

Table des matières

Introduction générale..... Erreur ! Signet non défini.

Chapitre I: GENERALITES SUR LES EAUX USEES

I.1. Introduction..... Erreur ! Signet non défini.

I.2. Les eaux usées..... Erreur ! Signet non défini.

I.3. Origines des eaux usées Erreur ! Signet non défini.

I.3.1. Les eaux usées d'origine domestique..... Erreur ! Signet non défini.

I.3.2. Les eaux usées d'origine agricole Erreur ! Signet non défini.

I.3.3. Les eaux usées d'origine industrielles..... Erreur ! Signet non défini.

I.3.4. Les eaux usées d'origine pluviales..... Erreur ! Signet non défini.

I.4. Pollution des eaux usées Erreur ! Signet non défini.

I.4.1. Pollution minérale Erreur ! Signet non défini.

I.4.2. Pollution microbiologique..... Erreur ! Signet non défini.

I.4.3. Pollution chimique Erreur ! Signet non défini.

I.4.4. Pollution physique..... Erreur ! Signet non défini.

I.4.5. Pollution par le phosphore..... Erreur ! Signet non défini.

I.4.6. Pollution par l'azote..... Erreur ! Signet non défini.

I.5. Paramètres de pollution des eaux usées Erreur ! Signet non défini.

I.5.1. Paramètres organoleptiques..... Erreur ! Signet non défini.

I.5.2. Paramètres physicochimiques Erreur ! Signet non défini.

I.5.2.1. Température..... Erreur ! Signet non défini.

I.5.2.2. pH Erreur ! Signet non défini.

I.5.2.3. Matières en suspension (MES) Erreur ! Signet non défini.

I.5.2.4. Demande biochimique en oxygène (DBO)..... Erreur ! Signet non défini.

I.5.2.5. Demande chimique en oxygène (DCO)..... Erreur ! Signet non défini.

I.5.2.6. Matières azotées..... Erreur ! Signet non défini.

I.5.2.7. Matières phosphatées..... Erreur ! Signet non défini.

I.5.2.8. Oxygène dissous	Erreur ! Signet non défini.
I.5.2.9. Conductivité.....	Erreur ! Signet non défini.
I.5.2.10. Turbidité	Erreur ! Signet non défini.
I.5.2.11. Carbone Organique Total (COT).....	Erreur ! Signet non défini.
I.5.3. Paramètres microbiologiques	Erreur ! Signet non défini.
I.5.3.1. Protozoaires	Erreur ! Signet non défini.
I.5.3.2. Les helminthes	Erreur ! Signet non défini.
I.5.3.3. Virus	Erreur ! Signet non défini.
I.5.3.4. Coliformes Totaux	Erreur ! Signet non défini.
I.5.3.5. Les coliformes fécaux.....	Erreur ! Signet non défini.
I.5.3.6. Les streptocoques fécaux	Erreur ! Signet non défini.
I.6. Normes de rejet	Erreur ! Signet non défini.
I.6.1. Normes internationales.....	Erreur ! Signet non défini.
I.6.2. Normes Algériennes de rejet des effluents.....	Erreur ! Signet non défini.
I.7. Nécessité de l'épuration des eaux usées	Erreur ! Signet non défini.
I.8. Etapes de traitement des eaux usées	Erreur ! Signet non défini.
I.8.1. Les prétraitements	Erreur ! Signet non défini.
I.8.1.1. Le dégrillage	Erreur ! Signet non défini.
I.8.1.2. Le dessablage.....	Erreur ! Signet non défini.
I.8.1.3. Le dégraissage - déshuilage	Erreur ! Signet non défini.
I.8.2. Le traitement primaire	Erreur ! Signet non défini.
I.8.3. Le traitement secondaire	Erreur ! Signet non défini.
I.8.4. Les traitements tertiaires	Erreur ! Signet non défini.
I.8.5. Le traitement des boues.....	Erreur ! Signet non défini.
I.9. Le traitement biologique	Erreur ! Signet non défini.
I.9.1. Principe.....	Erreur ! Signet non défini.
I.9.1.1. Traitements anaérobies	Erreur ! Signet non défini.

