires et environnementaux.



CHAPITRE II

Présentation du site d'étude

II.1 Généralité sur la commune d'Ain Turck

II.1.1 Situation géographique

La commune d'Ain Turck est une zone côtière située à une quinzaine de kilomètres ouest de la wilaya d'Oran. Elle fait partie de la zone (superficie 815,82 km) des 14 communes littorales de la wilaya d'Oran Sa superficie est de 30,7 km², limitée :

- Au nord par la mer méditerranéenne
- A l'est par la commune de Mers El Kebir
- A l'ouest par la commune de Bousfer.
- Au sud par la commune de Messerghin.

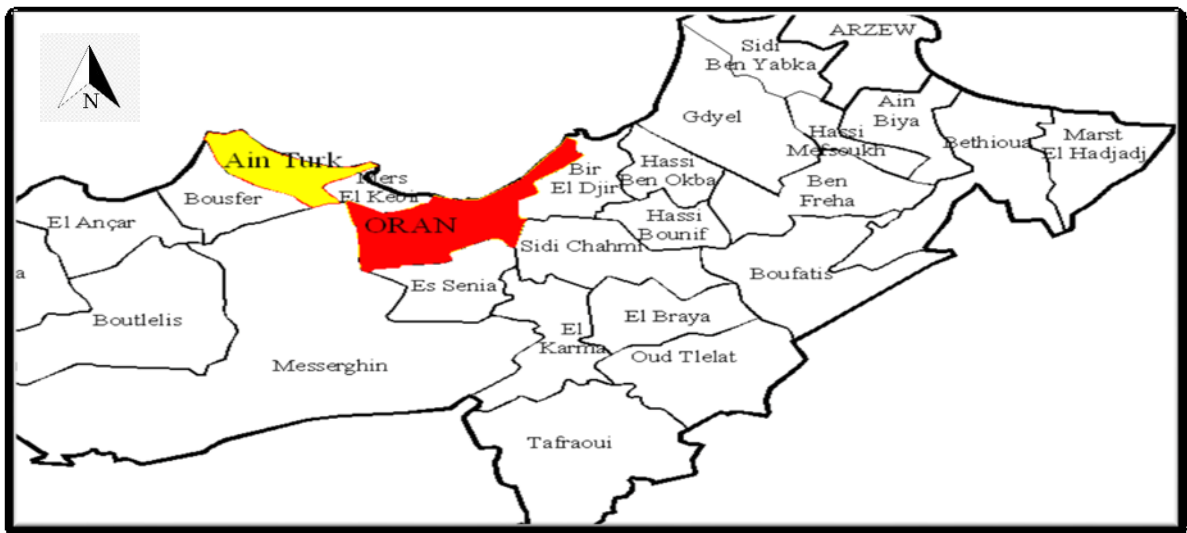


Figure II- 1 : Situation géographique de la ville d'Ain Turck [21]



Figure II- 2 : Vue satellitaire d'Ain Turck [21]

II.1.2 Cadre morphologique

Sur le plan morphologique, un ensemble d'éléments physiques caractérisent le cadre naturel de la commune d'Ain el Turck. (Figure II-3)

- Au nord, une longue plage (8 km) s'étale de Saint-Roch jusqu'au phare de Cap-Falcon.
- A l'ouest, s'étend un vaste champ de dunes de sable des andalouses jusqu'à Ain el Turck, d'une superficie de 200 hectares, et qui en contact avec le reste naturel du territoire et renforce ainsi les attributs touristiques de la commune.
- Au sud, se trouve le massif montagneux de Murdjajo (576 mètres d'altitude) qui se caractérise d'une forte pente de 25%.
- A l'est, se dresse le massif du djebel santon 5 318 m d'altitude avec de fortes pentes également.

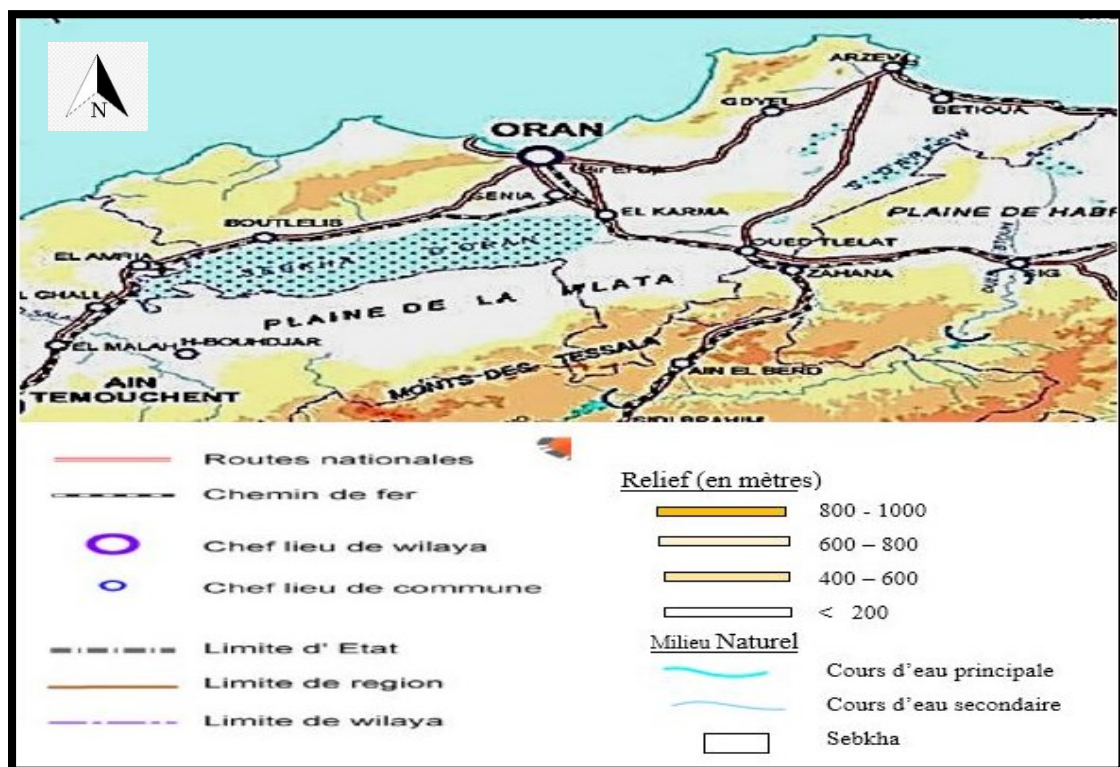


Figure II- 3: Répartition de Relief de la zone d'étude [21]

II.1.3 Aperçu géologique

Le terrain de la commune d'Ain el Turck, recouvert de dunes de sable, les recouvrements dunaires masquent les anciennes formations rendant difficiles l'interprétation des limites géologique et des affleurements, Toute la bande littorale est occupée par des massifs, la zone Sud est formée de plaines.

II.1.4 Le risque sismique dans la zone d'étude

La topographie du site d'Ain Turck est caractéristique du milieu méditerranéen : une frange abrupte et ravinée suivie d'un « plateau » qui culmine vers 110 mètres. Cette particularité morphologique est en outre soumise à des risques sismiques modérés à faibles quoique parfois des séismes violents puissent se produire.

D'Ouest en Est, les massifs des Traras sont le siège de nombreux séismes. C'est le cas également des massifs de Beni Chougrane, au Sud d'Oran, où s'est produit le séisme de Mascara. Les monts de l'Ouarsenis ainsi que du Dahra Zaccar ont connu, de par le passé, de nombreux séismes importants. La région des Hauts Plateaux se caractérise par très peu de sismicité. Le réseau sismologique n'enregistre que très peu de secousses dans cette région. En effet, il suffit de considérer le dernier séisme meurtrier du 21 mai 2003 (Ayadi et al., 2003).

Cette étude contraignant l'acte de construire à se conformer à certaines normes techniques pour minimiser le danger. Mais l'incidence sur les coûts influe sur les décisions de construction. Les débats en cours tentent de se référer aux orientations formulées par les tenants du développement durable qui préconisent une démarche plus écologique en matière d'intervention urbaine. Mais, si au niveau théorique, ces intentions semblent faire consensus, elles se traduisent dans l'action par des différences qui relèvent de logiques propres à des choix de conception. L'objectif est de réduire le risque naturel sans déroger au principe de rentabilité économique.

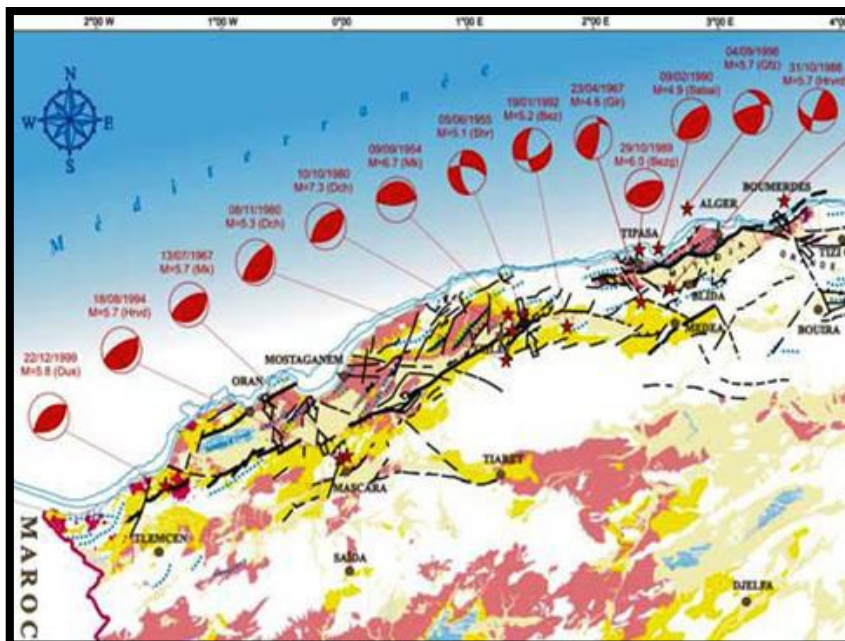


Figure II- 4 : Carte sismotectonique du Nord d'Algérie. Mécanismes au foyer des principaux séismes ayant secoués l'Algérie et structures actives du nord algérien (Carte inédite établit par le laboratoire sismotectonique du CRAAG).

II.1.5 Aspect climatique

Ain Turck bénéficie d'un climat méditerranéen sec classique marqué par une sécheresse estivale, des hivers doux, un ciel lumineux et dégagé.

Pendant les mois d'été, les précipitations deviennent rares voire inexistantes.

II.1.6 Humidité

En saison estivale, il ya moins d'humidité, mais plus humide en saisons pluvieuses en raison des masses d'air très chargées en vapeur d'eau venant précipiter leur tribut de pluie directement sur le relief en montagne. L'humidité relative annuelle moyenne est évaluée respectivement à environ 69%.

On lit sur le graphe que l'humidité relative dans cette zone ne s'abaisse jamais, en toutes saisons, en dessous de 50%.

Tableau II- 1: Répartition de l'humidité moyenne (Période observation 2004- 2019)

Station	S	O	N	D	J	V	M	A	M	J	JUI	A	AN
Oran port	65	69	74	77	77	79	74	69	64	62	60		69
Oran port	69			78			69			61			69
Saisons	Automne			Hiver			Printemps			Eté			Moye

(Source ANRH Oran)

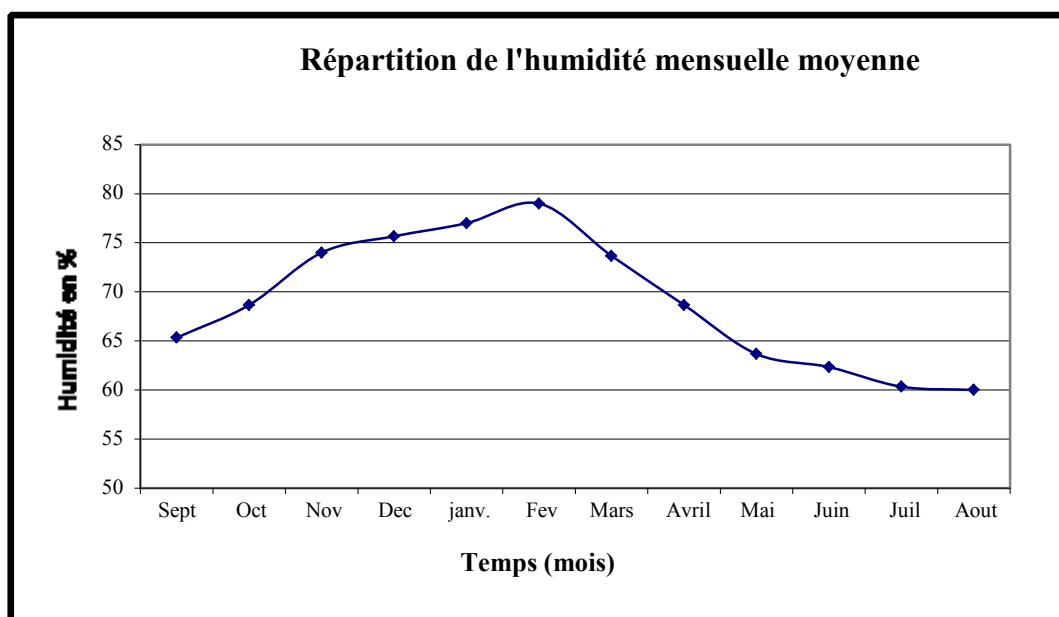


Figure II- 5 : Répartition de l'humidité mensuelle moyenne

II.1.7 Température moyenne

Les relevés climatologiques disponibles intéressent particulièrement la station d'Oran, dont l'extrapolation sur l'ensemble du bassin est admise avec quelques précautions. La répartition géographique des températures dans le bassin, montre aussi bien pour les valeurs extrêmes que pour les moyennes, deux contrastes thermiques remarquables, épousant l'orographie locale.

La température moyenne est estimée à 17,40°C dont étant enregistré le maximum au mois d'août de 25,3°C et le minimum au mois de janvier de 10,8°C.

Le tableau suivant résume les paramètres moyens thermiques estimés à la station d'Oran comme dans les autres stations avoisinantes, extraits des différentes séries d'observations météorologiques et des annuaires édités antérieurement.

Tableau II- 2 : Répartition des températures de la Station d'Oran (Période 1998- 2019)

Station	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Juil	Aout	Moy
T° moy	23.1	19.1	14.7	11.6	10.8	11.9	13.3	15.2	18.2	21.6	24.7	25.5	17.4

(Sources ANRH Oran)

II.1.8 Evaporation potentielle

La répartition mensuelle illustre notamment le type de variations irrégulières dont les écarts par rapport à la moyenne sont nettement considérables pendant la journée. C'est l'effet caractéristique du climat continental qui agit directement sur le comportement des facteurs évaporant.

La tranche d'eau évaporée annuellement sur une surface libre est estimée à près de 1222 mm.

Tableau II- 3 : Evapotranspiration Potentielle enregistrée dans la région de Bousfer (Période 1998- 2019)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Juil	A	An
ETP mm	130	86	56	42	43	54	85	110	138	154	168	156	1222
ETP (%)	10,6	7,0	4,6	3,4	3,5	4,4	7,0	9,0	11,3	12,6	13,7	12,8	100,0

(Sources ANRH Oran)

II.1.9 Pluviométrie

L'analyse de la carte pluviométrique établie, à l'échelle nationale par le secteur des ressources hydrauliques, (édition 1993 ajustée, ANRH), montre que la pluviométrie diminue dans les côtières du sud dans les crêtes au nord au littoral.

Néanmoins, l'estimation de la pluie moyenne peut être légèrement diminuée du fait du gradient pluviométrique faible, près généralement égal à 10-15mm tous les 100 mètres d'altitude.

La carte des isohyètes, ainsi établie, indique que la pluviométrie annuelle dans la région varie entre 300 et 400 mm.

Tableau II- 4: Répartition mensuelle de la pluviométrie de la Station de Bousfer (Période 1998- 2019)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Juil	A	Année
P (mm)	9,4	35,9	52,9	72,6	63,0	51,9	39,8	39,0	24,1	6,3	0,4	1,0	396,3
P %	2,4	9,1	13,3	18,3	15,9	13,1	10,1	9,9	6,1	1,6	0,1	0,3	100,0

II.1.10 Les vents

Le vent exerce une action directe sur le couvert végétal, il peut influencer le climat par sa charge en humidité.

Direction ouest sud-ouest, c'est une légère brise les vitesses des vents varient entre 6,1 m/s et 4.1 m/s. Leur fréquence maximale est entre avril et juin.

Tableau II- 5 : Moyennes interannuelles du vent (station d'Oran port en m/s) (Période 1998- 2019)

Station	S	O	N	D	J	F	M	Av	Mai	Jui	Jul	A	An
Vmoy	5,1	4,5	5,1	4,1	5,8	5,8	5,7	6,1	5,8	6	5,5	5,4	5,5
v max	21	25,2	25	24,6	25,4	24	23	24,4	23,4	21,6	19,8	20,2	23,17
NBJ >20M/S	3,2	1,6	5	3,6	3,6	2,8	3,2	4,8	4,4	2,4	1,6	1,8	38

(Sources ANRH Oran)

II.1.11 Surface et population

La surface urbanisée du chef-lieu d'Ain El Turck est d'environ 464 hectares.

La ville d'Ain el Turck a enregistré un taux d'accroissement estimé à 3,6% du fait que sa population s'est multipliée par 1,8 en une décennie.

Cet accroissement se justifie par le nombre important de logements réalisés dans cette petite agglomération. Durant ces dernières décennies, Ain El Turck a connu une extension urbaine importante. Cette urbanisation, se développe le long du rivage, sous forme d'un cordon de logements individuels ou collectifs, provoquant une artificialisation importante du littoral.

Tableau II- 6 : Evolution de la population au court, moyenne et long terme (2006-2010-2030)

Terme	Court	Moyenne	Long
Année	2006	2010	2030
Population	41554	102365	250 000

Source : DPAT/Oran 2002

II.1.12 Situation du réseau d'assainissement

Le réseau d'assainissement de la ville est de type séparatif, les eaux usées sont constituées par des effluents d'origine domestique ou par des effluents provenant de commerces, aucune industrie présente dans la zone de Ain Turck. Donc les effluents à traiter sont des effluents urbains.

Les eaux usées sont véhiculées par refoulement à l'aide des stations de relevage intermédiaires st1, st2, st3...jusqu'à la station principale n°8 et dirigé en diamètre 200 sur une distance de 3 km vers la station d'épuration de Cap Falcon (Figure II-6).

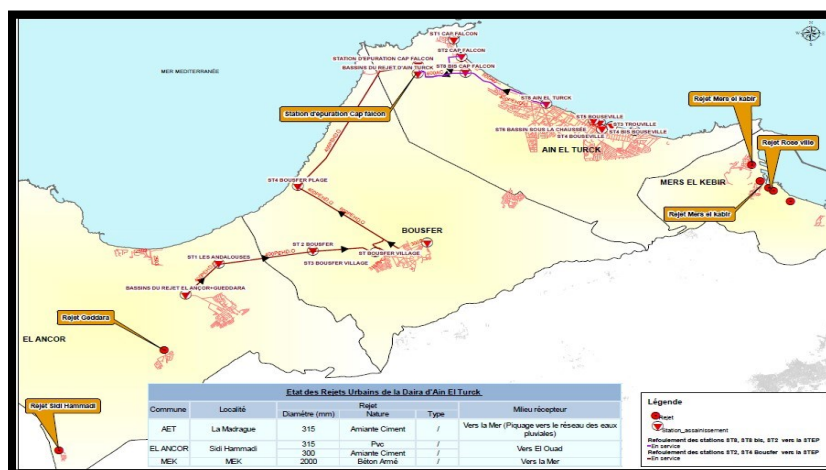


Figure II- 6 : Schéma des apports en eaux Station Cap Falcon.

Source : DRE d'Ain el Turck

II.1.13 Situation du réseau d'AEP

D'après les estimations des services technique de l'ADE de la subdivision de l'hydraulique d'Ain el Turck, la consommation réelle en eau potable de l'agglomération d'Ain el Turck est de (7171m³/j). Toutefois le débit est estimé à 3392 m³/j.

II.2 Ressource en eau

Les ressources en eau qui alimentent la commune d'Ain el Turck en eau potable sont :

II.2.1 Ressources régionales

La commune d'Ain el Turck est assurée par deux adductions principales :

II.2.1.1 Adduction Est

Elle est de réservoir Montréal (Oran) dont la capacité est de 100.000 m³/j alimenté à partir de la chaîne de benibehdal (w. Tlemcen), avec de grandes conduites d'une longueur de 180 km et un diamètre de 1100 mm (**source : ADE d'Ain el Turck**).

II.2.1.2 Adduction ouest

Cette adduction est issue du réservoir de Boutlélis qui alimenté par la prise de Tefna d'une capacité de 250.000 m³/j avec conduite gravitaire de 160 mm de diamètre d'acier d'une longueur de 70km.

La commune d'Ain el Turck est assurée par l'adduction de sidi Abdeli (Tlemcen) avec un débit faible de 1680m³/j, injecté dans la conduite de benibahdal vers Boutlélis et enfin arrivé au réservoir de Bousfer 2000m³ par pompage qui permet de desservir la commune d'Ain el Turck.

II.2.2 Ressources locale

Les ressources locales que dispose la commune d'Ain el Turck sont :

II.2.2.1 Station de pompage « dhaya »

Principal réservoir phréatique important est exploité par une batterie de six puits dont trois puits uniquement qui fonctionnent, situés au sud-ouest de l'agglomération d'Ain el Turck.