I.9.1.2. Traitements aérobies	Erreur ! Signet non défini.
I.9.2. Systèmes intensifs	Erreur ! Signet non défini.
I.9.2.1. Systèmes à cultures fixes	Erreur ! Signet non défini.
I.9.2.2. Systèmes à cultures libres	Erreur ! Signet non défini.
I.9.3. Système extensif.....	Erreur ! Signet non défini.
I.10. Conclusion	Erreur ! Signet non défini.

Chapitre II: Le procédé d'Oxydation Alternée, la technologie d'Aero-Mod

II.1. Introduction	Erreur ! Signet non défini.
II.2. Les boues activées	Erreur ! Signet non défini.
II.2.1. Principe de traitement par boues activées	Erreur ! Signet non défini.
II.2.2. Éléments d'une station à boues activées.....	Erreur ! Signet non défini.
II.2.3. Les types de bassins à boues activées	Erreur ! Signet non défini.
II.2.4. Paramètres caractéristiques du procédé	Erreur ! Signet non défini.
II.2.5. Micro-organisme des boues activées	Erreur ! Signet non défini.
II.2.6. Aération dans les bassins à boues activées	Erreur ! Signet non défini.
II.3. La nitrification et la dénitrification.....	Erreur ! Signet non défini.
II.3.1. La nitrification	Erreur ! Signet non défini.
II.3.2. La dénitrification.....	Erreur ! Signet non défini.
II.4. La technologie d'Aero-Mod	Erreur ! Signet non défini.
II.4.1. Historique.....	Erreur ! Signet non défini.
II.4.2. L'oxydation alternée	Erreur ! Signet non défini.
II.4.3. Schéma générale d'épuration avec procédé d'oxydation alternée	Erreur ! Signet non défini.
II.4.4. Principe de fonctionnement de la technologie d'Aero-Mod.....	Erreur ! Signet non défini.
II.4.4.1. La technologie de «SEQUOX »	Erreur ! Signet non défini.
II.4.4.2. Technologie du Clarificateur « ClarAtor ».....	Erreur ! Signet non défini.

II.5. Conclusion	Erreur ! Signet non défini.
------------------------	-----------------------------

Chapitre III: Description de la STEP de Ain Tolba

III.1. Historique et présentation de la STEP de Ain TOLBA.....	Erreur ! Signet non défini.
III.2. Les données de base	Erreur ! Signet non défini.
III.3. Description général de la station de Ain Tolba	Erreur ! Signet non défini.
III.4. Principe de fonctionnement de la STEP	Erreur ! Signet non défini.
III.4.1. Bassin d'entrée	Erreur ! Signet non défini.
III.4.2. Le prétraitement.....	Erreur ! Signet non défini.
III.4.2.1. Dégrilleur	Erreur ! Signet non défini.
III.4.2.2. Dessableur-Déshuileur	Erreur ! Signet non défini.
III.4.3. Traitement biologique.....	Erreur ! Signet non défini.
III.4.3.1. Bassin sélecteur.....	Erreur ! Signet non défini.
III.4.3.2. Bassin d'aération (1er et 2 ^{ème} étage).....	Erreur ! Signet non défini.
III.4.3.3. Bassin de décantation/clarification	Erreur ! Signet non défini.
III.4.4. Le traitement des boues	Erreur ! Signet non défini.
III.4.5. Le traitement de désinfection	Erreur ! Signet non défini.
III.5. Pompe a boues et retour de filtrat.....	Erreur ! Signet non défini.

Chapitre IV: Matériels et Méthodes

III.6. Conclusion.....	Erreur ! Signet non défini.
IV.1. Introduction.....	Erreur ! Signet non défini.
IV.2. Prélèvement et échantillonnage.....	Erreur ! Signet non défini.
IV.3. Description de laboratoire	Erreur ! Signet non défini.
IV.3.1. Instruments et appareils de mesure	Erreur ! Signet non défini.
IV.3.2. Solutions chimiques et réactifs.....	Erreur ! Signet non défini.
IV.4. Caractéristiques des principaux appareils utilisés.....	Erreur ! Signet non défini.
IV.4.1. Le Colorimètre DR 900	Erreur ! Signet non défini.

IV.4.2. Le BODTrak II HACH.....	Erreur ! Signet non défini.
IV.4.3. Le thermostat DRB200.....	Erreur ! Signet non défini.
IV.4.4. L'Ultramètre II 6Psi	Erreur ! Signet non défini.
IV.4.5. Le Multimètre HQ30D	Erreur ! Signet non défini.
IV.5. Sécurité et pratique en laboratoire	Erreur ! Signet non défini.
IV.6. Paramètres mesurés dans la station	Erreur ! Signet non défini.
IV.7. Modes opératoires et méthodes d'analyse	Erreur ! Signet non défini.
IV.7.1. Protocoles expérimentaux avec le colorimètre DR900 ...	Erreur ! Signet non défini.
a) Azote, Ammoniacal (NH_4^+)	Erreur ! Signet non défini.
b) Nitrate NO_3^-	Erreur ! Signet non défini.
c) Nitrite NO_2^-	Erreur ! Signet non défini.
d) l'Orthophosphate	Erreur ! Signet non défini.
e) Demande chimique en oxygène (DCO).....	Erreur ! Signet non défini.
IV.7.2. Procédure de test de la DBO_5 avec l'appareil BOD Track II	Erreur ! Signet non défini.
IV.7.3. Protocole d'analyse des solides en suspension.....	Erreur ! Signet non défini.
IV.7.4. Procédure d'analyse de la matière décantable en utilisant le Cône Imhof.....	Erreur ! Signet non défini.
IV.7.5. Mesure avec l'Ultramètre	Erreur ! Signet non défini.
a) Principe de mesure.....	Erreur ! Signet non défini.
b) Mode opératoire.....	Erreur ! Signet non défini.
IV.7.6. Procédure d'analyse avec le multimètre.....	Erreur ! Signet non défini.
IV.8. Conclusion	Erreur ! Signet non défini.

Chapitre V: Performances épuratoire de la STEP de Ain Tolba

V.1. Introduction	Erreur ! Signet non défini.
V.2. Historique de pannes affectant la STEP de AIN TOLBA.....	Erreur ! Signet non défini.

V.3. Performance de la STEP, paramètres analysés à l'entrée et sortie.....**Erreur ! Signet non défini.**

V.3.1. Le potentiel hydraulique (pH) **Erreur ! Signet non défini.**

V.3.2. Température **Erreur ! Signet non défini.**

V.3.3. Demande biologique en Oxygène (DBO₅) **Erreur ! Signet non défini.**

V.3.4. Demande chimique en Oxygène (DCO) **Erreur ! Signet non défini.**

V.3.5. Les matières en suspension (MES) **Erreur ! Signet non défini.**

V.3.6. Matières azotées..... **Erreur ! Signet non défini.**

A) L'Azote ammoniacal (NH₄⁺) **Erreur ! Signet non défini.**

B) Nitrite (NO₂⁻) **Erreur ! Signet non défini.**

C) Nitrate (NO₃⁻) **Erreur ! Signet non défini.**

V.3.7. Ortho phosphate **Erreur ! Signet non défini.**

V.4. Paramètres de fonctionnement de procédé d'Oxydation Alternée Aero-Mod**Erreur ! Signet non défini.**

V.4.1. Le potentiel hydraulique dans les bassins d'aération primaire**Erreur ! Signet non défini.**