II.2.2.2 Station de dessalement d'Ain el Turck (dunes)

La station d'une capacité installée de 5.000 m³/j, a été mise ne service en novembre 2005, avec un taux de conversion est de 38%.

La commune d'Ain el Turck a débité d'une manière discontinue avec un faible débit de 1600m³/j.

II.2.2.3 Station de dessalement de Bousfer

Cette station est inaugurée le 18 juillet 2005, elle traite 12.480 m³ d'eau de mer par jour pour fournir quotidiennement 5.500 m³ d'eau à la commune de Bousfer et renforce également l'alimentation en potable de la commune d'Ain el Turck.

II.3 Agriculture

La commune d'Ain Turck est une zone touristique plus qu'agronomique, elle a un caractère partiellement rural.

F.N.R.D.A a lancé des programmes de financement et d'aide qui a touché toute la daïra d'Ain Turck.

Ce programme a permis de diversifier les cultures dans cette zone (arboriculteurs, viticulteurs, oléiculteurs, et les cultures maraîchères), et d'apporter une dynamique dans le secteur de l'emploi et la promotion de l'agriculture.

La réutilisation des eaux épurées permettra de développer en premier lieu l'arboriculture, et de mettre un programme d'action pour le développement de la production agricole en créant des aires d'irrigation. [18]

II.3.1 Occupation du sol de la commune de Bousfer et Ain Turck

❖ Cultures maraîchères

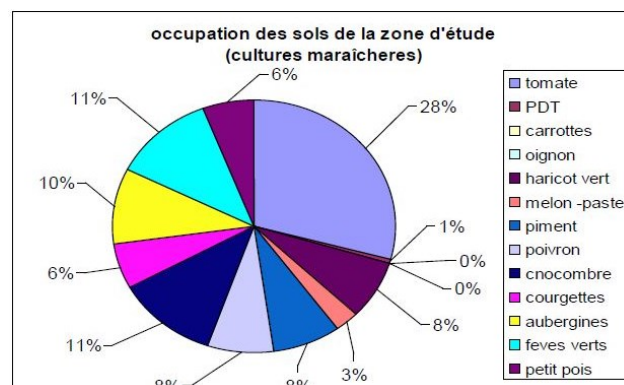


Figure II- 7 : Secteur d'occupation des sols de la zone d'étude (Cultures maraîchères).

❖ Cultures Arboricoles

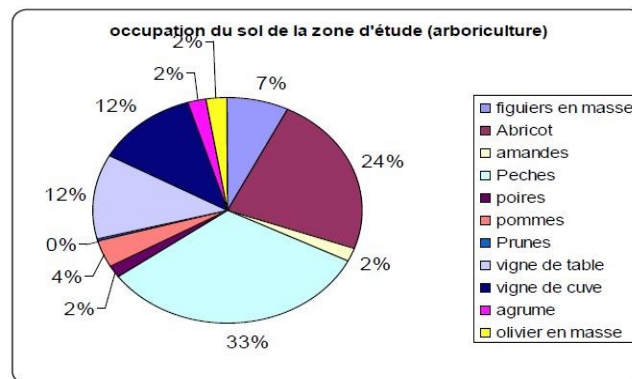


Figure II- 8 : Occupation des sols de la zone d'étude (Cultures Arboricole)

(Source subdivision d'AIN TURCK)

❖ Interprétation des données

L'arboriculture à noyaux et pépins couvre une superficie assez importante, de l'ordre de 75% de la superficie totale des cultures fruitières.

II.3.2 Surfaces occupées par les céréales

La surface occupée par la céréaliculture dans cette zone est très limitée ,60 ha en céréales d'hiver recensé à Ain Turck, et 80 ha à Bousfer.

II.3.3 Répartition des terres du périmètre

Tableau II- 7 : Répartition des terres du périmètre [18]

SAU en Ha	SAU irriguée en ha	SAU non irriguée Ha
462 ,05	192,8	268,27
	42%	58%

Interprétation :

D'après le tableau II-7 on remarque que 58 % des terres du périmètre ne sont pas irrigués, et cela due à l'insuffisance des ressources hydriques destinées pour l'irrigation.

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons traité les principales données qui nous aideront à connaître la nature du climat de la zone d'Ain Turk et on a déterminé les paramètres d'estimation de la qualité quantitative et qualitative de l'eau traité.

En résumé ; Du point de vue topographique le périmètre possède une topographie relativement plane, la pente ne dépasse pas les 0.7% pour 90% des terres.

Le diagramme ombrothermique nous a permis de déterminer la distinction de deux saisons à savoir la saison humide, et la saison sèche qui est la période d'irrigation.

La période pluvieuse débutera à partir du mois de Septembre et se terminera au mois de Mai.

La pluviométrie atteint en moyenne 88% des précipitations totales annuelles. Les mois les plus secs sont juin, juillet et août. L'évaporation de la région est de 1222 mm, valeur nettement supérieure aux apports d'où la nécessité de l'irrigation pour pallier au déficit enregistré dans la région.

CHAPITRE III

Processus du traitement de la STEP
de Cap Falcon

III.1 Introduction

Devant le développement agricole et industriel d'une part, et la croissance et l'explosion démographique d'autre part, les besoins en eau ont augmenté d'une manière très sensible, pour cela ayant défini dans notre zone d'étude d'autres sources d'approvisionnement non conventionnelles « le traitement des eaux usées », apparemment les ressources en eau naturelles. Ce chapitre donne des caractéristiques sur la source d'eau « STEP de Cap Falcon », la réutilisation des eaux usées à partir de la STEP pour l'usage agricole au lieu d'être rejeté.

III.1.1 Les Stations D'épuration De La Wilaya D'oran

L'épuration des eaux usées a connu un essor considérable en Algérie, et plus particulièrement au niveau de la wilaya d'Oran.

Le présent projet se focalise sur une de ces Steps en particulier la Step de cap Falcon qui se localise au niveau de la Daïra de Ain El Turck, cette étude nous permettra de voir le processus de traitement des eaux usées afin de les épurer tout en répondant aux normes bien précises en point de vue liquide (eaux épurée) et solide (boue).

Le but de ce travail est d'étudier et analyser des paramètres d'épuration des eaux usées de la station de Cap Falcon avant et après le traitement afin de voir l'efficacité de l'exploitation de cette dernière. La Step Cap Falcon est le deuxième ouvrage hydraulique du genre à voir le jour au niveau de la wilaya d'Oran, après celle d'El Kerma.

Cette station est située au sud-est de la commune d'Ain El Turck, a été conçue pour l'épuration des eaux usées de 250 000 habitants. **Source [DRE]**



Figure III- 1 : Station d'épuration de Cap Falcon.

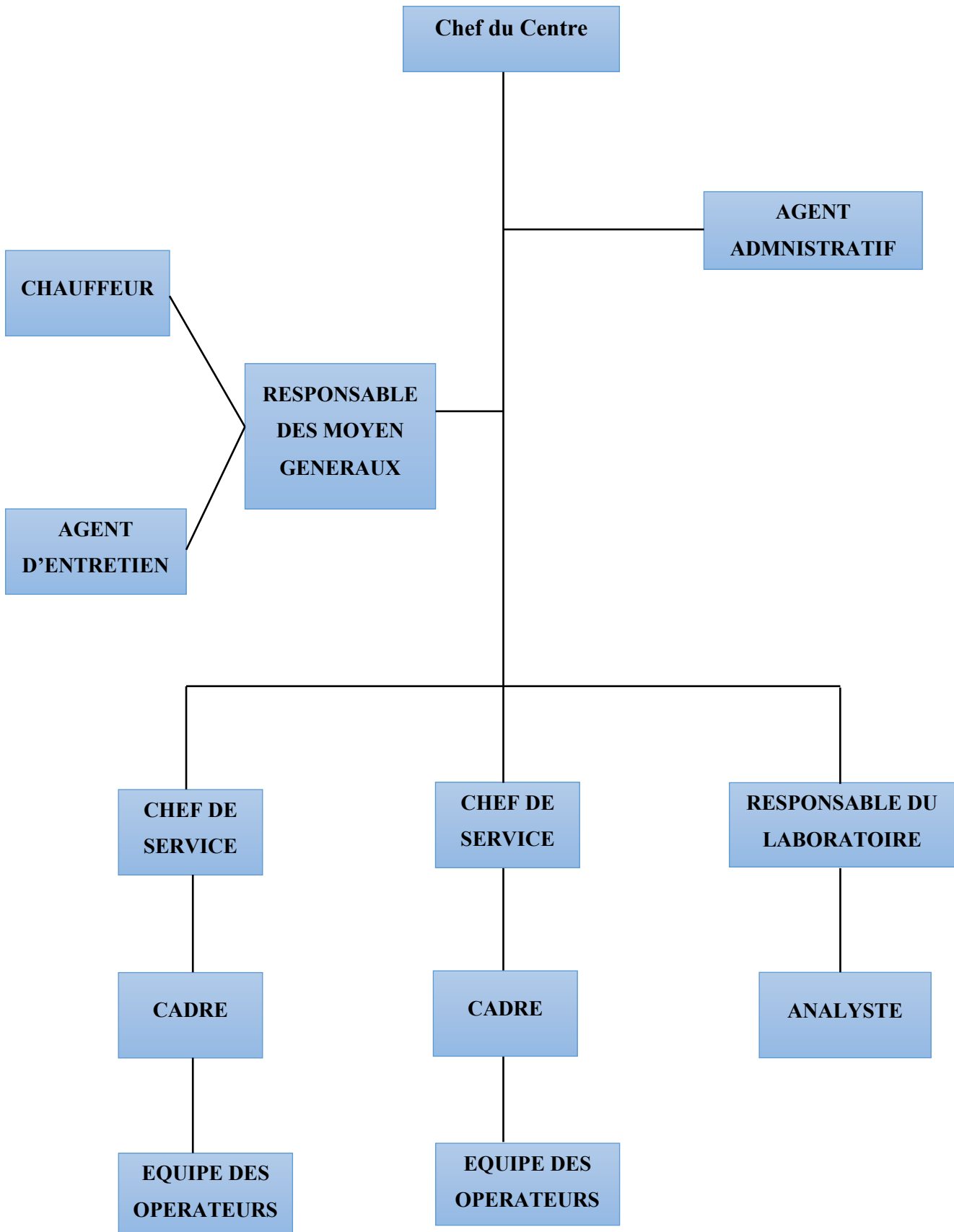


Figure III- 2 : Organigramme de la STEP Cap Falcon

Source SEOR

III.1.2 Localisation de la STEP

Le site de la STEP est situé à proximité de Falcon, à environ 1.5 km du sud-ouest et à 3 km au nord-ouest d'Ain El Türk, elle est implantée sur un site qui fait partie de la zone militaire d'Ain Türk.

Un point représentatif du site a pour coordonnées Lambert suivants :

X = 697500,00 Y = 3958900,00 Z = 88

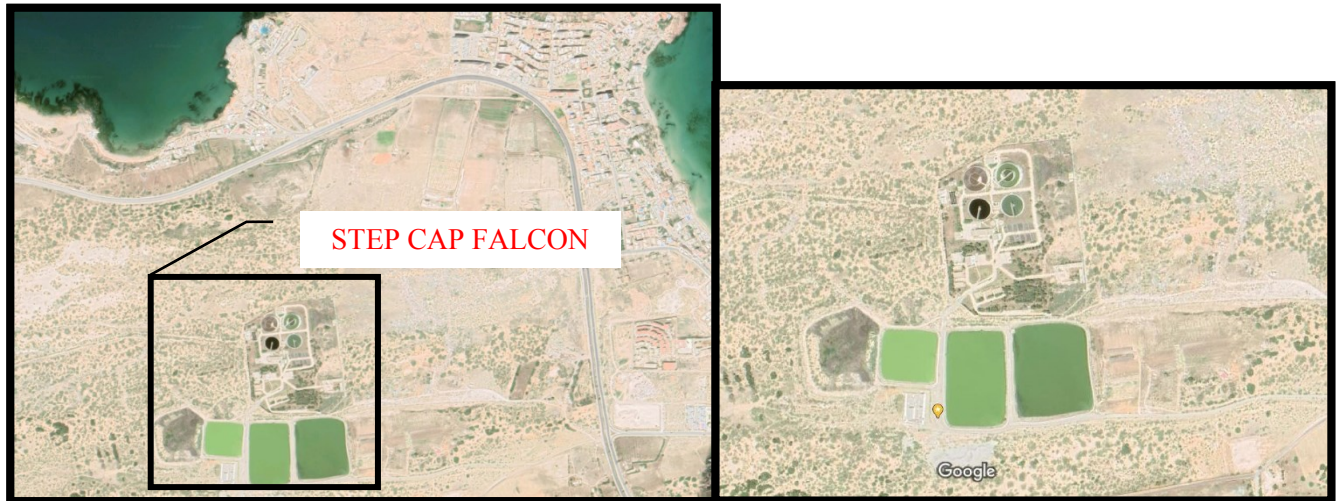


Figure III- 3 : Vue satellitaire d'Ain Turck. Source Google Earth

III.1.3 Localisation des points du rejet des eaux épurées de la STEP

III.1.3.1 Rejet vers les bassins de stockage existants

Quatre (04) bassins de stockage se situent à proximité de la STEP à environ 100 m, et occupent une superficie de 07 ha.

➤ Capacité Des Bassins

Les dimensions des quatre bassins de stockage ne sont pas uniformes.

Tenant compte que le débit traité rentrant à la STEP est égal au débit de sortie de la STEP et est égal à 30.000 m³/j.

Capacité du bassin 01 : **100 000** m³.

Durée de remplissage : 49 heures= 2 jours.

Capacité du bassin 02 : **100 000** m³.

Durée de remplissage : 40 heures= 1 jour et demi.

Capacité de bassin 03 : **50 000** m³

Durée de remplissage : 20 heures.

Capacité total des trois premiers bassins : **250 000** m³.

Durée de remplissage : 109 heures = 4 jours et 12 heures.

Le quatrième bassin sera destiné à l'évacuation de la boue et des déchets



Figure III- 4 : Localisation Rejet vers les bassins de stockage existants. Source DRE

III.1.3.2 Rejet vers la mer

Après le remplissage des bassins de stockages existants, le surplus des eaux épurées sera acheminé vers la mer au nord-ouest de la STEP, en traversant le tissu urbain de l'agglomération de CORALEZE.

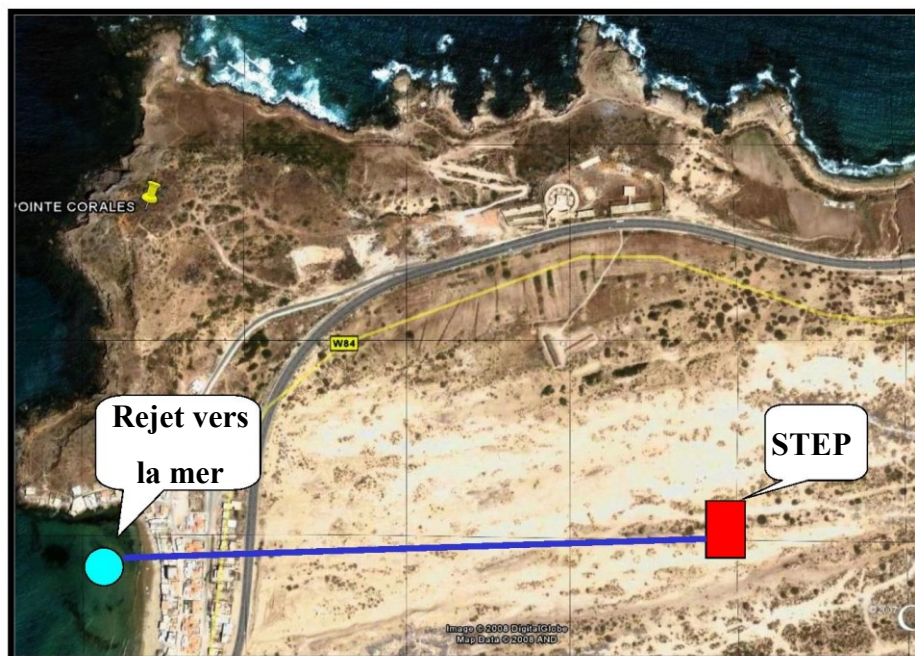


Figure III- 5 : Localisation du point d'exutoire du rejet en mer. Source DRE

III.1.4 Capacité de traitements

La station est dimensionnée pour satisfaire à la situation estimée pour 2030, sa capacité de traitement est de 30 000 m³/j. L'ensemble de l'installation est dimensionné pour un débit de pointe de 2000 m³/h. [14]

Tableau III- 1 : caractéristiques hydraulique d'effluent à traité [14]

Données De Bases	Unités	Horizon 2030
Capacité en équivalent Habitant	EH	250 000
Charge hydraulique sur biologique		
Débit nominal	m ³ /j	30 000
Débit moyen	m ³ /h	1 250
Débit de pointe	m ³ /h	2 000
Coefficient de pointe	-	1,60

Tableau III- 2 : Synthèses des caractéristiques des eaux usées à traité [14]

Paramètre physicochimique	Concentration moyenne (mg/l)
MES	365,00
DBO5	248,00
DCO	378,00
NTK	58,33
P	71 ,66
Température min/ max	12 °C / 25°C

III.1.5 Caractéristiques requis des eaux épurées [14]

La station d'épuration garantit les qualités de rejet indiquées dans le tableau ci-après.

Tableau III- 3 : Caractéristiques de l'effluent traité.

Paramètres Chimique	Unités	Niveau requis par la DCE	Garantie STEREAU
DBO5	mg/l	30	30
DCO	mg/l	90	90
MES	mg/l	30	30
NTK	mg/l	10	10
NGL	mg/l	aucun	20
Pt	mg/l	2	2