V.4.2. L'oxygène dissous dans le bassin biologique et bactérie filamenteuse**Erreur ! Signet non défini.**

V.4.3. Les matières en suspension (MESML) **Erreur ! Signet non défini.**

V.4.4. Indice de volume des boues (IVB) **Erreur ! Signet non défini.**

V.4.5. Volume des boues à 30 min **Erreur ! Signet non défini.**

V.5. Explication des résultats trouvés **Erreur ! Signet non défini.**

V.6. Conclusion **Erreur ! Signet non défini.**

Conclusion générale **Erreur ! Signet non défini.**

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I.1 : Normes de rejets internationales.....	10
Tableau I.2 : Valeurs limites des paramètres de rejet dans un milieu récepteur.....	11
Tableau II.1 : Classification des procédés à boues activées.....	24
Tableau III.1 : Charge Hydraulique à l'Horizon 2015.....	39
Tableau III.2 : Charge polluante à l'entrée de système de traitement.....	40
Tableau IV.1 : Les paramètres et leurs réactifs.....	54
Tableau IV.2 : Caractéristique de Thermostat DBR200.....	56
Tableau IV.3 : Caractéristique de multimètre HQ30D.....	58
Tableau IV.4 : Volumes d'échantillons simplifiés.....	64
Tableau V.I : Historique et types de pannes au sein de la station.....	72

LISTE DES FIGURES

Figure I.1 :	Schéma des étapes de traitement des eaux usées.....	12
Figure I.2 :	Photo d'un Dégrilleur automatique vertical	13
Figure I.3 :	Photo d'un dessableur rectangulaire.....	14
Figure I.4 :	Photo d'un bassin de dessablage – dégraissage.....	14
Figure I.5 :	Schéma de la configuration du procédé du lit bactérien.....	18
Figure I.6 :	Photo d'un support et sprinklers pour lits bactériens.....	18
Figure I.7 :	Schéma de principe de fonctionnement des biorisques.....	19
Figure I.8 :	Disque biologique ouvert.....	19
Figure I.9 :	Schéma de fonctionnement d'épuration par lagunage.....	20
Figure I.10 :	Photo de bassins de lagunage aéré.....	21
Figure II.1 :	Schéma des éléments d'une station à boues activées.....	23
Figure II.2 :	Schéma d'un décanteur à recirculation de boues.....	24
Figure II.3 :	Processus de décomposition lors de l'élimination de l'azote.....	27
Figure II.4 :	Photo d'une installation d'Aero-Mod.....	28
Figure II.5 :	Schéma explicite des étapes du procédé d'oxydation alternée AeroMoD.....	29
Figure II.6 :	Bassin d'aération primaire technologie SEQUOX.....	30
Figure II.7 :	Diffuseurs d'air avec l'accès coulissant SR (slide rail).....	31
Figure II.8 :	Schéma des séquences "marche-arrêt" de l'aération alternative.....	32
Figure II.9 :	Schéma des principaux dispositifs de clarificateur «ClarAtor».....	34
Figure II.10 :	Schéma d'équipement intérieur de bassin de clarification.....	35
Figure II.11 :	Schéma de programmation des Temporisateurs d'AERO-MOD.....	37
Figure III.1 :	Bassin de traitement biologique de la station de Ain Tolba.....	38
Figure III.2 :	Vue du ciel et localisation de la station d'épuration d'AIN TOLBA.....	39
Figure III.3 :	Photo de bassin d'entrée (déversoir).....	41
Figure III.4 :	Photo contrôle de débit avec la vanne batardeau.....	41
Figure III.5 :	Photo de Dégrilleur.....	42
Figure III.6 :	La photo montre la lame déversant des huiles.....	43