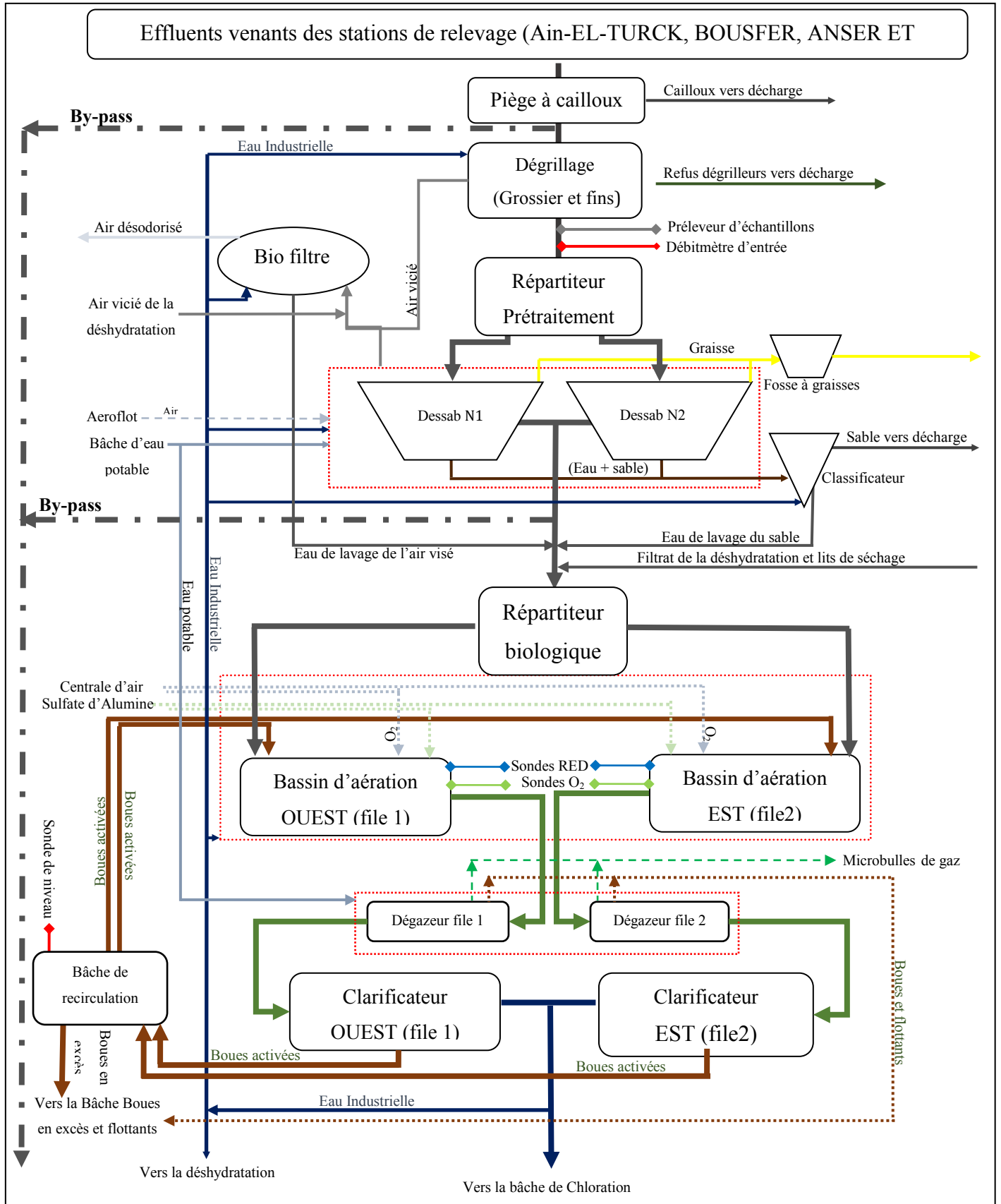
III.1.6.1 Boues et déchets

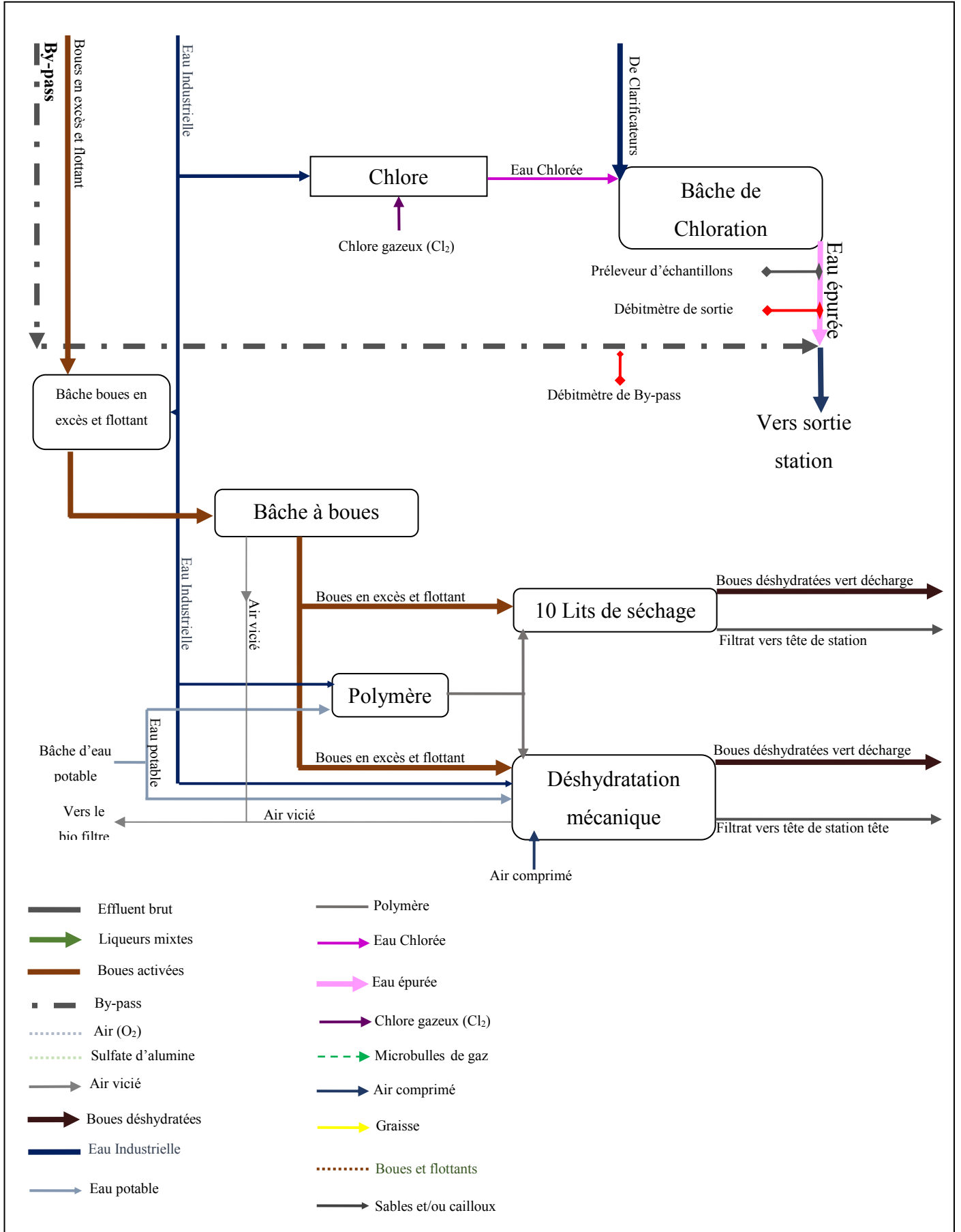
- Siccité des boues digérées (non applicable> à 25%
- Siccité des boues après filtres à bandes> à 16+/-2%
(Ou 80 % de la siccité limite mesurée à 4 bars)
- Compactage des refus de dégrillage > 40+/-5% de MS et réduction du
Volume > 60+/-5%.
- Matières organiques des sables lavés < 5%.

Sources (documents SEOR Oran)

III.2 Filière de l'épuration

La filière de l'épuration des eaux usées recommande différentes techniques divers niveaux technologiques souvent très élaborées ceci est illustré comme étant des méthodes classiques de traitement ; ainsi que de nouvelles techniques visant la protection de l'environnement et la sauvegarde du milieu naturel ont apparus, celle-ci est dénommée sous le vocabulaire de lagunage ou phyto-épuration.





III.3 Les Différentes Étapes De Traitement Au Niveau De La Step Cap Falcon

III.3.1 Prétraitement

Le prétraitement comprend les ouvrages d'arrivée de l'eau usée dans la station. Il permet de débarrasser les eaux des corps étrangers pouvant poser des problèmes dans la suite du traitement (corps flottants, graisses, éléments grossiers, cailloux, sables,). L'entrée des effluents est gravitaire.

III.3.1.a Piège À Cailloux

La vitesse de l'effluent diminue brutalement dans le piège à cailloux, les cailloux les plus lourds, tombent dans le panier relevable prévu à cet effet, la station peut être isolée par la vanne murale d'entrée en amont du dégrillage, ; l'effluent est alors dirigé vers le by pass (vanne d'isolement et By-Pass)

III.3.1.b Vanne d'isolement et de By-pass

La station peut être isolée par la vanne murale d'entrée de PID : PRE-GMU-001, en amont du dégrillage, l'effluent est alors dirigé vers le by-pass



Figure III- 6 : Piège à cailloux équipé d'une vanne murale.

Tableau III- 4 : Caractéristique de la vanne murale [14]

	Unité	Caractéristique
Repère PID	-	PRE, GMU 001
Type	-	Motorisé, Débrayable
Dimension	mm	950*1500

III.3.1.c Dégrillage

Il s'agit de protéger les équipements de dégrillage fin placés à l'aval et chargés de collecter les objets et les déchets non biodégradables susceptibles de se déposer dans les ouvrages ou de bloquer les équipements.

Le canal principal est équipé d'un dégrilleurs grossier automatique et d'une grille manuelle en secours. Ceux-ci sont placés dans des canaux isolables par la mise en place de batardeaux. [14]

Tableau III- 5 : Caractéristique de dégrillage grossier [14]

	Unité	Caractéristique
Repère PID	1	DGR SV 01
Nombre de canaux	U	1
Type de dégrilleur		Vertical
Espacement entre les barreaux	mm	40
Largeur de grille	m	1,2

Tableau III- 6 : Caractéristique de dégrillage manuel [14]

	Unité	Caractéristique
Repère PID	1	DGR SM 01
Nombre de canaux	U	1
Type de dégrilleur		Vertical
Espacement entre les barreaux	mm	70
Largeur de grille	m	1,2

Le dégrillage fin possède un espacement de 10 mm Les déchets sont collectés sur les grilles. Ils sont ensuite repris soit par un tapis pour les dégrilleurs grossiers, soit par une vis transporteuse puis une vis compactes dont les fonctionnements sont synchronisés à celui du dégrilleur. Les refus de grille sont ensuite stockés dans une remorque pour permettre leur évacuation.

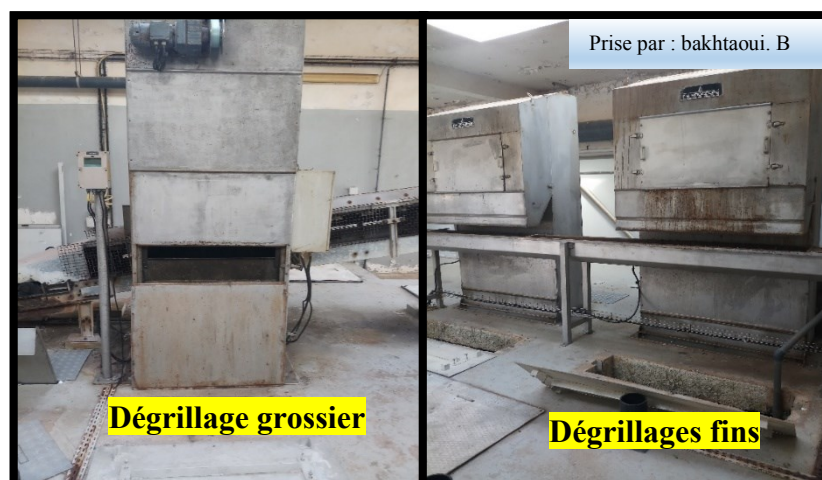


Figure III- 7 : Unité de dégrillages



Figure III- 8 : Collecte et Stockage des déchets

III.3.1.d Préleveur automatique

Un préleveur automatique PID : DGR-AE-01 est un équipement permettant de réaliser des échantillons représentatifs du liquide qui s'écoule et de les stocker dans des récipients pour une analyse ultérieure.

III.3.1.e Débitmètre d'entrée.

Le débitmètre PID : DGR-FE-01 est équipé de :

- Un canal d'approche qui sert à tranquilliser.
- Un générateur / récepteur ultrason qui mesure le niveau supérieur de l'eau.

La hauteur d'eau est proportionnelle au débit passant à travers le canal jaugeur.



Figure III- 9 : Equipements d'autocontrôle Entrée.

III.3.1.f Répartiteur Prétraitement

L'ouvrage de répartition permet de :

- ✓ Répartir le flux entre les 2 ouvrages de dessablage – déshuilage
- ✓ Isoler, si besoin, l'un des ouvrages de dessablage – déshuilage
- ✓ By-pass les deux ouvrages de dessablage – déshuilage



Figure III- 10 : Répartiteur Prétraitement

L'isolement l'un des ouvrages se fait par fermeture de la vanne prévue à cet effet.

Ce répartiteur a été équipé d'une pompe supplémentaire de reprise des sables. Elle refoule vers le laveur de sable décrit plus bas.

III.3.1.g Dessablage-Dégraissage

La STEP est équipée de deux bassins de dessablage-dégraissage de type cylindro-conique qui protègent la station contre le sable, gravier et la graisse.

Ils sont équipés :

- d'un racleur des graisses en surface (PID : PRE-GT 004 01) qui les ramène dans une goulotte d'où elles s'écoulent dans une fosse à graisse avant leur évacuation par camion-citerne.
- d'un aérateur, produisant des micros bulles (PID : DSA-ASS-001-01) afin d'aider la flottation des corps gras, et de laver les sables qui décantent par mise en mouvement de l'eau en partie basse. Il fonctionne en continu.
- d'une reprise des sables déposés au fond d'ouvrage (PID : DSA-PC-001-01) vers un appareil de lavage et d'extraction (laveur de sable). [14]

Tableau III- 7 : Caractéristique du Dégraisseur-Dessableur cylindro-conique [14]

Paramètres	Unités	Caractéristique
Nombre de bassin	U	2
Diamètre utile	m	8
Surface unitaire	m ²	50,3
Volume unitaire	m ³	233



Figure III- 11 : Ouvrages de Dessablage-Dégraissage

➤ Traitement des sables

Le lavage des sables s'effectue dans un seul appareil par friction des grains les uns contre les autres.

Les particules lourdes se déposent gravitairement dans la zone de sédimentation sur un plateau perforé muni d'une vis d'évacuation qui les transfère vers une benne de stockage avant leur évacuation. Les particules légères sont entraînées par le courant d'eau industrielle et rejetées par surverse vers le poste toute eau pour le rédiger à la tête de la station (amont de répartiteur biologique). [14]

- Un Système d'aspiration des composés malodorants (vers le Biofiltre).

Après cette étape, un by-pass est possible par un jeu de batardeaux.

Tableau III- 8 : Quantité de sable [14]

Dimensionnement	Unité	Horizon 2030
Volume journaliers	m ³ /j	30 000
Quantité de sable extrait		
Ratio par m ³ d'eau brute	g/ m ³	50
Quantité sable estimé	t/j	1.500

Tableau III- 9 : Quantité de graisse [14]

Dimensionnement	Unité	Caractéristique
Capacité en EH	m ³ /j	250 000
Volume journalier	m ³ /j	30 000
Quantité de graisses extraites		
Ratio MS par EH	gMS/EH	3,0
Quantité graisses estimés	Kg/j	60
Ratio Résultant	gMS/m ³	12,0
Quantités estimées à évacuer		
Concentration des graisses	g/l	150,0
Volume correspondant	m ³ /j	0,4
Volume fosse	m ³	-
Autonomie	j	-



Figure III- 12 : Appareil de lavage des sables.

III.3.1.h Biofiltre (ANODOR).

L'aspiration de l'air des salles à risque potentiel est réalisée par un ventilateur central. Il est possible de régler les débits d'extraction de chaque zone en réglant les registres prévus à cet effet. Les composés malodorants présents dans l'air vicié sont dégradés biologiquement en passant à travers un Biofiltre constitué de matériau granulaire, le processus comprend les étapes suivantes :

- adsorption sur le matériau support du Biofiltre
- dégradation par les micro-organismes fixés sur le matériau granulaire

Une aspersion par de l'eau industrielle assure la teneur en humidité optimale au développement de l'activité biologique.



Figure III- 13 : Unité de traitement de l'air vicié

III.3.2 Traitement Biologique

III.3.2.1 Répartiteur Biologique

Les eaux de la sortie après prétraitement sont réparties en amont du traitement biologique dans l'ouvrage prévu à cet effet.



Figure III- 14 : Répartiteur biologique.

III.3.2.2 Bassins D'aération

Afin de satisfaire aux objectifs de rejet, notamment vis à vis de l'azote, la mise en œuvre d'un procédé à boues libres du type boues activées constitue le meilleur compromis technico-économique pour atteindre ces objectifs.

L'aération prolongée sans décantation primaire permet de :

- ✓Maintenir des conditions optimisées de cohabitation des microorganismes nitrifiants et dénitrifiant ;
- ✓Conserver un rapport C/n favorable à des cinétiques élevées de dénitrification.

La Step est équipée de deux bassin d'aération chaque bassin est constitué d'une :

- ✓Zone de contact. (Eau de recirculation + eau brut) ;
- ✓Zone d'anaérobie ;
- ✓Zone d'aération avec aération-brassage.

Tableau III- 10 : Répartition en volume des différentes zones [14]

	Unité	Caractéristique
Nombre de file		2
Zone de contact	m ³	450
Zone d'Anaérobie	m ³	5000
Bassin aéré	m ³	8775
Total bassin	m ³	14 225

A Zone De Contact

La zone de contact est un bassin brassé mécaniquement par un agitateur, alimenté en eaux brutes et 25% de boues de recirculation où la biomasse est soumise à un stress violent. A cette étape du traitement les bactéries cultivées et présentes dans la boue de recirculation se retrouvent avec les bactéries présentes dans l'eau usée brute.

La bactérie présente dans l'eau brute commence la phase d'adaptation.

Dans cette phase la bactérie prend ce repaire pour détecter sa matière nutritive.

Dans la zone de contact l'oxygène est présent alors après l'adaptation les bactéries entament la phase exponentielle, ou la bactérie est dans son milieu de reproduction.

Tableau III- 11 : Caractéristique de la zone de contact [14]

Caractéristique	Unité	Par file
Hauteur d'eau	m	6,5
Volume unitaire	m ³	450

Tableau III- 12 : Caractéristique des agitateurs de la zone de contact[14]

Caractéristique	Unité	Par file
Repère PID		BAU ATS 001 01 et BAU ATS 001 02
Nombre d'agitateur par file	U	1
Type d'agitateur		vitesse rapide
Puissance unitaire	kW	

B Zone D'anaérobie

Le bassin d'anaérobie reçoit les effluents à traiter et 75% de boues de recirculation. L'ensemble est homogénéisé par 2 agitateurs immergés relevables.

Dans cette phase, la bactérie n'a pas d'oxygène pour pouvoir se nitrifier car c'est des bactéries aérobies. Alors elle cherche un autre moyen de se nourrir.

Tableau III- 13 : Caractéristique du bassin d'anaérobie [14]

Caractéristique	Unité	Par file
Hauteur d'eau	m	6,5
Volume unitaire	m ³	5000

Tableau III- 14 : Caractéristique des agitateurs des bassins d'anaérobie [14]

Caractéristique	Unité	Par file
Repère PID		BAE ATS 003 01 Et BAU ATS 004 02
Nombre d'agitateur par file	U	2
Type d'agitateur		vitesse rapide
Puissance unitaire	kW	

C Zone D'aération(Aérobie)

Le bassin d'aération sert à :

- ✓ L'abattement de la pollution carbonée
- ✓ La nitrification (lors des phases aérées) : c'est la transformation de l'azote ammoniacal en nitrate en présence d'oxygène.
- ✓ La dénitrification (lors des phases non aérées) : c'est la transformation d'azote nitrate en azote nitrites puis en gaz (N₂)

Dans chacun des bassins d'aération, l'aération est assurée par deux surpresseurs d'air et la diffusion d'air sous forme de « fines bulles » est réalisée par des diffuseurs.

Bassins d'aération disposent un brassage lent assuré par cinq agitateurs à banane et d'une mesure d'oxygène dissous et d'une mesure de potentiel redox qui gèrent l'alternance des phases d'aération et de non aération.

Tableau III- 15 : Caractéristique de la diffusion d'air. [14]

Caractéristique	Unité	Par file
Type de diffuseurs		Oxyflex
Nombre de rampe	U	10
Nombre de diffuseur par rampe	U	76
Nombre total de diffuseurs	U	760

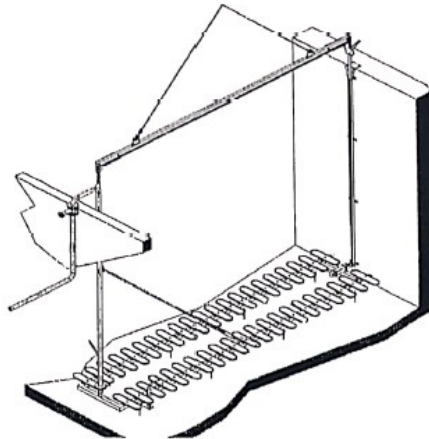


Figure III- 15 : Schéma d'une rampe d'air.

Tableau III- 16 : Caractéristique des agitateurs des bassins d'aérobies. [14]

Caractéristique	Unité	Par file
Repère PID		BAE ATS 003 01 Et BAU ATS 004 02
Nombre d'agitateur par file	U	5
Type d'agitateur		vitesse rapide
Puissance unitaire	kW	

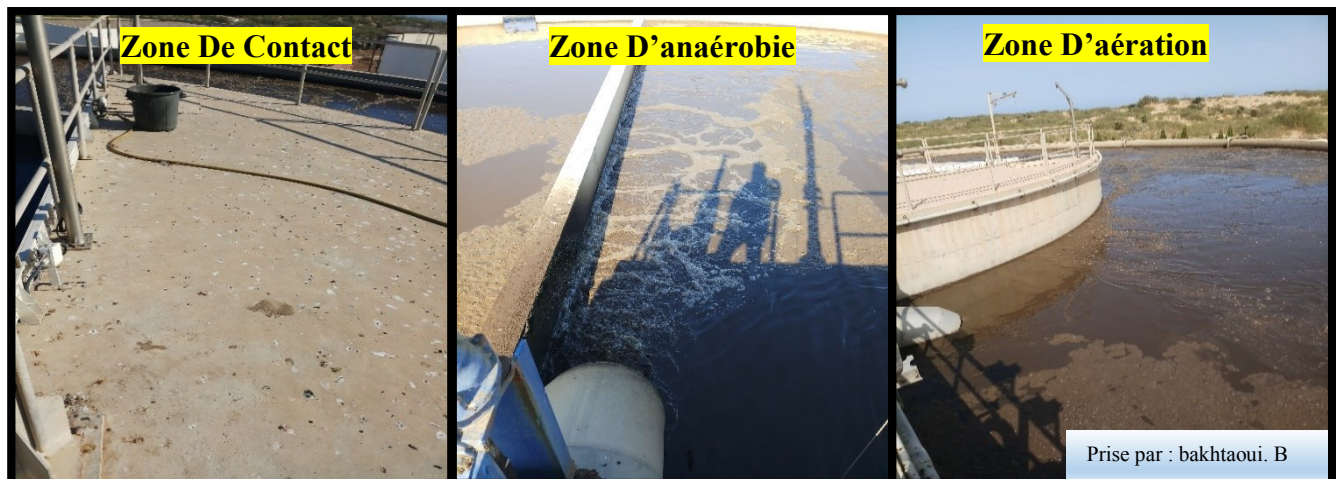


Figure III- 16 : Différentes zones du bassin d'aération

C.1 Injection du sel d'aluminium

Du sel d'aluminium est injecté dans les bassins d'aération par des pompes doseuse. Il permet d'éliminer le phosphore non éliminé par voie biologique par précipitation physico-chimique.

Le sulfate d'alumine arrive sous forme de poudre sur site, il doit alors être préparé par dissolution puis injection selon un dosage précis.

III.3.2.3 Dégazage

Les liqueurs mixtes en provenance de l'aération contiennent des micros-bulles et des boues flottantes qui doivent être retenues avant d'atteindre le clarificateur.

La Step possède deux dégazeurs, un pour chaque bassin d'aération.

Tableau III- 17 : Caractéristique de dégazage [14]

Caractéristique	Unité	Par file
Nombre	U	2
Surface unitaire	m ²	54
Volume unitaire	m ³	243

Le dégazeur est équipé d'un système de récupération des flottants

Ce système de récupération est constitué de 2 pelles ou registre permettant l'écumage vers la fosse adjacente des flottants accumulés dans le dégazeur (fosse d'extraction des boues en excès).

Les boues extraites pour être déshydratées sont mélangées aux flottants cette fosse.

Après que les gazes sont dégagées de notre boue liquide, celle-ci sont destinées à se mélanger avec les boues de la recirculation.



Figure III- 17: Unité de dégazage.

III.3.2.4 Clarification

C'est l'étape finale du traitement biologique, l'eau clarifiée est évacuée par une surverse située sur la périphérie de l'ouvrage vers la bache de chloration et le floc constitué dans le bassin d'aération sédimenté au fond de l'ouvrage et elles sont raclées par un pont pour être amenées vers le centre

puis elles s'écoulent gravitairement vers la bêche de recirculation pour la recirculation ou l'extraction. Un clarificateur pour chaque bassin d'aération.

Tableau III- 18 : Caractéristique de la clarification [14]

Caractéristique	Unité	valeur
Nombre	U	2
Diamètre intérieur	m	43
Hauteur d'eau moyenne	m ²	3,7
Surface unitaire	m ³	1452
Type de raclage	-	Sucé, 1+ 1/3

Tableau III- 19 : Caractéristique du pont de clarificateur [14]

Caractéristique	Unité	Par file
Repère PID		CLA GT 001 01 Et CLA GT 001 02
Nombre	U	2
Diamètre	m	43
Puissance unitaire	kW	

Tableau III- 20 : Caractéristique de la pompe d'aspiration des flottants [14]

Caractéristique	Unité	Par file
Repère PID		CLA PS 001 01 Et CLA PS 001 02
Nombre	U	1 par file
Puissance	kW	

❖ Devenir des boues :

Les boues déposées sur le radier de l'ouvrage sont reprises par des tubes suceurs pour être recirculées ou extraites à partir du puits à boues.

Des racles en forme de V » guident les boues vers les tubes suceurs. Les boues remontent dans le tube par simple pression hydrostatique dans une goulotte suspendue à la passerelle tournante. Il est possible de régler le débit de succion de chaque tube par un dispositif approprié placé en tête de chacun d'entre eux, en fait en réglant la profondeur d'immersion de chaque tube.

Les boues ainsi sucées sont ensuite transférées dans les goulottes annulaires par des siphons. La pompe à vide sert à l'amorçage de ces siphons. De là, elles seront pompées afin d'être recirculées, une partie en zone d'anaérobie (ou d'aération) et l'autre en zone de contact variable.



Figure III- 18 : Ouvrage de clarification.

❖ **Devenir des flottants :**

Une cloison siphonoïde dans le clarificateur permet d'éviter que les flottants présents à la surface ne passent par surverse avec l'eau traitée.

Un raclage de surface permet de les collecter sur la totalité du rayon. Un dispositif d'écumage installé sur la goulotte de recirculation permet de récupérer les flottants et de les mélanger à la recirculation.

Le réglage se fait par des vannes pelles.



Figure III- 19 : Raclage des flottants en surface

❖ **Extraction des boues**

L'extraction des boues est réalisée dans une bêche où on met en commun les flottants du dégazeur et les boues de la recirculation. A l'aide de pompes on aspire dans ce puits à boue vers la bêche de stockage située sous les presses à bande.

L'homogénéité des flottants et les boues à extraire est assurée via deux agitateurs.

❖ Recirculation

La recirculation permet de maintenir une concentration en biomasse épuratrice nécessaire à la dépollution dans le bassin d'aération.

Les boues de provenance de clarificateur sont divisées en deux parties une partie pour la recirculation vers le bassin d'aération via deux pompes de recirculation et l'autre partie est extraite est destinée vers la déshydratation via la bache mélange boues en excès et flottants.

Le taux de recirculation optimum est de l'ordre de 120 à 140 % au débit entrant sur l'usine.

Une bache de recirculation pour chaque bassin d'aération.

❖ Extraction des boues

Cette bache reçoit les boues extraites (simple communication entre la bache de recirculation et bache mélange boues en excès et flottants), et les flottants du dégazage.

L'homogénéité des flottants et les boues à extraire est faite via deux agitateurs.

Une bache pour chaque bassin d'aération. [14]

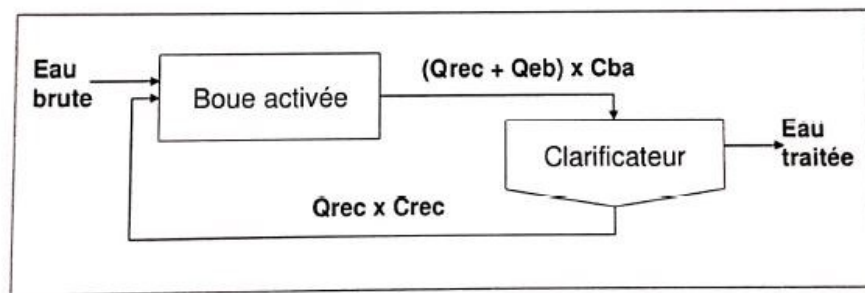


Figure III- 20 : Principe de clarification.



Figure III- 21 : Recirculation dans la zone d'anaérobie.

Calcul des besoins

Les besoins en oxygène comprennent ceux pour l'élimination de la pollution carbonée et ceux pour la nitrification dénitrification.

a) Les besoins relatifs à la pollution carbonée comprennent pour :

- La synthèse $a' = 0,70 \text{ kg O}_2/\text{kg}$ de DBO₅ éliminée, lorsque l'âge des boues est supérieur à 12 jours.
- L'endogènes ou respiration endogène qui varie en fonction de l'âge des boues. Pour une station fonctionnant en aération prolongée, $b' = 0,065$

b) La consommation spécifique d'oxygène pour la nitrification est de $4,2 \text{ kg d'O}_2/\text{kg}$ d'azote nitrifié.

c) L'oxygène libéré par la dénitrification est de $2,85 \text{ kg O}_2/\text{kg}$ d'azote dénitrifié.

Lors des pointes de pollution, seul l'oxygène consommé par la respiration endogène est considéré comme constant. En effet, on peut considérer la masse épuratrice constante sur la durée d'une journée.

Cependant, la quantité de pollution étant plus importante, la synthèse cellulaire, ainsi que la nitrification, demandent une quantité d'oxygène plus importante en période diurne. [14]

Tableau III- 21 : Besoin moyens en oxygène (en boue) [14]

Besoin en O ₂	Unité	Horizon 2030
Synthèse	KgO ₂ /KgDBO ₅	0,877
Respiration endogène	KgO ₂ /KgMVS	0,019
Nitrification	KgO ₂ /KgN	4,2
Dénitrification	KgO ₂ /KgN	-2,85
Rappel des paramètres		
DBO ₅ entrante	Kg/j	7440
Concentration en MVS	g/l	3,24
Volume total réacteur bio	m ³	28 450
Besoins journaliers de la liqueurs mixtes		
Synthèse	KgO ₂ /j	6 525
Respiration endogène	KgO ₂ /j	1 751
Nitrification	KgO ₂ /j	4 590
Dénitrification	KgO ₂ /j	-2 687
Totale	KgO ₂ /j	10 179

III.3.2.5 Eau de service (Eau industrielle)

L'eau de service est assurée par le groupe d'eau industrielle qui alimente les différents services par l'eau (déshydratation, polymère, chloration...).

III.3.2.6 Désinfection

➤ **Chloration**

L'eau clarifiée est désinfectée. Le Chlore gazeux est dissous dans une canalisation d'eau sous pression au moyen d'un hydro-éjecteur. Une vanne permet de faire varier cette concentration selon le débit d'eau de sortie, à désinfecter. [14]

➤ **Choix d'un désinfectant**

Le pouvoir désinfectant d'un réactif dépend de la dose de traitement (c) et du temps de contact (t). L'élimination des germes par un agent chimique répond généralement à une loi faisant intervenir les paramètres c et t :

$$N_t = N_0 \cdot e^{-\gamma \cdot c \cdot t} \quad (1)$$

Avec :

N_t : nombre d'organismes survivants à l'instant t

N_0 : quantité initiale d'organismes vivants

C : concentration initiale de l'agent chimique

T : durée de la désinfection

Quatre techniques de désinfection sont utilisées : le chlore, le bioxyde de chlore, l'ozone, les ultraviolets.

Pour les réactifs chimiques, on préfère généralement utiliser la notion de résiduel au bout d'un temps de contact donné. En effet, une partie de la dose injectée est consommée par d'autres oxydants. Pour s'assurer que la désinfection ait bien eu lieu, il faut qu'au bout du temps de contact il y ait un résiduel de réactif.

➤ **Les différentes formes du chlore dans l'eau**

On distingue les deux formes suivantes :

Chlore libre ;somme des espèces oxydantes sous lesquelles se trouve le chlore dans l'eau $Cl_2 + HOCl + ClO^-$, exprimée en mg/l.

Chlore total ; ... somme des espèces oxydantes (chlore libre), et des autres formes du chlore (chloramines et du chlore organique)



Figure III- 22 : Canal sortie file eau après chloration

III.3.3 Traitement des boues

Les boues produites par l'activité biologique doivent être évacuées régulièrement de manière à maintenir une concentration constante et optimale dans les bassins d'aération. Si la boue en excès n'est pas extraite on aura un dysfonctionnement dans les étapes de traitement car la station est conçue pour accueillir des eaux usées à une concentration ≤ 4 g/l.

Si la boue en excès n'est pas extraite la concentration de l'eau dépassera les 4 g /l.

Bâche À Boues (Bâche De Stockage Intermédiaire)

Elle permet d'avoir toujours un volume suffisant à la marche en continue des combinés de déshydratation avec une boue homogène.

La bâche est équipée d'un Système d'aspiration des composés malodorants.



Figure III- 23 : Benne de Stockage des boues déshydratées

Poste de polymère

Le poste de polymère permet de préparer les polyélectrolytes à des concentrations définies. Le polymère permet d'accroître la qualité de séparation entre la boue et l'eau sur l'étape de déshydratation. [14]

Table d'égouttage

Cette la première étape d'évacuation des eaux et mets en contact le polymère et les boues

Déshydratation par filtre à bande

La STEP contient deux combinés, un pour chaque bassin d'aération.

Le processus de la déshydratation mécanique comprend les étapes suivantes :

1. floculation avec des polyélectrolytes.
2. drainage de la boue floculée par égouttage sur un support filtrant de l'eau interstitielle libérée. La boue s'épaissit.
3. pressage de la boue drainée par emprisonnement entre deux toiles filtrantes qui forment un coin et la compriment progressivement. Le sandwich ainsi formé s'enroule successivement autour de tambours perforés, puis de rouleaux disposés en quinconce.

Les boues en sortie de combinés sont reprises par des tapis ensuite pesée et évacuée par benne vers la décharge et le filtrat est envoyé en amont de répartiteur biologique.

La bache est équipée d'un Système d'aspiration des composés malodorants (voir § III.3.1.h)



Figure III- 24 : Déshydratation par filtre à bande.



Figure III- 25 : Appareil presse à bande.

Lits De Séchage

La STEP contient dix lits de séchage, leurs rôles est d'assurer la continuité de la déshydratation pour permettre l'entretien et la maintenance des combinés en cas de problèmes mécanique.

Chaque lit a une capacité de 4 tonnes de matière sèche.

L'orientation des boues vers les lits de séchage s'effectue par un simple jeu de vanne dédié.



Figure III- 26 : Lits de séchage.

III.3.4 Equipement d'auto contrôle sortie

❖ Principe

La mesure de concentration après analyse des prélèvements et la connaissance du débit d'eau brute permettent de déterminer les flux de pollutions en différents endroits de la station.

La mesure de concentration en sortie de station et la connaissance du débit d'eaux traitées permettent de déterminer si le rejet est conforme aux garanties contractuelles.

❖ Débitmètres installés

Débitmètres en canal ouvert

Dans un débitmètre en canal ouvert, la hauteur d'eau est proportionnelle au débit passant à travers le canal jaugeur. La courbe débit / hauteur dépend des caractéristiques propres du canal (type — dimension - ...).

L'écoulement à travers le canal est de type gravitaire.

On distingue principalement les canaux jaugeurs suivants :

- Venturi (installé sur site)
- lame mince rectangulaire à pelle avec ou sans contraction
- lame mince triangulaire à pelle

Les mesures de hauteur d'eau sont faites par un capteur ultrason.

❖ Nature des débits calculés

Débit d'eau traité

Le débit d'eau traité de CLA FE 01 correspond au débit total sortant sur l'usine.

Débit de by-pass

Le débit CLA FE 02, correspond au débit de by-pass de l'usine, si celui-ci est utilisé.



Figure III- 27 : Les appareils d'autocontrôle de débit sortant.

❖ Préleveur Automatique de la sortie

Un préleveur automatique est un équipement permettant de réaliser des échantillons représentatifs du liquide qui s'écoule et de les stocker dans des récipients pour une analyse ultérieure.

Un préleveur automatique comprend les parties suivantes :

- Le système d'aspiration (pompe sous vide ou pompe péristaltique)

- Le stockage des effluents dans des récipients
- Les équipements de commande

Les préleveurs sont installés dans des enceintes réfrigérées afin de conserver l'échantillon prélevé dans de bonnes conditions et éviter qu'il n'évolue. La représentativité de l'échantillon peut se faire proportionnellement au débit ou proportionnellement au temps. Dans le premier cas, le prélèvement est asservi à un volume passé. Dans le second cas, le prélèvement est fait selon un programme prédéterminé. En croisant mesure de débit et analyse de la qualité de l'eau, il est alors possible de connaître des flux de pollution. [14]

III.3.5 Services

❖ Poste toutes eaux

Le réseau est constitué d'antennes reprenant les égouttures provenant de différents points de la station :

- Égouttage des relus de prétraitement,
- Eau d'aspersion du Lanodor,
- Eaux de surverse du laveur de sable,
- Filtrats des lits de séchage,

L'écoulement des eaux d'égoutture est gravitaire jusqu'au poste de colature.

Les eaux sont renvoyées dans le répartiteur en amont des Désableur-Déshuilleur.

❖ Pont à bascule

Le pont à bascule permet la pesée des remorques d'évacuation des déchets ou des sous-produits générés par la station.

En sortant, la remorque pleine est pesée sur le pont à bascule. En rentrant, la remorque, préalablement enregistrée dans la base de données, se pèse à vide. Par différence, on connaît ainsi le poids des déchets produits par la station.

❖ Groupe Electrogène

Un groupe électrogène est disponible en cas de coupure générale. [14]

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons vu l'ensemble des processus du traitement des eaux usées.

Le stockage des eaux épurées rejeter se fait dans un bassin jouant le rôle d'un réservoir de stockage, cet ouvrage offre l'avantage suivant :

Garantir une offre d'eau à la demande du calendrier d'irrigation des cultures et indépendamment des variations de débit journalier des effluents épurés.



CHAPITRE IV

Résultats et Discussion des analyses

IV Introduction

Au cours de notre stage pratique qui s'étale sur 23 jours on a réalisé un contrôle de la qualité physicochimique des eaux brutes et épurées au niveau du laboratoire de la station d'épuration Cap Falcon malheureusement je n'avais pas de la chance de voir les analyses bactériologiques car ces derniers ont faite dans un laboratoire extérieur.

IV.1 Bilan d'analyse des Paramètres physico-chimiques

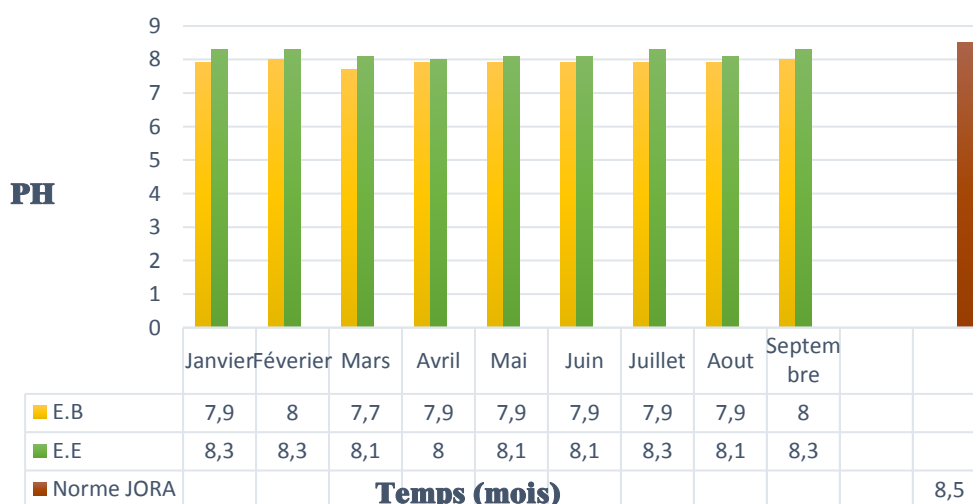
IV.1.1 PH

Les valeurs du pH des eaux usées brutes sont comprises entre 7,7 et 8 (Graphe IV- 1) ce qui n'a pas un impact écologique fort sur l'environnement et les valeurs enregistrées à la sortie de la station sont comprises entre 8 et 8,3. Elles restent toujours dans les normes (6,5 à 8,5) fixées par l'OMS et JORA 2012 (journal officiel de la république algérienne)

Une légère différence entre le pH de l'eau traitée et celui de l'eau usée brute est constatée, ceci est dû probablement aux réactions chimiques et/ou biologiques qui produisent des ions acides ou qui consomment des ions basiques, d'ailleurs les réactions de nitrification entraînent une acidification du milieu et l'oxydation de la DCO résultats le CO₂ à son tour, conduit à l'acidité du milieu, la valeur moyenne du pH du rejet est conforme à la normale.

D'après Sevrin Reyssac et al., (1995), un pH alcalin et une température modérée constituent des conditions de milieu idéales pour la prolifération des microorganismes qui établissent un parfait équilibre biologique, permettant la dégradation de la matière organique ce qui conduit à la décontamination de l'eau. [15]

Les résultats de la mesure de pH sont représentés dans le (Graphe IV- 1).



Graphe IV- 1: Variation des moyennes mensuelles du pH des eaux brutes (E.B) et épurées (E.E).

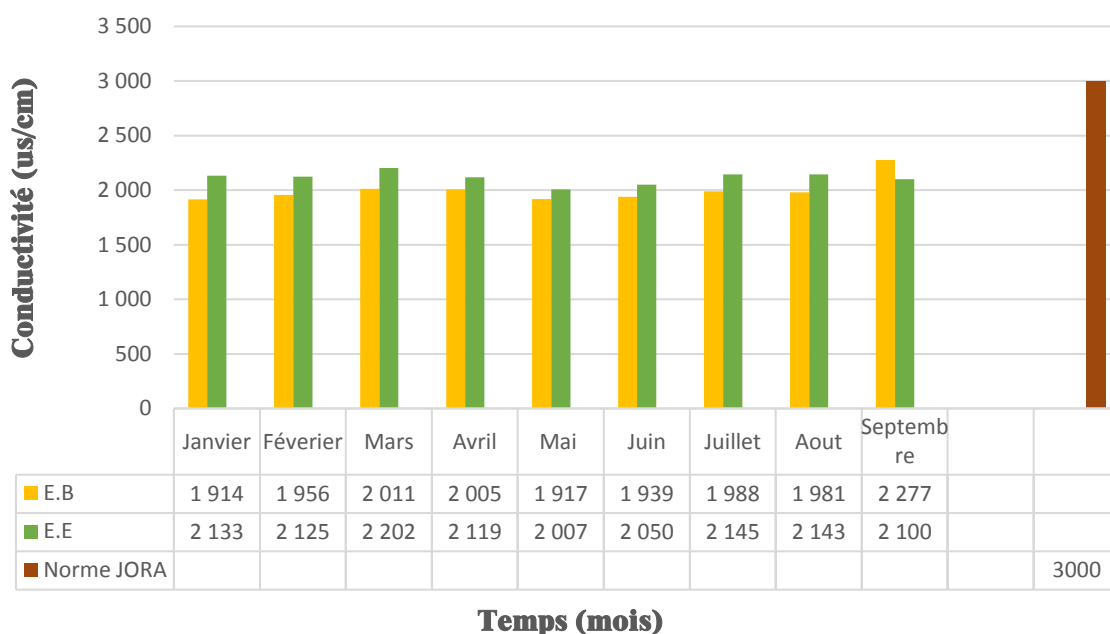
IV.1.2 Conductivité

La mesure de la conductivité permet d'évaluer approximativement la minéralisation globale de l'eau, les valeurs de la conductivité enregistrées durant la période d'étude varient entre 1914 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 2227 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à l'entrée et entre 2007 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 2202 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à la sortie. (Graphe IV- 2).

L'évolution des valeurs de la conductivité peuvent être expliqués par le rejet d'eaux usées fortement minéralisées dans le réseau d'assainissement. L'augmentation des valeurs de la conductivité peut être expliquée par l'ajout des substances chimiques au cours du traitement dans le bassin d'aération. Ces valeurs obtenues ne dépassent pas les normes de la conductivité fixées par JORA (2012) qui est à 3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Ce paramètre dépend des charges de matière organique, génératrice de sels après décomposition et minéralisation et également avec le phénomène d'évaporation qui concentre ces sels dans l'eau (Belghiti et al., 2013).

La variation de la conductivité est illustrée dans le (Graphe IV- 2).