Figure III.7 : Photo de Dessableur-Deshuileur.....	44
Figure III.8 : Photo de l'arrivée de liqueur mixte recyclée du clarificateur	45
Figure III.9 : Photo de bassin sélecteur.	45
Figure III.10 : Photo des deux entailles rectangulaire ouvertes.....	45
Figure III.11 : Photo des deux bassins de premier et deuxième étage type A.....	46
Figure III.12 : Photo de bassin d'aération secondaire A2 vide avec les diffuseurs d'air submergés et les grilles d'entrée du clarificateur.....	47
Figure III.13 : Photo de clarificateur ClarActor.....	48
Figure III.14 : Vue du bassin de digestion avec sa lame déversant vers le bassin d'aération secondaire B2.....	49
Figure III.15: Photo de la lame déversante retour de surnageant.	50
Figure III.16: Digesteur aérobic évidé.	50
Figure III.17: Photo de lit de séchage.....	50
Figure III.18 : Photo du bassin de désinfection.....	51
Figure IV.1 : Prélèvement au bassin d'aération à gauche, et à la sortie à droite.....	52
Figure IV.2 : Photo de laboratoire de la station de AIN TOLBA.....	53
Figure IV.3 : Colorimètre.	55
Figure IV.4: Cellule de mesure.	55
Figure IV.5: DBOmètre BODTrak II.....	55
Figure IV.6: Bouteille de DBOmètre.....	55
Figure IV.7: Photo du Thermostat DRB200.....	56
Figure IV.8: Photo de l'Ultramètre II.....	57
Figure IV.9 : Photo de l'Ultramètre HQ 30D.....	57
Figure IV.10 : Photo de la cellule d'échantillon qui indique la présence de nitrate.....	61
Figure IV.11 : Photo indiquant de la présence de nitrite dans l'échantillon.....	61
Figure IV.12 : Photo qui indique la présence du phosphore dans l'échantillon.....	62
Figure IV.13 : Photo des flacons après 2h de chauffage.....	64
Figure IV.14 : L'ensemble des bouteilles sur le châssis dans l'incubateur.....	65
Figure IV.15 : Principaux étapes d'analyses de MES filtration à vide séchage et pesé.....	66
Figure IV.16 : Photo qui montre le teste de décantation avec le Cône Imhof et minuterie...	67
Figure IV.17 : Calibrage de l'appareil avec solution TDS.....	68
Figure IV.18 : Calibrage de l'appareil avec solution pH.....	68



Figure IV.19 : Mesure d'oxygène dissous dans le bassin d'aération avec le multimètre.....69

Figure V.1 : Variation de la moyenne mensuelle du pH à l'entrée et à la sortie de la STEP (période d'Octobre 2010 à Décembre 2012).....74

Figure V.2 : Variation de la moyenne mensuelle de potentiel hydraulique pH de STEP (période de Janvier 2013 jusqu'à mars 2015).....74

Figure V.3 : Variation journalière du pH à l'entrée et à la sortie (période 2016-2017).....74

Figure V.4 : Variation de la moyenne mensuelle de la température (période d'Octobre 2010 à Décembre 2012).....75

Figure V.5 : Variation de la moyenne mensuelle de la température (période de janvier 2013 à mars 2015).....76

Figure V.6 : Variation journalière de la température °C (période 2016-2017).....76

Figure V.7 : Variations de la moyenne mensuelle de la DBO₅ (période d'Octobre 2010 à Décembre 2012).....77

Figure V.8 : Variations de la moyenne mensuelle de la DBO₅ (Janvier 2013 à Mars 2015).77

Figure V.9 : Variation journalière de la DBO₅ (2016-2017).....78

Figure V.10 : Variation de la moyenne mensuelle de la DCO (période d'Octobre 2010 à Décembre 2012).....79

Figure V.11 : Variation de la moyenne mensuelle de la DCO (période de janvier 2013 à Mars 2015).....79

Figure V.12 : Variation de la moyenne mensuelle de matière en suspension MES a l'entrée et à la sortie durant la période d'Octobre 2010 à Décembre 2012.....80