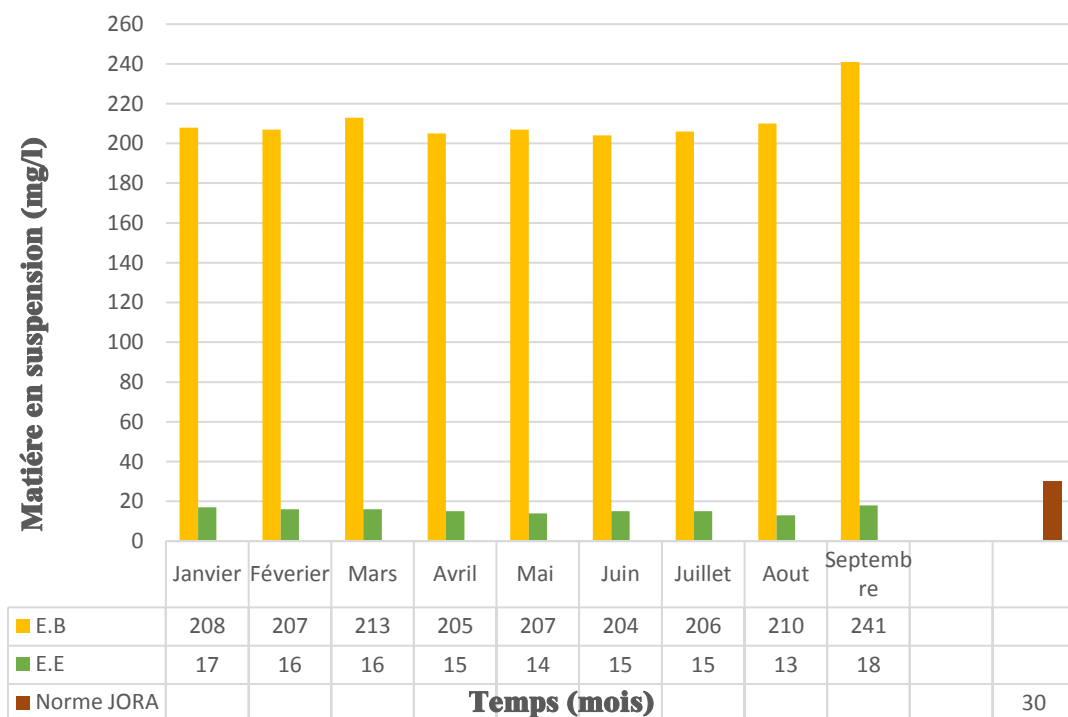
Graphe IV- 2 : Variation des moyennes mensuelles de la conductivité des eaux brutes (E.B) et épurées (E.E).

IV.1.3 MES

Les matières en suspension, représentent l'ensemble des particules minérales et organiques contenues dans l'eau. Les valeurs de MES enregistrées révèlent une réduction importante de MES entre les eaux brutes et traitées (Graphe 3-IV). Elles se situent entre 204 mg/l et 241 mg/l pour les eaux brutes. Pour les eaux épurées, le taux de MES varie entre 13 mg/l et 18 mg/l. Elles restent cependant inférieures à la norme de rejet de JORA (2012) (<30 mg/l).

Le résultat obtenu au niveau de l'entrée de la station d'épuration est évidemment élevé car il s'agit d'eau usée urbaine, et sa diminution à la sortie est due au traitement d'épuration que subit l'eau usée. Cette diminution est très importante, ce qui donne une idée sur l'efficacité du traitement.

La variation de MES est illustrée dans Graphe IV- 3.



Graphe IV- 3 : Variation des moyennes mensuelles de MES des eaux brutes (E.B) et épurées (E.E)

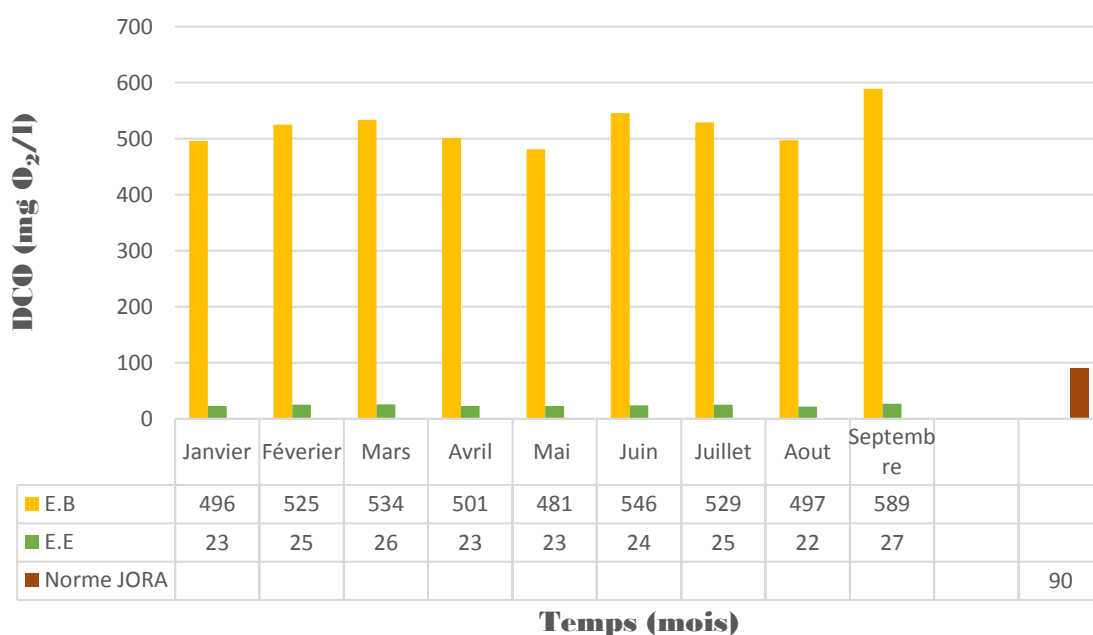
IV.1.4 La demande chimique en oxygène (DCO)

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. Ainsi, par la mesure de la DCO, on pourra évaluer la charge polluante d'une eau usée en matières organiques avant et après un traitement physique, chimique ou biologique afin de contrôler le fonctionnement d'une STEP et l'activité des microorganismes.

Les valeurs de la DCO enregistrées durant la période d'étude varient entre un minimum de 479 mg d'O₂/l et un maximum de 589 mg d'O₂/l à l'entrée de la station d'épuration et entre 22 mg d'O₂/l et 26 mg d'O₂/l à la sortie (Graphe IV- 4). Ces valeurs sont conformes aux normes algériennes de rejet (90 mg d'O₂/l).

Donc une grande concentration a été éliminée par ce procédé car il y'a une dégradation importante de la charge polluante.

La variation de DCO est illustrée dans Graphe IV- 4.



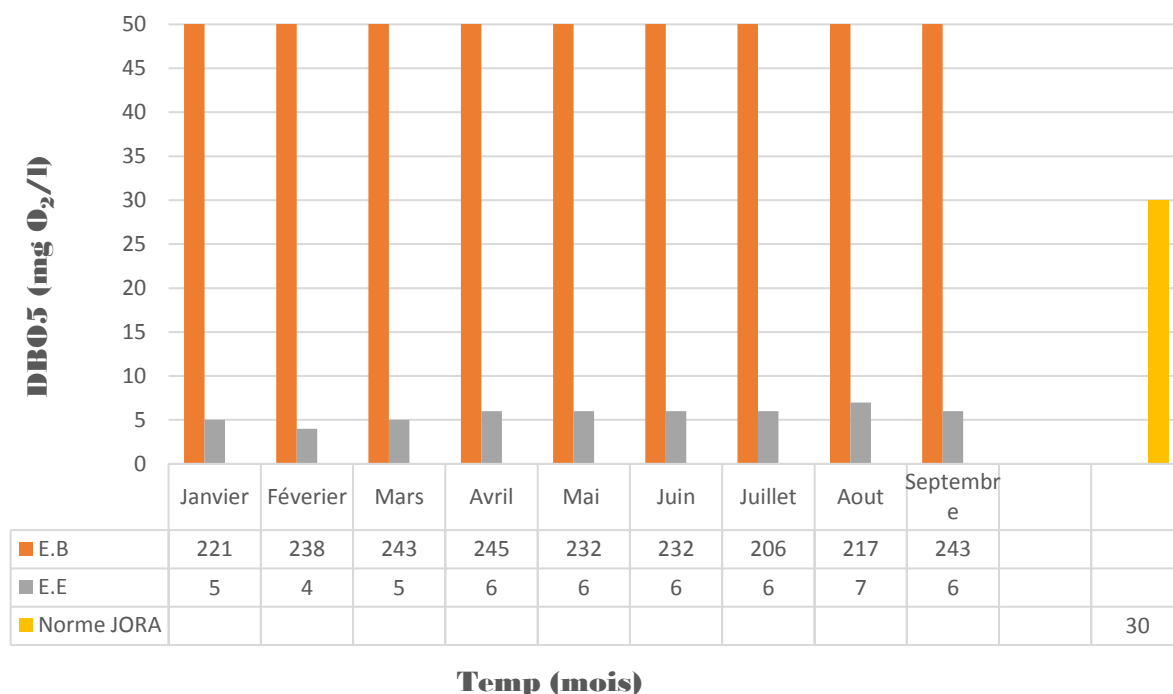
Graphe IV- 4 : Variation des moyennes mensuelles de DCO des eaux brutes (E.B) et épurées (E.E).

IV.1.5 La demande biochimique en oxygène (DBO₅)

La demande biochimique en oxygène (DBO) correspond à la quantité d’oxygène nécessaire pour décomposer (par oxydation, et avec l’intervention de micro- organismes), les matières organiques seulement biodégradables contenues dans une eau usée.

Les valeurs de la demande biochimique en oxygène à l’entrée de la station varient entre 217 mg d’O₂/l et 245 mg d’O₂/l, par contre celle de la sortie diminuent et varient entre 4 mg d’O₂/l et 7 mg d’O₂/l (Graphe IV- 5). La valeur élevée de la DBO₅ au niveau de l’entrée de la station est tout à fait compréhensible, car les eaux usées domestiques sont chargées en matières organiques biodégradables. La valeur minimale enregistrée au niveau de la sortie de la station d’épuration, indique que le traitement biologique effectué sur l’eau usée est très acceptable, surtout si on considère que la norme exigée par JORA est (< 30 mg d’O₂/l).

L’augmentation des concentrations de la DBO₅ de l’eau traitée de (4 jusqu’au 7) est en relation avec la charge en matières organiques biodégradables. D’après Bliefert et Perraud, (2009), elle est associée au maximum du développement de l’abondance bactérienne et une diminution de la teneur en oxygène suite à la consommation de ce dernier par les microorganismes.



Graphe IV- 5 : Variation des moyennes mensuelles de DBO₅ des eaux brutes (E.B) et épurées (E.E).

Tableau IV- 1 : Biodégradabilité des effluents.

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sept
DCO	496	525	534	501	481	546	529	497	589
DBO5	221	238	243	245	232	232	206	217	243
DCO/DBO	2,24	2,20	2,20	2,04	2,07	2,3	2,6	2,3	2,42
Biodégradabilité	Moyennement biodégradable	Moyennement biodégradable	Moyennement biodégradable	Moyennement biodégradable	Moyennement biodégradable	Moyennement biodégradable	N'est pas Biodégradable	Moyennement biodégradable	Moyennement biodégradable

La moyenne du coefficient de biodégradabilité (K) est de l'ordre de 2,02, cette valeur est comprise entre 1,5 et 2,5. Ce constat est confirmé par le fait qu'il n'existe aucune industrie rejetant dans le réseau d'assainissement de la ville de Ain Turck.

Donc : l'effluent analysé est moyennement biodégradable.

IV.1.6 L'azote global NGL

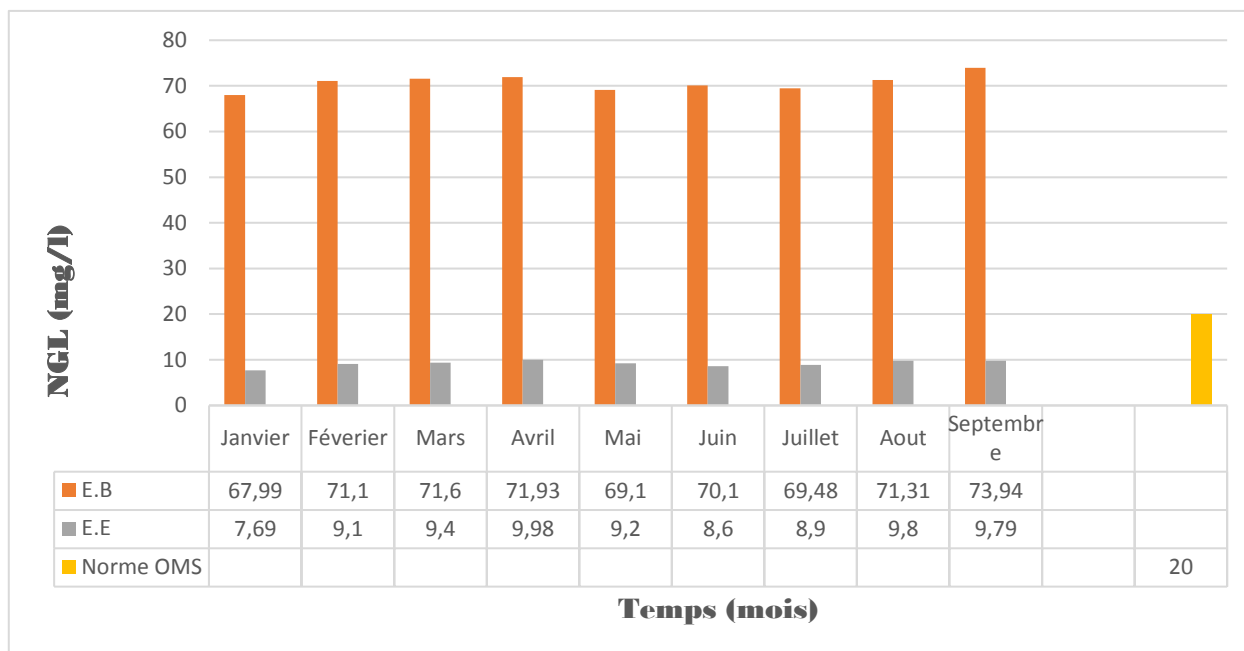
L'azote global dissous représente la totalité de l'azote contenu dans les formes azotées minérales et organiques en solution dans l'eau. L'azote organique dissous peut être caractérisé par des composés particuliers (des amines, des acides, des protéines...), mais également par sa résistance à la dégradation bactérienne, c'est-à-dire qu'il peut être biodégradable ou réfractaire (Deronzier et al., 2001).

D'après le (Graphe IV-6), on constate que les valeurs de l'azote global s'abaissent dans l'eau traitée par rapport à l'eau brute et on remarque que les valeurs de l'eau brute mesurée durant notre période d'étude varient entre 67,99 mg/l et 73,94 mg/l, et entre 7,69 mg/l et 9,98 mg/l dans l'eau traitée. Ces derniers sont conformes à la norme STEREU (< 20 mg/l).

La diminution de la teneur en azote due au processus d'ammonification qui transforme l'azote organique en azote ammoniacal par hydrolyse enzymatique (Deronzier et al., 2001).

L'azote se trouve dans l'eau usée sous forme organique ou ammoniacale dissoute. Il est souvent oxydé pour éviter une consommation d'oxygène (O₂) dans la nature. [16]

L'ensemble des valeurs obtenues de l'azote global est représenté dans la Graphe 6-IV.



Graphe IV- 6 : Variation des moyennes mensuelles de l'azote total des eaux brutes (E.B) et épurées (E.E).

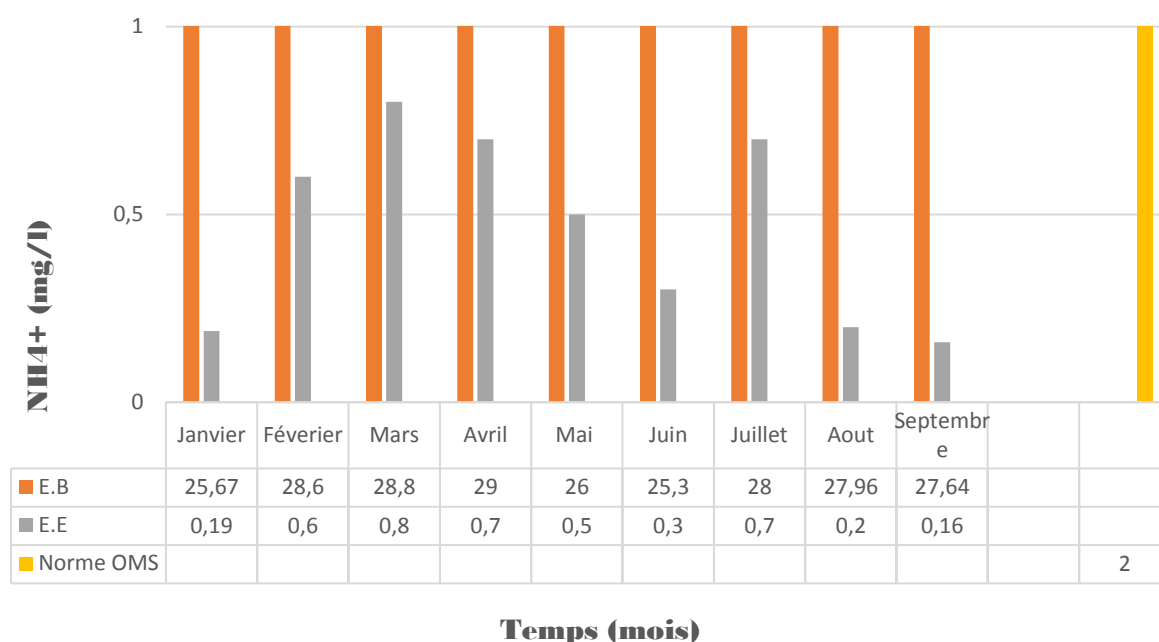
IV.1.7 L'azote ammoniacal

La variation de la concentration de l'azote ammoniacal est illustrée dans Graphe IV-7.

Au niveau de la station d'épuration on note que les teneurs en azote ammoniacal diminuent de l'entrée vers la sortie de la station d'épuration. Les valeurs de l'entrée varient entre 25,3 mg/l et 29 mg/l par contre après le traitement biologique les valeurs sont comprises entre 0,16 mg/l et 0,8 mg/l. Malgré que y' pas une valeur exigée par JORA 2012 mais ces valeurs sont aussi conformes aux normes de rejets recommandées par l'OMS (< 2 mg/l).

La baisse des teneurs en azote ammoniacal au niveau de la station d'épuration de l'entrée vers la sortie est dû au processus d'épuration biologique par boues activées qui permet de diminuer la charge polluante en NH₄⁺. Cette baisse est mise en œuvre par une réaction chimique dite nitrification autotrophe qui fait appel à des bactéries nitrifiantes (ex : Nitrosomonas europaea; Nitrobacter), et cette nitrification présente un grand intérêt en raison de la moindre toxicité de la forme nitrique par rapport aux formes ammoniacales et nitreuses.

Le NH₄⁺ est dangereux pour la faune aquatique car il participe à l'abaissement de la concentration en oxygène, notamment à cause de la prolifération bactérienne qu'il favorise. De plus, le NH₄⁺ devient toxique lorsque le pH est très élevé car il se retransforme en NH₃ gazeux qui reste dissous dans l'eau. [16]



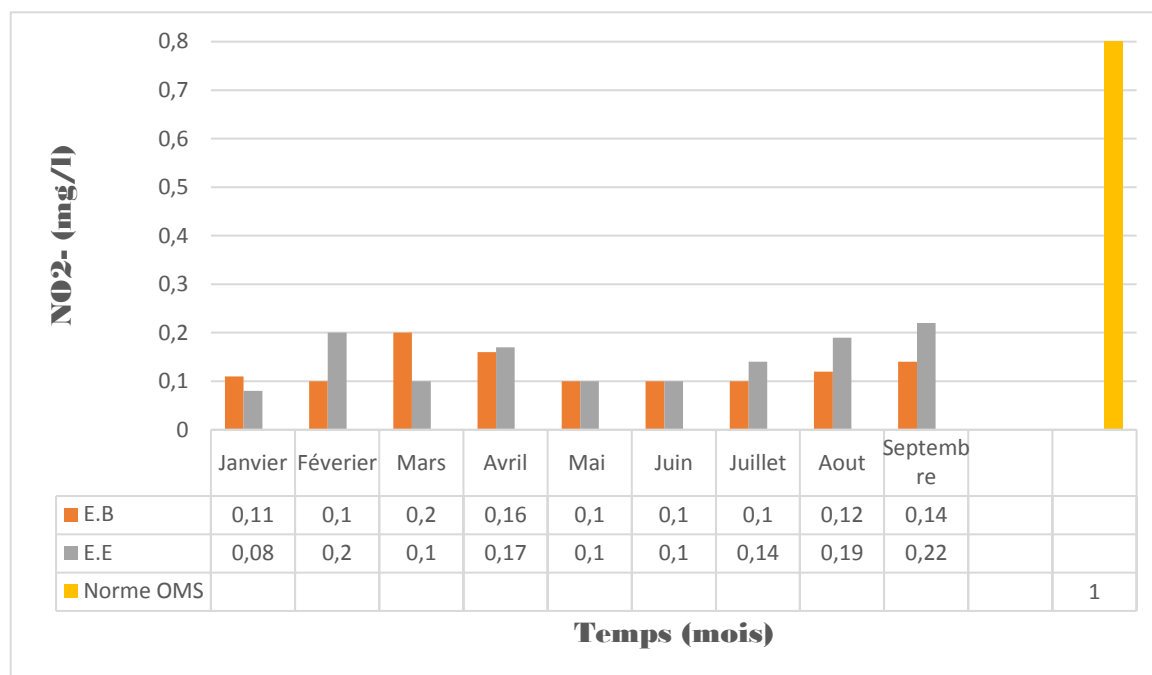
Graphie IV- 7 : Variation des moyennes mensuelles de l'azote ammoniacale des eaux brutes (E.B) et épurées (E.E).

IV.1.8 Nitrite (NO₂-)

La variation de la concentration de nitrite est illustrée dans Graphe IV- 8.

Les nitrites sont des composés instables qui ne restent pas longtemps sous cette forme. Les valeurs de l'entrée varient entre 0,1 mg/l et 0,2 mg/l ainsi qu'après le traitement biologique les valeurs comprises entre 0,08 mg/l et 0,22 mg/l (Graphe IV- 8). Malgré que y' pas une valeur exigée par JORA 2012 pour les nitrites mais ces valeurs sont aussi conformes aux normes de rejets recommandées par l'OMS (< 1 mg/l).

Une légère augmentation de la teneur en nitrite entre juin et Septembre confirme le rôle intermédiaire de ce paramètre dans les processus de nitrification et dénitrification dans le bassin d'aération, la diminution en mois janvier et mars indique la transformation de ce dernier en quantité importante d'azote gazeux N₂.



Graphe IV- 8 : Variation des moyennes mensuelles de nitrite des eaux brutes (E.B) et épurées (E.E).

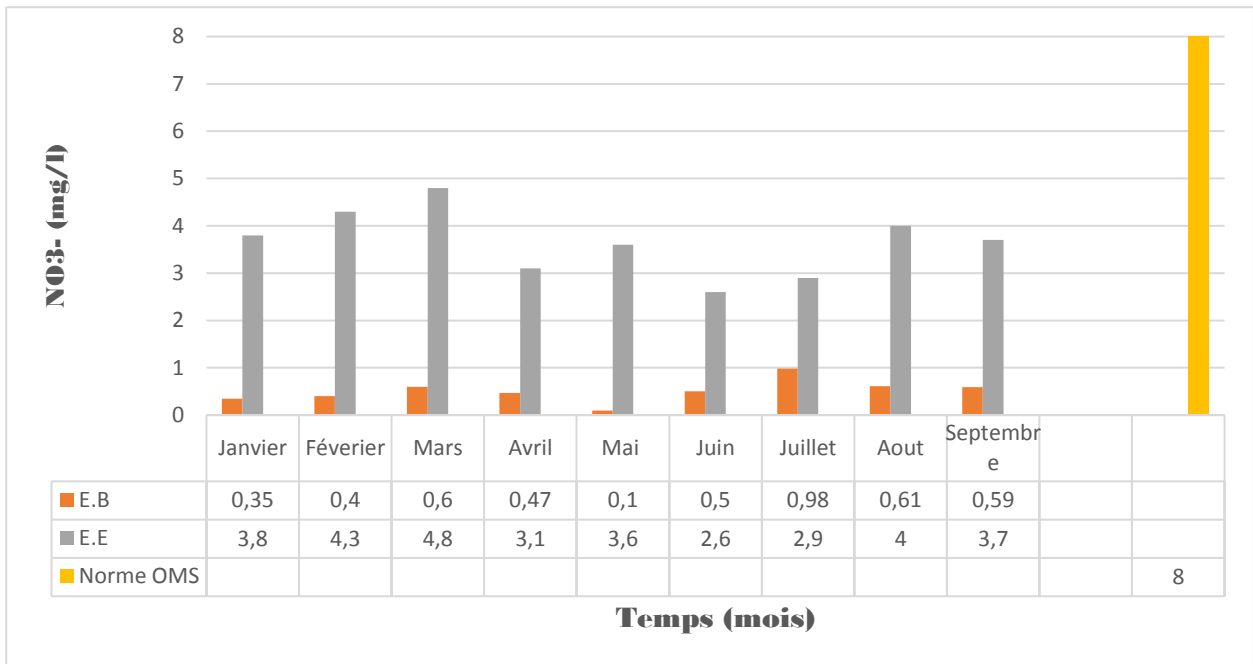
IV.1.9 Nitrate (NO₃-)

La variation de la concentration de nitrate est illustrée dans le (graphe IV- 9).

Les eaux épurées, ces valeurs oscillent entre 0,1 mg/l et 0,98 mg/l. Le taux des nitrates a augmenté considérablement au niveau des eaux traitées par rapport aux eaux brutes. Malgré tous ces valeurs sont conformes aux normes de rejets recommandées par STEREAU qui sont < 8 mg/l.

La présence des nitrates dans l'eau usée à l'entrée de la station d'épuration indique que le processus de nitrification est déjà présent, alors que l'augmentation des teneurs en nitrates vers la sortie de celle-là prouve que la nitrification est encore plus poussée au cours de l'épuration biologique où l'utilisation de bactéries nitrifiantes en grande masse (boues activée) à côté d'une oxygénation importante fait que les quantités d'azote ammoniacal sont transformées en azote nitrique.

Les nitrates NO₃-, en revanche, ne constituent aucun danger. Hors, s'ils sont trop nombreux, ils provoquent l'eutrophisation du milieu (prolifération d'algues dans l'eau). [16]



Graphe IV- 9 : Variation des moyennes mensuelles de nitrate des eaux brutes (E.B) et épurées (E.E).

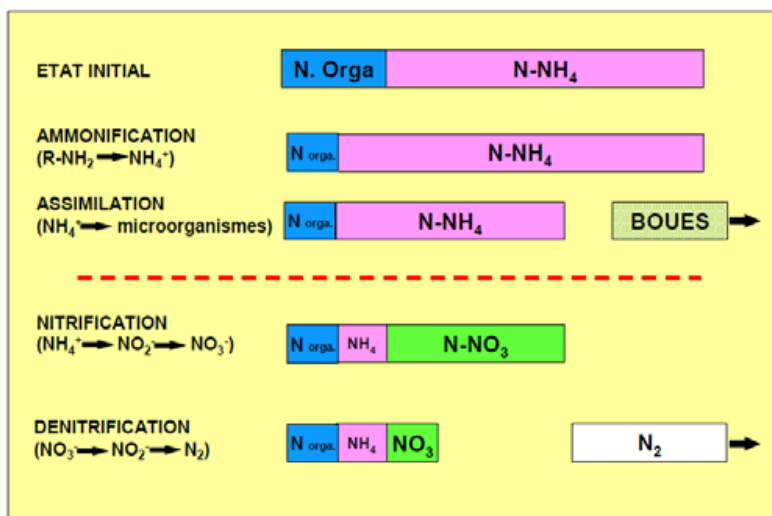


Figure IV- 1 : Etapes d'élimination de l'azote. [16]

NB : Il faut savoir que les normes de rejets sur les paramètres NO2 et NO3 sont rares. De ce fait, la majeure partie des stations d'épurations ne sont pas dotés d'une étape de dénitrification permettant d'éliminer les nitrates en azote gazeux N2. [16]

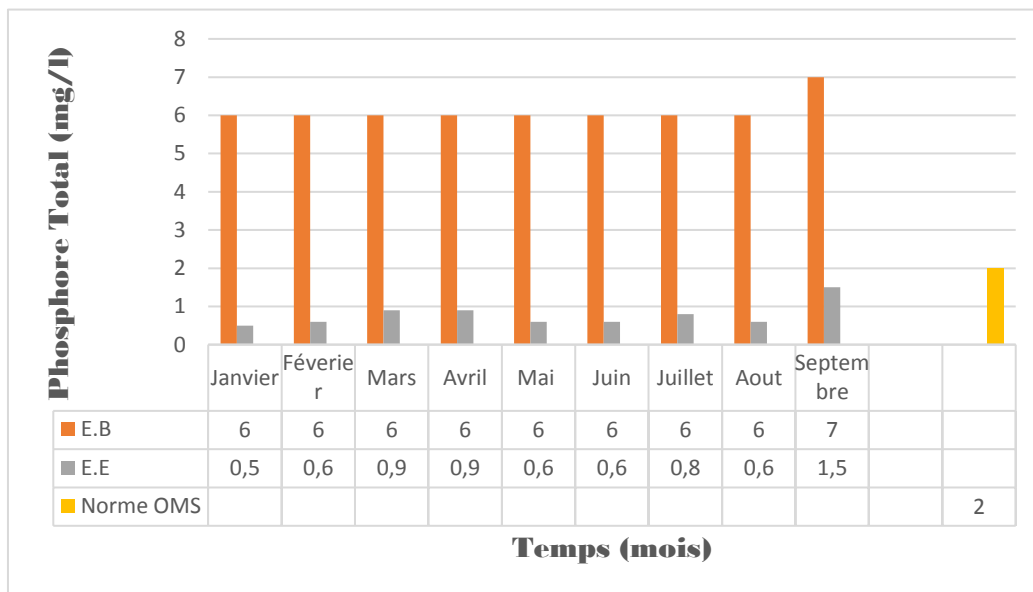
IV.1.10 Phosphore total

La variation de la concentration de phosphore total est illustrée dans Graphe IV-10.

Les valeurs de phosphate à l’entrée de la station varient entre 3.59 mg/l et 4.34 mg/l, par contre celle de la sortie déminent et varient entre 0.9 mg/l et 1.57 mg/l. Ces valeurs sont conformes aux normes de rejets recommandées par l’OMS (< 2 mg/l).

L’urine représente environ 60 % des phosphates contenus dans les eaux usées domestiques. Les boissons gazeuses constituent généralement la première source de phosphates. Certains produits d’usage courant comme les lessives ménagères contiennent des poly phosphates. [16] Cela explique les teneurs élevées perçues dans les prélèvements d’eau usée.

Le phosphate échappe en grande partie au traitement des stations d’épurations biologiques, et la diminution des teneurs en phosphates de l’entrée de la station vers la sortie est due à leur solubilisation par les bactéries ainsi de leur précipitation physico-chimique au cours du processus d’épuration.



Graphe IV- 10 : Variation des moyennes mensuelles de phosphore total des eaux brutes (E.B) et épurées (E.E).

IV.1.11 Rendements épuratoires Physique-chimique

Les taux de réduction des différents paramètres obtenus au cours de cette étude sont représentés par les figures suivantes (Figure IV-2, IV-3, IV-4, IV-5, IV-6).

Les rendements épuratoires pour les matières en suspension (MES), la demande chimique en oxygène (DCO), la demande biochimique en oxygène (DBO₅), de l’azote global, du phosphore total. Sont représentés respectivement par 93%, 95%, 98%, 77% ,84%. Ces résultats confirment la performance du système d’épuration des eaux usées dans la STEP de Cap Falcon qui peut

supporter des variations de charge organique tant que celle-ci reste dans la gamme d'une charge admissible.

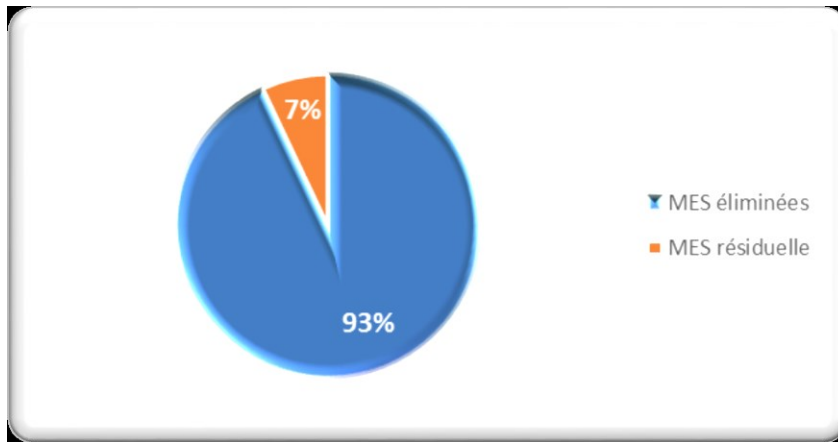


Figure IV- 2 Rendement de réduction de MES

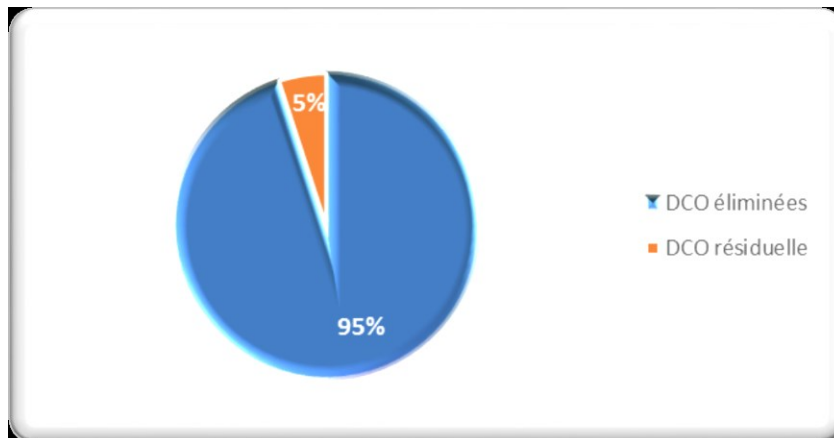


Figure IV- 3 V: Rendement de réduction de DCO.

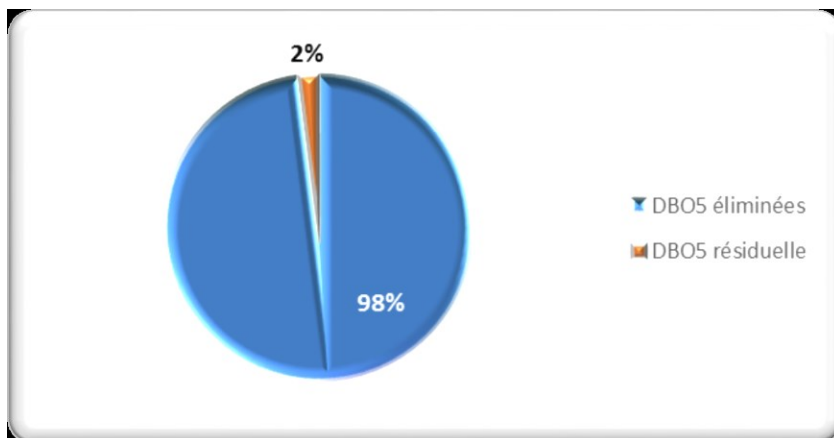


Figure IV- 4 : Rendement de réduction de DBO5.

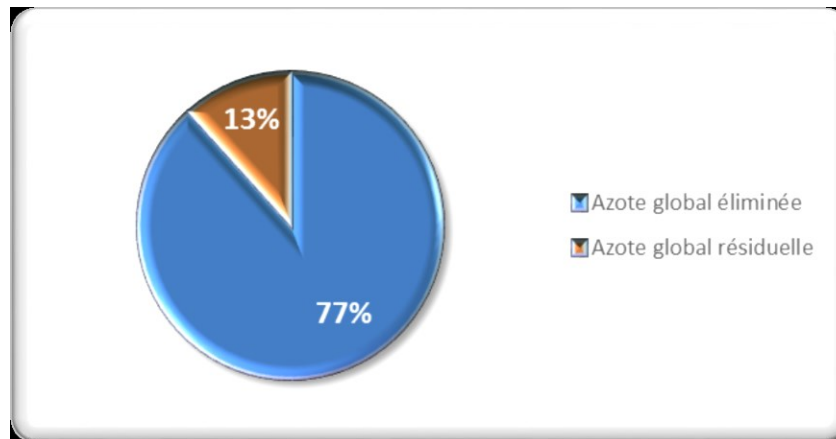


Figure IV- 5 : Rendement de réduction de l'azote global.

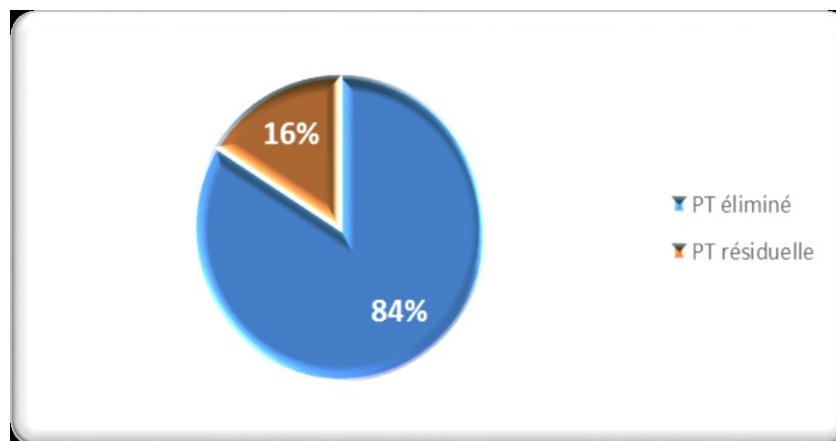


Figure IV- 6 : Rendement de réduction du phosphate total.

IV.2 Bilan d'analyse des paramètres bactériologiques

Le suivi de la qualité bactériologique des eaux usées consiste à la recherche et au dénombrement des germes suivants : les coliformes et Escherichia coli (E. coli).

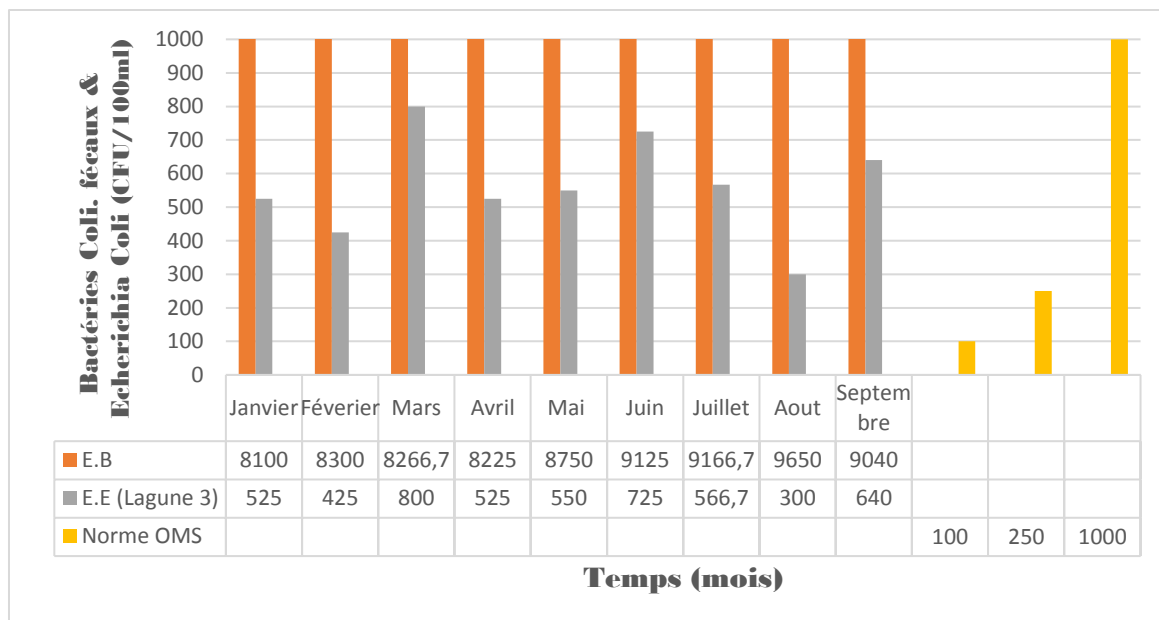
Les résultats du dénombrement des indicateurs de contamination fécale au niveau des eaux usées brutes présentent une fluctuation significative.

Nous remarquons que le nombre de coliformes totaux et E. Coli dans les eaux brutes varient entre 8100 (CFU/100 ml) et 9650 (CFU/100 ml). Ces valeurs sont élevées parce que les eaux usées sont considérées comme un milieu favorable pour la prolifération bactérienne.

On remarque que les eaux usées brutes sont chargées en coliformes et que leur nombre augmente d'une façon significative entre le mois d'Avril et le mois d'Août, et cela due à l'élévation de la température T°.

Le germe Escherichia coli est le type de Coliformes fécaux d’habitat fécal exclusif, sa recherche est donc extrêmement importante. Cette bactérie ne se multiplie pas dans l’environnement, mais uniquement dans le tractus digestif de l’homme et des animaux à sang chaud [16].

L’ensemble des résultats bactériologiques de l’eau brute sont présentés dans la Figure IV- 7 .



Graphes IV- 11 : Variation mensuelle du taux de germes bactériologiques des eaux brutes (E.B) et épurées (E.E).

Les eaux épurées véhiculent une charge bactérienne moins élevée que les eaux usées brutes. Ces eaux restent riches en bactéries (Coliformes et E. coli).

D’après la Figure 16-V, nous remarquons que les valeurs de Coliformes et d’E. coli varient entre 425 (CFU/100 ml) et 800 (CFU/100 ml) et la valeur la plus élevée a été remarquée au mois de Mars.

Ces valeurs obtenues sont conformes aux normes des rejets fixés par JORA 2012.

Les abondances en coliformes dans les effluents traités dépendent de la qualité microbiologique des eaux brutes d'une part et de l'efficacité de la filière de traitement (Chloration) à éliminer les pathogènes d'autre part.

D’après le tableau de variation journalières (Annex 1) des germes pathogènes, nous remarquons que les eaux usées traitée après étape de chloration sont chargées en germes pathogènes cela signifie le dysfonctionnement de la bache de chloration (traitement de désinfection). Cela signifie que l’ensemble des pathogènes est éliminé dans les lagunes de stockage par le principe d’autoépuration.

IV.3 Bilan d’analyse des Métaux lourds (exemple de Nickel)

La variation de la concentration de Nickel est illustrée dans Graphe IV- 8.

Les valeurs de Nickel à l’entrée de la station varient entre 0,59 mg/l et 0,71 mg/l, par contre celle de la sortie déminent et varient entre 0,05 mg/l et 0,29 mg/l. Ces valeurs sont conformes aux normes de rejets recommandées par JORA (2012) (< 2 mg/l).

Cette diminution confirme L’élimination des métaux suivant divers mécanismes de nature physico-chimique et biologique : précipitation, adsorption, complexassions, absorption par la biomasse, mais toutefois ne donne aucune information sur l’efficacité de la phase de chloration (traitement tertiaire) car la concentration de l’ensemble des métaux lourds est faible à l’entrée de la station.

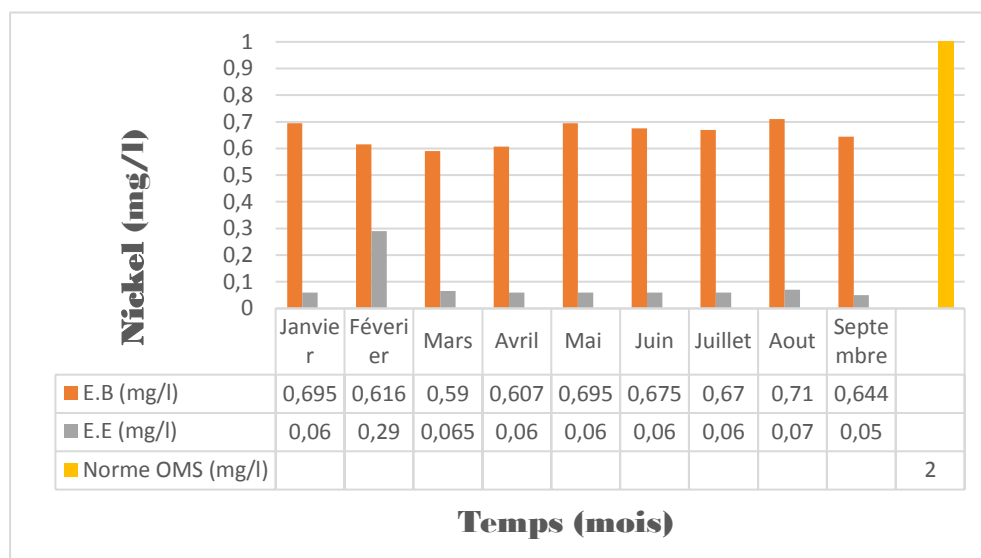


Figure IV- 12 : Variation mensuelle du taux de Nickel des eaux brutes (E.B) et épurées (E.E).

Conclusion

L'analyse des paramètres physico-chimiques (DBO5, MES, DCO, Nt, NH₄⁺, NO₃⁻, NO₂⁻ Pt.) a montré que les valeurs trouvées à la sortie de la Step respectent les normes de rejet fixés par JORA. Les rendements épuratoires pour les matières en suspension (MES), la demande chimique en oxygène (DCO), la demande biochimique en oxygène (DBO5), l'azote global (NGL), les phosphates (Pt), sont représenté respectivement par 93%,95%, 98%,77% ,84%.

Ces résultats montrent que les eaux usées de la ville de Ain Turck constituées principalement d'effluents domestiques et admis à la STEP, présentent un caractère faiblement chargé et moyennement biodégradable pouvant être épurées par un procédé basé sur un traitement biologique.

Les résultats bactériologiques obtenus peuvent s'expliquer d'une part par le fait que le traitement biologique utilisé dans la Step favorise la croissance bactérienne pour dégrader la pollution carbonée ou azotée et d'autre part par l'absence d'un traitement de désinfection qui sert à la destruction des germes pathogènes à l'exception des lagunages disposé en aval de la STEP. De plus, l'eau usée est considérée comme le milieu optimal pour la prolifération microbienne.

La Step de Cap Falcon à un bon fonctionnement épuratoire mais elle rencontre certains problèmes liés à une mauvaise exploitation qu'on va citer dans le chapitre suivant.



CHAPITRE V

Recommandation et valorisation
agricole

V.1 Introduction

En se basant sur les résultats et les constats du chapitre IV et afin de minimiser les défaillances et les dysfonctionnements qui existent au niveau de la STEP de CAP FALCON en vue d'améliorer son rendement et ses performances épuratoires sachant que ses eaux épurées sont rejetées une partie en environnement et une partie destiné à l'irrigation. Dans ce chapitre on vise les anomalies enregistrées au niveau de cette STEP et on propose quelques solutions pour y remédier.

V.2 Problèmes et Solutions Proposées

V.2.1 Les anomalies de prétraitement

Tableau V- 1 : Principales causes de mauvais fonctionnement – Remèdes.

Problèmes	Moyen de contrôle	Causes	Remèdes
Niveau très élevé dans le dessableur	Contrôle visuel	La pompes de la file 1 est en panne	Curage manuel des sables et sédiment en attendant mettre la pompes en service
Présence des débris flottants dans les eaux épurée	Contrôle visuel	Mauvais rendement des dégrilleurs fins	Un nettoyage régulières des dégrilleurs est primordiale
		Les déchets volailles dans l'air entraîné par le vent	Couverture latérale du clarificateur empêche la décantation des déchets volailles sur la périphérie de cet ouvrage
Nuisance Olfactive	Contrôle par l'odorat	mauvais gestion de l'air vicié	Contrôler le bon fonctionnement d'évacuation de l'air vicié

V.2.2 Les anomalies du traitement biologique

1^{er} Problème

Observation d'un **Changement de la couleur** au niveau du clarificateur qui devient vert dû au formation excessive des algues et du plancton après mise en arrêt de l'ouvrage.

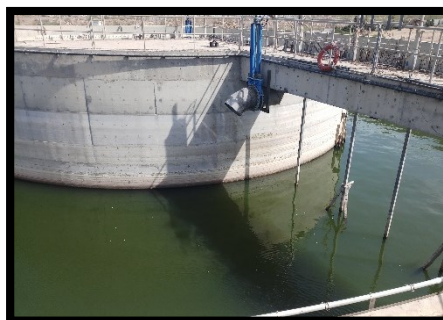


Figure V- 1 : Changement de la couleur du clarificateur présente dans la Step Cap Falcon.

Remèdes : Curage total du clarificateur avant la fermentation des algues qui peuvent provoquer le colmatage des équipements.

2^{eme} Problème

Les Mousses Biologiques

Les Mousses forment des amas de flottants très stables de couleur marron clair à foncé et de structure visqueuse. Leur densité tend à s'accroître progressivement au cours du temps.

Ces mousses sont peu déstructurées par une agitation de surface et reforment rapidement un tapis uniforme en absence d'agitation. Les bulles de gaz favorisent la flottation. Ces flottants constituent un milieu favorable au développement privilégié de certaines bactéries filamenteuses responsables de moussage (Figure 2-V).



Figure V- 2 : Mousse biologique présente dans la STEP CAP FALCON.

Remèdes :

Les causes sont bien souvent d'origines multiples (conception, exploitation, composition de l'effluent...) et le choix des solutions nécessite une analyse globale : conception, fonctionnement et exploitation de la station.

3^{eme} Problème

Les Matières Flottantes (Instables)

Ces flottants instables se caractérisent par la présence de particules de boues non associées à des bactéries filamenteuses. Un simple arrosage (ou averse de pluie) suffit à les rabattre.

La couleur est un bon critère de détermination de leur origine qui peut être variée.

Tableau V- 2 : Couleur des flottants.

Couleur des flottants	Blanchâtre	Marron clair	Marron foncé ou noir
Origine	Dégraissage insuffisant Boulettes de graisse (cf. page 24)	Dégazage insuffisant ou dénitrification incomplète	Boues fermentées suite à l'anaérobiose



Figure V- 3 : Les Matières Flottantes instables présente dans la Step Cap Falcon.

D'après le Tableau 2-V la couleur des flottantes est marron clair cela implique soit un dégazage insuffisant ou dénitrification incomplète.

Ce type de flottants est de couleur claire. C'est une structure instable facilement désagrégée par l'agitation ou par temps de pluie en raison de la présence de microbulles d'azote gazeux produites par le processus de dénitrification au sein des floes.

Il est impératif d'évacuer ces flottants instables pour éviter de passer à une forme stable.

Remèdes :

Les causes sont bien fortement liées au mauvaise condition anoxique dans le bassin d'aération (temps d'arrêt d'aération est insuffisant) et où la nitrification s'installe quand même de manière spontanée et non maîtrisable par l'exploitant.

4^{eme} Problème

Limpidité de l'effluent traité n'est pas déterminée.

Remèdes :

On doit privilégier un test de la turbidité par un disque de Secchi, qui est composé d'un disque de diamètre, monté sur un manche de 1,5 à 2 m, gradué tous les 10 cm.

Le test de turbidité permet d'apprécier la transparence d'une eau traitée en mesurant la profondeur à laquelle disparaît un disque blanc immergé dans le clarificateur.

Après avoir déterminé la turbidité de l'eau, il est utile de rechercher la présence d'un voile de boues dans le clarificateur de manière à apprécier l'aptitude des boues à la décantation dans l'ouvrage.

V.2.3 Les anomalies du traitement tertiaire

V.2.3.1 Les inconvénients de la désinfection par chloration

- Certains dérivés chlorés sont dangereux
- Le chlore donne un goût caractéristique à l'eau
- L'installation nécessite le transport et le stockage de produit toxique
- Le chlore génère des sous-produit de désinfection qui serait carcinogène et pourrait affecter de manière indésirable la qualité de l'eau.
- Certains agents pathogènes résistants au chlore comme les espèces de *Cryptosporidium* et de *Giardia*.
- La neutralisation du chlore gazeux en cas de fuite augmente la salinité de l'eau par la production chimique des sels (NaCl).

Le principe se fait à l'aide d'une solution de neutralisation contenant :

- De la soude pour dissoudre le chlore et le transformer en eau de javel
- Du thiosulfate pour réduire le chlore solubilisé par la javel

Ce dernier point est responsable de la mise en arrêt de la bêche chloration de la station de CAP FALCON.

Remèdes :

Amélioration de la méthode de désinfection par la méthode de la lumière ultraviolette (UV).

V.2.3.2 Les avantages de L'UV

- Les UV éliminent ou réduisent la menace immédiate pour la sécurité que représente le chlore gazeux, sans générer de nouveaux coûts à long terme associés aux produits chimiques, au transport et à la livraison.
- Le remplacement annuel de la lampe et la consommation d'électricité constituent les coûts d'exploitation de la désinfection par les UV.

- Les UV inactivent de manière très efficace une large gamme de microorganismes, notamment les agents pathogènes résistants au chlore comme les espèces de *Cryptosporidium* et de *Giardia*.
- Les coûts d'une réponse en cas de fuite, de l'administration, de la gestion des risques, du plan d'intervention en cas d'urgence ainsi que de la formation des opérateurs sont minimisés et/ou éliminés avec les UV.
- Les UV peuvent être utilisés (seuls ou en association avec du peroxyde d'hydrogène) pour décomposer les contaminants chimiques tout en désinfectant simultanément.

Notons ainsi que le choix type de désinfection doit tenir compte plusieurs critères :

- Grandeur de l'installation.
- Micro-organismes à éliminer.
- Caractéristiques de l'eau en sortie.
- Intervalle entre traitement et consommation.

Tableau V- 3 : Comparaison entre les méthodes de désinfection.

Critères	Chlore	U.V
Grandeur de l'installation	grande	petite-grande
Investissement	important	moyen
Entretien	faible	moyen
Utilisation	complexe	simple
Rémanence	forte	fable
Goût/odeur	caractéristique	nul
Efficacité germicide	bonne	bonne

V.2.3.3 Réacteurs REUT Désinfection UV

Les réacteurs REUT sont à implanter à la sortie de la station d'épuration, après le traitement biologique de sorte à ce que l'eau à traiter respecte déjà les exigences de traitement imposées à la station d'épuration sur les paramètres MES, DBO5 et DCO qui sont très favorable dans notre cas.

Tableau V- 4 : Estimation du coût du Réacteurs REUT Désinfection UV.

Investissement		Entretien	
Prix du Réacteurs	1245277 DA	Changement des lampes toutes les 15 000 heures (2 ans).	Prix des ampoules : 112232,56 DA
Prix avec accessoires	2269872 DA	Consommation énergétique faible	puissance nominale de 15W à 200W.

Source [22]

V.2.3.4 Critère de dimensionnement

Informations requises afin de dimensionner correctement l'équipement:

1. Débit de pointe
2. Échantillon pour tester de transmission (si non réalisé)
3. Analyse microbiologique
4. Normes requises après traitement UV

Toute information fournie reste dans la plus grande confidentialité.

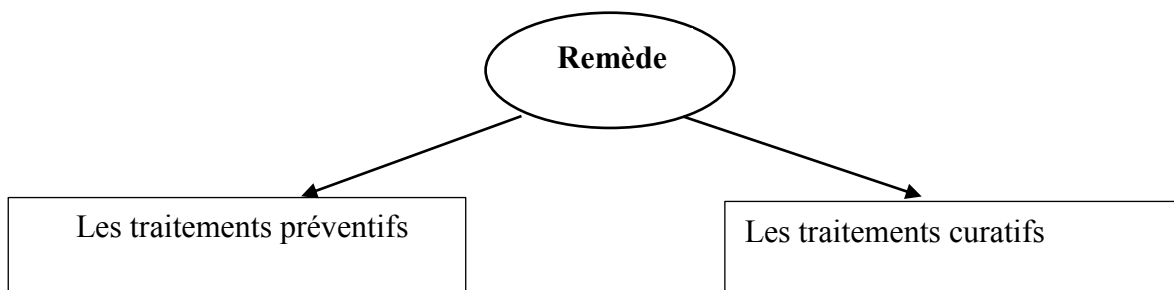
V.2.4 Les bassins de lagunages

Présence des lentilles d'eau

La prolifération des lentilles d'eau bloque la photosynthèse des algues en suspension, source de l'oxygénation des bassins. Or l'oxygène est essentiel au traitement des eaux usées.

La présence de lentilles peut entraîner :

- Une qualité d'eau traitée hors norme
- Un développement de mauvaises odeurs
- Une augmentation de la production de boues



V.2.4.1 Les traitements préventifs

❖ L'installation d'agitateurs de surface

Les lentilles se développent sur des eaux stagnantes. Le but est donc de créer une onde assez importante pour empêcher l'apparition des lentilles mais pas trop forte pour ne pas endommager les berges (érosion due au batillage) ou risquer une mise en suspension des boues.

❖ L'implantation de canards

4 couples minimum pour les superficies inférieures à 7000 m², et 8 couples à l'hectare pour les superficies supérieures.

V.2.4.2 Les traitements curatifs

❖ L'utilisation de SKIMCRUSH avec ARMORVIF

La société Armorvif développe le Skimcrush, une solution innovante pour le pompage et la filtration de lentilles d'eau en lagune d'épuration et plan d'eau.

La pompe est montée sur châssis roulant inox, avec une aspiration de surface réglée par l'avancement du chariot dans l'eau et une chaîne inox. Les produits pompés sont amenés via un tuyau de diamètre 63 au filtre autonettoyant skimfilter max (structure en polyéthylène moulé et grille inox) qui fonctionne en gravitaire. Ce filtre est installé dans une remorque, ce qui facilite le déplacement des lentilles filtrées vers une station de compostage.

Créé en 2015, ce procédé est aujourd'hui décliné sur trois modèles de respectivement 7 m3/h, 20 m3/h et 30 m3/h de capacité (1 à 1,5 kW de puissance). Désormais monté sur un châssis roulant qui permet une mise en place et un réglage simplifié (un seul opérateur nécessaire, l'équipement complet pèse environ 30 kg), le Skimcrush est capable de filtrer 50 à 600 l/h de lentilles selon leur concentration.

Tableau V- 5 : Devis total du SKIMCRUSH.

Equipements	Unité	Quantité	Prix Unitaire	Total (DA)
Système de pompage de lentille	u	1	576 000	576 000
SKIMBAG	u	2	19 200	38 400
Support BIG BAG	u	2	76 800	153 600
SKIMFILTER LIGHT	u	1	159 360	159 360
Pompe d'agitation	u	2	67 200	134 400
Tuyau de diamètre 63	m	10	450/m	4500
épuisette de prélèvement	u	1	32 640	32 640
Remorque du stockage	u	1	32500	32500
SKIMCRUSH	u	1	268 800	268 800
Entretien				
Consommation électriques pour la pompe d'aspiration	kWh	2100	4,5 DA/ kWh	9450
Consommation électriques pour la pompe d'agitation	KWh	1100	4,5 DA/ kWh	4950
			Prix Total	1 414 600 DA
			TVA (%)	19
			TTC (DA)	1 683 374 DA

Source [23]

V.3 Dimensionnement des lagunes aérés

Dans cette étude on s'intéresse à la méthode de désinfection extensive à travers des lagunes aérées stricto sensu : dans la lagune d'aération l'énergie de brassage est suffisante pour qu'aucun dépôt ne se forme.

V.3.1 Rappel théorique : (Critère du temps de séjour)

L'équilibre d'un réacteur biologique peut être schématisé de la manière suivante :



Où :

Q : le débit d'effluent

L₀ : la concentration de pollution entrant dans la lagune

V : le volume du bassin

S_a : la concentration de la biomasse

L_f : la concentration de pollution sortant de la lagune

La pollution détruite par unité de temps sera $V \cdot \frac{\Delta L}{dt}$

$$q(L_0 - L_f) = V \cdot \frac{\Delta L}{dt} \quad (1)$$

Après simplification on aura :

$$\frac{L_f}{L_0} = \frac{1}{1 + KS\Delta t} \quad (2)$$

$$t = \frac{L_0 - L_f}{KLf} \quad \text{Avec } t : \text{ temps de séjour} \quad (3)$$

Cette présentation montre que le rendement est une fonction croissante du temps de séjour.

K est une constante représente les conditions du milieu : type de bactérie, nourriture présente, etc. et en particulier, suite aux travaux de nombreux auteurs, ont constaté l'influence de la température de l'eau sur la valeur du coefficient K. [24]

V.3.2 Conception des lagunes d'aération/décantation

Pour un effluent domestique classique, 50 g de DBO₅ et 150 l par usager, l'application de la formule établie précédemment fournit pour une valeur de K = 0,7 un temps de séjour d'environ 15 jours et pour une valeur K = 0,5 un temps de séjour de 20 jours permettant d'obtenir un effluent traité contenant 30 mg/l de DBO₅.

Pendant les périodes favorables, lorsque la température de l'eau dépasse 20° C, les temps de séjour nécessaires à l'obtention d'un effluent correctement épuré peuvent être sensiblement plus faibles. Cependant, dans ce cas, les boues produites dans la lagune d'aération et retenues dans le bassin de décantation ne seront pas suffisamment stabilisées (l'âge des boues dans un bassin de lagunage étant identique au temps de séjour de l'effluent). Les risques de fermentation dans le décanteur seront donc importants et se traduiront par des remontées de boues dans ces bassins et des taux élevés de matières en suspension dans l'effluent rejeté. **Il convient donc de ne pas abaisser le temps de séjour à moins de 20 jours dans les bassins d'aération qui seront donc dimensionnés sur la base de 3 m³ par usager desservi.** Cette valeur permet de prendre en compte l'encombrement du bassin pour les dépôts qui peuvent occuper de 20 à 25 % du volume total de la lagune d'aération.

Pour le traitement tertiaire qui sert à la désinfection après un traitement biologique par les méthodes classiques (Boue activé) les **bassins d'aération seront donc dimensionnés sur la base de 0,6 à 1 m³ par usager desservi.** [24]

La profondeur utile de la lagune sera de 2 à 3,5 m si on utilise aérateurs de surface et aussi importante que possible dans le cas d'aération par insufflation. [24]

Tableau V- 6 : Données de dimensionnement

Paramètres	Unité	Caractéristiques
Capacité (H 2030)	EH	250 000
Débit d'eau usée spécifique	l/EH/j	120
Volume d'eau usée (H 2030)	m ³ /j	30 000
Charge spécifique	gramme DBO ₅ /EH/j	3,6
Charge totale	kg DBO ₅ /j	900

Tableau V- 7 : Caractéristique de dimensionnement des lagunes aérées

Paramètres	Unité	Caractéristiques
Charge volumique	kg DBO ₅ / m ³ /j	0,0045
Volume de la lagune	m ³	200 000
Volume spécifique	m ³ /EH	0,8
Nombre de lagunes	-	2
Volume lagune 1 (d'aération)	m ³	150 000
Volume lagune 2 (décantation)	m ³	50 000
Forme de la lagune	-	Rect. ou ovale
Profondeur	m	2,5
Pente talus	-	1 : 2

V.3.3 Dimensionnement des installations d'aération

La puissance spécifique devra être de l'ordre de 5 à 6 w/m³. Pour les systèmes d'aération classique (aération de surface ou insufflation d'air) c'est une puissance suffisante pour le brassage et la satisfaction des besoins en oxygène. Une étude de WHITE et RICH montre que de plus c'est à cette puissance spécifique que les développements d'algues seraient les moins importants.

Les besoins en oxygène sont difficiles à définir précisément en raison notamment de la fraction de pollution, dégradée en anaérobiose dans les sédiments. On peut cependant estimer que l'élimination de 1 kg de DBO₅ implique une consommation d'environ 1,5 kg d'oxygène. Les aérateurs utilisés auront le plus souvent de faibles rendements d'oxygénation compris entre 0,7 et 1 kg d'oxygène par kWh consommé. **Il s'en suivra une consommation en énergie électrique voisine de 2 kWh par kg de DBO₅ éliminée.** [24]

Tableau V- 8 : Caractéristique de dimensionnement des installations d'aération

Paramètres	Unité	Caractéristiques
O ₂ load	kg O ₂ /kg DBO ₅	> ou = 1,5
Besoin en oxygène	kg O ₂ /j	> ou = 1350
	kg O ₂ /h	56,25
Puissance spécifique	W/m ³	5
Puissance dans lagune 1	kW	750
Type d'aérateur lagune 1	-	2 WBL-IS

O₂ load : c'est l'oxygène nécessaire pour l'élimination de 1 kg de DBO₅

Cette énergie sera très inférieure aux possibilités des aérateurs dimensionnés sur la base de 5 w/m³ de bassin. Pour 900 kg de DBO₅, les besoins en énergie seront de 900 x 2 = 1800 kWh et seront donc fournis en moins de 2 heures et demi de fonctionnement.

Il sera donc nécessaire de disposer de moyens de réglage du temps de fonctionnement des aérateurs par des horloges à plots capables de ménager des cycles de fonctionnement au moins égaux à 20 min.

V.3.4 Estimation du rabattement de la charge entrante

On applique l'expression N°4 en fixant un temps de séjour de 25 jours et une valeur K = 0,5, la concentration de la DBO₅ à la sortie sera estimée à 2,6 mg/l.

$$t = \frac{L_0 - L_f}{KLf} \rightarrow L_f = \frac{L_0}{t.K - 1} \quad (4)$$

$$A.N : L_f = \frac{30}{0,5 \times 25 - 1} = 2,6 \text{ mg/l} \quad (5)$$

V.4 Valorisation agricole

L'eau usée traitée collectée à la sortie des stations d'épuration représente une eau renouvelable non conventionnelle, qui pourrait être une source attrayante et bon marché à employer en agriculture. Afin de montrer l'aptitude des eaux épurées par la Step de CAP FALCON à l'irrigation, nous allons faire un récapitulatif de la comparaison des résultats des paramètres physicochimiques de ces eaux (cas le plus défavorable durant la période d'analyse) avec les réglementations de l'OMS et JORA 2012.

Tableau V- 9 : Récapitulatif de l'ensemble des données issues de la STEP.

Paramètre	Résultats des analyses	Normes JORA* OMS**	Observation
Type de la station	Boues activée	JORA Chapitre 1 OMS ANNEX 1	La station peut couvrir une superficie de 211 ha mais reste à vérifier la qualité des eaux épurées
Volume total (Vt)	1 265 957 m ³		
Besoin annuel moyen des cultures par ha (Ba)	6000 m ³ /ha		
Superficie irrigable à partir de la station	211 ha		
Paramètres Physico-chimique			
PH	8,3	8,5*	respecté
CE (ds/cm)	2,2	3*	respecté
MES (mg/l)	18	30*	respecté
DCO (mg O ₂ /l)	27	90*	respecté
DBO ₅ (mg O ₂ /l)	7	30*	respecté
NGL (mg/l)	9,35	pas de norme	-
NH ₄ ⁺ (mg/l)	0,8	0,94**	respecté
NO ₂ ⁻ (mg/l)	0,22	1**	respecté
NO ₃ ⁻ (mg/l)	4,8	30*	respecté
Pt (mg/l)	1,5	2**	respecté
Na ⁺ (mg/l)	29,5	920**	respecté
Ca ²⁺ (mg/l)	2,3	400**	respecté
Mg ²⁺ (mg/l)	1	60,75**	respecté
Paramètres Bactériologique(CFU /100ml)			
les coliformes fécaux	561	1000*	respecté
Métaux lourds			
Zinc (mg/l)	< 0,2	10*	respecté
Nickel (mg/l)	0,29	2*	respecté
Chrome (mg/l)	< 0,03	1*	respecté
Cuivre (mg/l)	0,523	5*	respecté
Cadmium (mg/l)	< 0,02	0,05*	respecté
Aluminium (mg/l)	0,027	20*	respecté
Plomb (mg/l)	< 0,1	10*	respecté
Fer (mg/l)	0,719	20*	respecté

V.4.1 Aptitude et Classification des eaux d’irrigation

a. Estimation du SAR

$$SAR = \frac{Na^{2+}}{\sqrt{\frac{Mg^{2+} + Ca^{2+}}{2}}} = 22,96.$$

CE = 2.1 ds/cm. → D’après le laboratoire de Riverside RICHARDS 1954 l’eau traitée de notre station est de classe : C3S3

b. Comparaison avec les normes de l’OMS

La réglementation de l’OMS se base plus particulièrement sur la qualité microbiologique de l’eau en raison du risque qu’elle provoque (OMS, 2006). Ces recommandations sont destinées à une utilisation internationale et sont donc adaptées aux pays en voie de développement. Elles représentent la limite au-delà de laquelle la santé publique n’est plus assurée (Belaid, 2010).

Tableau V- 10 : Paramètres biologiques des eaux épurées comparés aux normes de l’OMS.

Paramètres	Eau traitées	Norme l’OMS
Coliforme	561	1000 /100ml
Escherichia coli	561	1000 /100ml
Streptocoques fécaux	pas des données	-

En examinant le tableau V-6, on peut constater que les valeurs des paramètres microbiologiques des eaux épurées par la Step de Ain Turck restent inférieures aux normes de l’OMS et de JORA 2012. Selon ces normes, la qualité sanitaire de ces eaux serait alors acceptable dans le cas d’une réutilisation malgré que l’absence de dénombrement des helminthes (Nématodes intestinaux) ne permet pas de préciser le degré d’exposition de cette eau.

c. Comparaison avec les normes de l’USEPA

Les recommandations de l’USEPA sont basées sur un objectif de zéro pathogène dans les eaux réutilisées. Les normes microbiologiques sont donc beaucoup plus strictes (USEPA, 2004). Notons aussi que les deux recommandations (OMS et USEPA) s’opposent à plusieurs points de vue. Une des différences concerne le niveau de traitement recommandé. Il est dit dans le document de l’OMS qu’un traitement extrêmement efficace peut être atteint par des bassins de stabilisation, alors que l’USEPA n’évoque que des traitements de désinfection tertiaire type chloration, ozonation, etc. Les modes de contrôle varient aussi : alors que l’OMS préconise de contrôler le nombre de nématodes, l’USEPA recommande le comptage des coliformes totaux comme unique contrôle de la qualité microbiologique [18].

L’USEPA : Agence de protection de l’environnement des États-Unis.

Tableau V- 11 : Paramètres des eaux épurées comparés aux normes de l'USEPA.

Paramètres	Eau traitées	Norme l'USEPA
pH	8,2	6-9
MES	15	< 30 mg/l
DBO5	6	< 30 mg O2/l
Coliforme	561	< 200/100ml

D'après les résultats rapportés dans le tableau V-8, on remarque que les paramètres (pH, DBO5 et MES) des eaux usées épurées analysées sont conformes aux normes de l'USEPA. Cependant, les coliformes ont une valeur qui dépasse la norme l'USEPA. Afin de corriger ce paramètre, on doit privilégier un traitement désinfection par ultraviolet comme c'est mentionné précédemment.

En plus de ces paramètres chimiques et microbiologiques, pour qu'une eau usée traitée soit réutilisée en irrigation, elle doit répondre à d'autres indicateurs de qualités à savoir : la Salinité :la conductivité électrique, l'alcalinité : le SAR (sodium adsorption ratio), les éléments traces et les métaux lourds (Cd, Cu, Ni, Zn, Al, Pb, Fe, Cr).

Il est à noter que d'autres facteurs peuvent influencer d'une façon directe ou indirecte sur l'efficacité et l'efficience de la réutilisation d'eau usée traitée tels que le type d'irrigation (irrigation à surface ou par aspersion), la nature du sol à irriguer ainsi que le type de culture à pratiquer [18].

V.4.2 Les types des cultures proposées

Une gamme de cultures a été arrêtée en se basant sur l'étude de la classification du sol et les contraintes paramétriques des sols et les considérations des expériences locales, avec la proposition des assolements et rotation en se basant sur une organisation spatial « assolement et temporelle des cultures (rotation) au niveau de la parcelle divisée en sols ».

Tableau V- 12 : La liste des cultures proposées

Types de cultures	Cultures proposées
arboricultures	Abricotier, prunier, amandier, poirier, pommier, pêché, grenadier, olivier.
Les cultures céréales	maïs, le blé, le riz, les mils ,l'orge, et l'avoine
cultures industrielles	-Plantes textiles (cotonnier, lin, chanvre, alfa, etc...) -Légumes industriels : tomate industrielle, piment, petit pois, haricot, etc.

V.4.3 Périmètre d'irrigation

- Il est situé à côté de la base aérienne de Bousfer.
- Le périmètre s'étale sur une superficie de 448 ha, on l'appelle le domaine SI TARIK
- Le périmètre se trouve à 6 km au Sud –Est de la station d'épuration et au Nord du village de BOUSFER
- La partie amont fait partie de la commune d'Ain Turck, et la partie aval fait partie de la commune de Bousfer.

V.4.4 Critères de stockage et de la distribution

- Les organismes distributeurs sont tenus de maintenir éloignés les ouvrages d'eau potable et d'éviter toute interconnexion éventuelle entre les réseaux concernés.
- Les réseaux des eaux usées traitées sont à installer en aval et ou à un niveau inférieur des réseaux d'eau potable.
- Les bassins de stockage des eaux usées traitées doivent être clôturés et leur accès sera interdit au public.
- Les vannes, les bornes et les prises sur les réseaux de distribution des eaux usées doivent être protégées dans des chambres inviolable, portant sur un écriteau bien visible, de dimension minimales 20cm*20cm, la mention (eau non potable) en langue arabe et éventuellement tout autre signe normalisé signifiant que l'eau est impropre à la consommation.

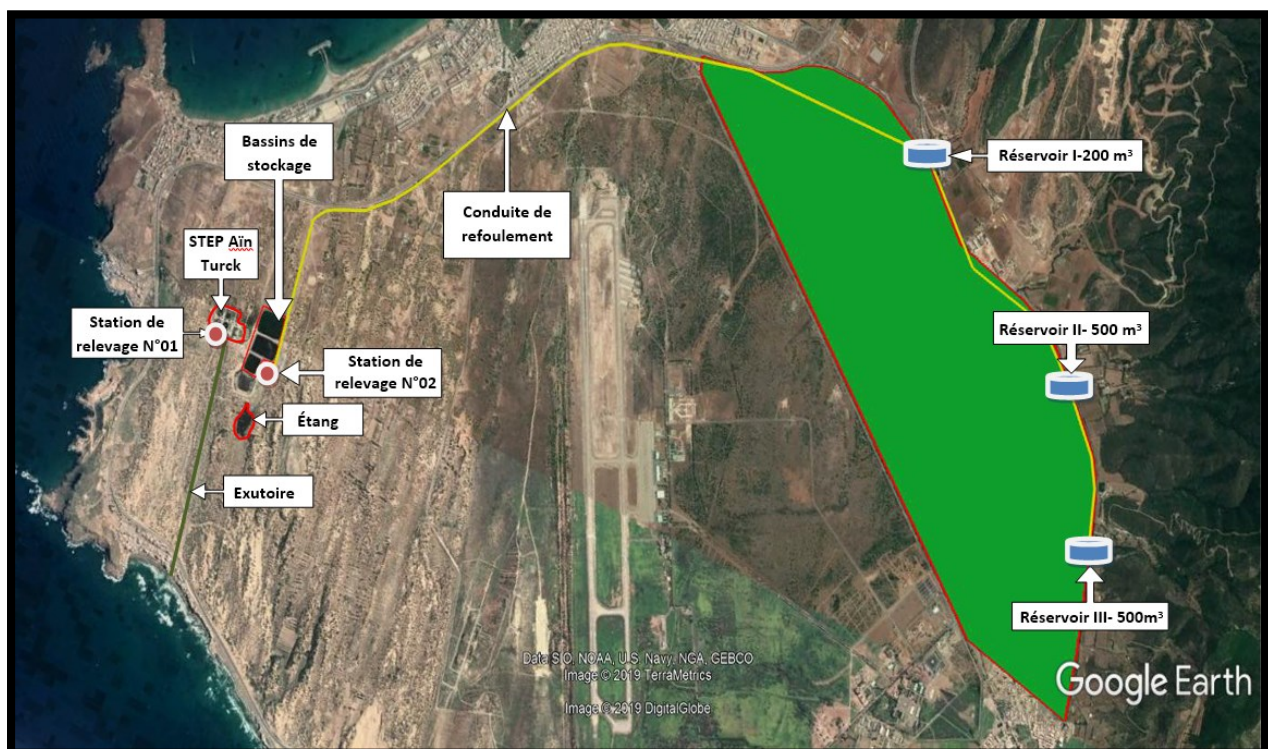


Figure V- 4 : Périmètre d'irrigation de Bousfer

Conclusion

La chloration proposée par STEREAU (entreprise d'étude et réalisation) permet de réutiliser l'eau en irrigation avec limitation au sens des recommandations de l'organisation mondiale de la santé. Une irrigation sans restrictions (produit consommés crus, espaces public), imposant notamment la rétention des nématodes intestinaux et une limite maximale de 1000 coliformes fécaux par 100 ml d'eau désinfectée, nécessitent une désinfection plus poussée.

Dans le cas des eaux épurées d'Ain Turck, une désinfection par ultraviolet serait recommandée à la place de la coloration pour traiter tout ou partie du débit.

Le stockage des eaux épurées rejetées se fait dans un bassin jouant le rôle d'un réservoir de stockage, cet ouvrage offre l'avantage suivant :

Garantir une offre d'eau à la demande du calendrier d'irrigation des cultures et indépendamment des variations de débit journalier des effluents épurés.

Conclusion générale

L'objectif de cette étude a visé le suivi de la qualité physicochimique et bactériologique des eaux usées brutes et épurées du Step de CAP FALCON afin de détecter les anomalies qui peuvent exister au niveau de la Step et pouvoir réutiliser ses eaux épurées en irrigation. Les résultats physicochimiques et bactériologiques obtenus ont révélé que les eaux usées brutes entrant à la Step présentent une pollution organique, azotée et bactériologique assez élevée.

On peut également conclure que le Step de de CAP FALCON permet une bonne élimination de la DCO, DBO5. Par ailleurs, la conductivité électrique, et la pollution bactériologique semblent augmenter à la sortie du Step. Cette augmentation est causée par la présence des sels minéraux formée par la neutralisation de la bêche de chloration.

La mauvaise gestion de la phase de désinfection induit à un rendement d'élimination des pathogènes très faible en amont de lagunage naturel. La dépollution bactériologique par ces bassins à un rendement considérable voire bon mais il nécessite l'intervention d'une technique de désinfection au niveau de la Step pour pouvoir débarrasser de tous les polluants présents dans l'eau et répondre surtout aux normes exigées par l'OMS.

La comparaison de la qualité physicochimique et microbiologique de ces eaux avec les normes de l'OMS et de JORA a montré l'aptitude de ces eaux à l'irrigation sans impacts négatifs majeurs sur l'environnement à condition que les cultures pratiquées ne soient pas destinées à être consommées crues.

Nous recommandons la prise de certaines dispositions au niveau de l'exploitation, pour maintenir un bon fonctionnement et une longévité à la STEP.

En perspectives, il serait intéressant de compléter ce travail par la recherche et le dénombrement Nématodes Intestinaux pour pouvoir détecter la catégorie exacte de l'eau en précisant le degré d'exposition des travailleurs et/ou la population ainsi les techniques d'irrigation.

Il serait aussi intéressant de faire l'isolement et l'identification des germes responsables de biodégradation provenant des boues activées

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

[1] **Baumont S** Réutilisation des eaux usées épurées: risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. E.N.S.A.T.

[2] **Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME), École nationale vétérinaire de Nantes, ministère de l'Agriculture et de la Pêche, École nationale de la santé publique (ENSP).** Les germes pathogènes dans les boues résiduaires des stations d'épuration urbaines, Guide et cahiers techniques « Connaître pour agir », août 1994, 89pages.

[3] **M.R.E., 2007** - Etude de réutilisation des eaux usées épurées à des fins agricoles ou autres sur tout le territoire national. Mission 4: Norme de réutilisation des eaux usées épurées, D.A.P.E.

[4] **Asano (1998)**

[5] **M.R.E., 2007** - Etude de réutilisation des eaux usées épurées à des fins agricoles ou autres sur tout le territoire national. Mission 2: Schéma directeur, D.A.P.E.

[6] **Water treatment solutions** [en ligne] (traduit en français , modifié le 27/09/2019) Disponible sur : < <https://www.lenntech.com/processes/waste-water-mbr.htm> > (consulté le 11/04/2020).

[7] **réutilisation des eaux usées** intérêt, bénéfices et contraintes de la réutilisation des eaux usées en France. (Mise à jour le 18/11/2017). Disponible sur : <<http://www.revue-ein.com> >

[8] **Metahri, M.2012.** Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixtes. Cas de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou. Thèse de doctorat. Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou. 75 p.

[9] **Jean Rodier, Nicole Merlet.** L'analyse de l'eau. 9^{ème} Edition. Dunod. Paris. 5-6-83-407 p.

[10] **Gaid, A, 1984** "Épuration biologique des eaux usées urbaines Tome I Ed. OPU Alger

[11] **Boutin, B et Mercier, PN, 1984** « Traitement des eaux usées ».

[12] **Michel Ducrocq** : Les bases de l'irrigation, technique et documentation, Lavoisier, Paris. Editions scientifiques universitaires. Liban ;

[13] **Lahbib.Eddeguesse:** Diagnostique, Mise à Niveau et Réutilisation des Eaux Usées de la Station d'épuration O. Saïd. Disponible pour téléchargement sur : <<https://dl.ummo.dz/bitstream/handle/ummo/4815/Rabahi%20Katia.pdf?sequence=1&isAllowed=y> >

[14] **Notice d'exploitation SEOR Oran,** Description des ouvrages 40 p.

- [15] **SEVRIN REYSSAC J., DE LA NOUE J., PROULX D. (1995).** Le recyclage du lisier de porc par lagunage. Edition Technique et Documentation Lavoisier, 118p.
- [16] Quels sont les paramètres les plus utilisés en station d'épuration ? **In** : Le cycle de l'azote [en ligne] modifié en 2020 Disponible sur : <www.1h2o3.com >
- [17] Document étude d'exploitation des eaux usées épurées de la subdivision d'AIN TURCK.
- [18] **BELAID N.** (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 phyto-absorption des éléments métalliques, Thèse de Doctorat en co-tutelle de l'université de Sfax et de Limoges.
- [19] **Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, FNDAE n° 33.** Document élaboré par le GIS-BIOSTEP Coordination – Jean-Pierre Canler : Dysfonctionnements biologiques des stations d'épuration : origines et solutions pages 124. Disponible sur : http://www.fndae.fr/documentation/numero_33.html consulté le : 10/11/2020
- [20] **David ECOSSE.** La Réutilisation Des Eaux Usées. Disponible sur : <https://www.u-picardie.fr/beauchamp/duue/ecosse/ecosse.htm> Consulté le : 11/09/2020
- [21] **Document technique D.R.E Oran.** Partie présentation de la zone d'Ain Turck.
- [22] **Réacteurs REUT Désinfection UV.** Disponible sur : <https://www.1h2o3.com/produit/reacteurs-reut-desinfection-uv/> Consulté le 26/11/2020.
- [23] **ARMORVIF** la boutique [en ligne] SKIMCRUSH LIGHT. Disponible sur : <https://www.armorvif.com/fr/74-skimcruch-light> Consulté le 26/11/2020.
- [24] **Etude inter-agences** lagunage naturel et lagunage aère page 85. Consulté le 10/12/220.

ANNEX 1

Les normes microbiologiques révisées de l'OMS (2000 et 2006) pour le traitement des eaux usées avant utilisation en agriculture.

Catégories	Condition de réutilisation	Groupes exposés	Nématodes Intestinaux	Coliformes fécaux	Traitement recommandés pour atteindre le niveau de qualité microbiologique
A	Irrigation sans restriction A1 pour les cultures maraichères consommées crues, les terrains de sports, les parcs publics.	Travailleurs, consommateurs publics.	$\leq 0,1$	≤ 10	Série de bassins de stabilisation bien conçus, réservoir de stockage et de traitement équivalent (ex. traitement secondaire conventionnel suivi soit d'un lagunage tertiaire. Soit d'une filtration et d'une désinfection)
B	Irrigation restreinte. Céréales, cultures industrielles, Fourragères, pâturage et forêt	B1 : Travailleurs (mais pas les enfants < 15 ans), population alentour	≤ 1	$\leq 10^5$	Série de bassin de Rétention dont un bassin de maturation ou un bassin séquentiel ou un traitement équivalent (ex. traitement secondaire conventionnel suivi soit par des lagunages tertiaires, soit une filtration)
		B2 : comme B1	≤ 1	$\leq 10^3$	Comme pour la catégorie A
		B3 travailleurs dont les enfants < 15 ans. Population	$\leq 0,1$	$\leq 10^3$	Comme pour la catégorie A
C	Irrigation localisée sur des cultures De la catégorie B s'il n'y a pas d'exposition des travailleurs ou du public	Aucun	Pas de norme	Pas de norme.	Prés traitement nécessaire pour des raisons Techniques liées à l'irrigation, mais pas moins qu'une sédimentation primaire

Les normes Physico-Chimique révisées de l'OMS (2000 et 2006) pour le traitement des eaux usées avant utilisation en agriculture.

Paramètres	Unité	Normes OMS
pH		6,5-8,4
Turbidité	NTU	/
CE	dS/m	< 0,7 Aucune restriction 0,7 – 3,0 restriction légère à modérée > 3.0 Forte restriction
MES	mg/l	< 70
DCO	mg O ₂ /l	< 40
DBO₅	mg O ₂ / l	< 35
NO₃⁻	mg/l	< 30
NO₂⁻	mg/l	< 1
NH₄⁺	mg/l	< 2
Pt	mg/l	< 2
HCO₃⁻	mg/l	500
Cl⁻	mg/l	1065
Ca²⁺	mg/l	400
Mg²⁺	mg/l	60,75
K⁺	mg/l	50
Na⁺	mg/l	920