Figure V.13 : Variation de la moyenne mensuelle de matière en suspension MES a l'entrée et à la sortie durant la période de janvier 2013 à mars 2015.....80

Figure V.14 : Les variations de la moyenne mensuelle de la teneur en azote ammoniacal durant la période d'octobre 2010 à décembre 2012.....81

Figure V.15 : Les variations de la moyenne mensuelle de la teneur en azote ammoniacal durant la période de janvier 2013 à mars 2015.....82

Figure V.16 : Les variations journalières de la teneur d'Azote ammoniacal présent dans les mois indiqués durant cette période de 2016-2017.....82

Figure V.17 : Variation de la concentration moyenne mensuelle de Nitrite à l'entrée et à la sortie de la station (Octobre 2010- Décembre 2012).....83

Figure V.18 : la variation mensuelle de la concentration en Nitrite enregistrée à l'entrée et la sortie de la STEP (janvier 2013-mars 2015).....	83
Figure V.19 : Variation de la concentration journalière de la teneur en Nitrite à la sortie-entrée de la station prise chaque mois mentionnés sur la période (2016-2017).....	83
Figure V.20 : Variation moyenne mensuelle de Nitrate (2010-2012).....	84
Figure V.21 : Variation moyenne mensuelle de NO_3^- (janvier 2013 à mars 2015).....	85
Figure V.22 : Variations mensuelles d'Ortho phosphate (octobre 2010 à décembre 2012)...	85
Figure V.23 : Variations mensuelles d'Orthophosphate (janvier 2013- mars 2015).....	86
Figure V.24 : Variation journalière de la concentration d'Ortho phosphate (2016-2017)...	86
Figure V.25 : Variations des moyennes mensuelles du pH (octobre 2010-décembre2012)...	87
Figure V.26 : Variations de la moyenne mensuelle du pH (janvier 2013-mars 2015).....	88
Figure V.27 : Variations du pH journalier prise chaque mois motionné durant la période (2016-2017).....	88
Figure V.28 : Variations moyenne mensuelle d'Oxygène dissout dans cette période.....	89
Figure V.29 : Variations moyenne mensuelle d'Oxygène dissout dans cette période.....	89
Figure V.30 : Variations moyenne mensuelles des matières en suspension dans le bassin d'aération primaire Octobre2010- Décembre 2012).....	90
Figure V.31 : Variations moyenne mensuelle des matières en suspension dans le bassin d'aération primaire (Janvier 2013 à Mars 2015).....	91
Figure V.32 : Variations mensuelle d'indice de volume des boues (2010- 2012).....	91
Figure V.33 : Variations mensuelle d'indice de volume des boues (Janvier 2013-Mars 2015).....	92
Figure V.34 : Volume des boues après 30 min analysés dans le bassin d'aération primaire (Octobre 2010-Décembre 2012).....	92
Figure V.35 : Variations de la moyennes mensuelles de Volume des boues après 30 min analysés dans le bassin d'aération primaire (Janvier 2013-Mars 2015).....	93
Figure V.36 : La photo de surpresseur d'air chargé d'eau.	95
Figure V.37 : Photo qui indique la source du problème qui affecte la partie électrique qui commande les vannes pneumatique.....	95
Figure V.38 : Photo de tableau de commande de la station.....	96

LISTE DES ABREVIATIONS

BA1	: Bassin d'aération primaire.
BA2	: Bassin d'aération secondaire.
CAH	: Capots d'aspiration hydraulique.
Cm	: Charge massique (kg DBO ₅ / Kg MVS.j).
COND	: La conductivité.
COT	: Carbone organique total.
Cv	: Charge volumique (kg DBO ₅ /m ³ .j).
DBO₅	: Demande Biochimique en oxygène pendant 5 jours (mg/l).
DCO	: Demande Chimique en oxygène (mg/l).
DO	: L'oxygène dissous (mg/l).
E. coli	: L'Escherichia coli.
EH	: Equivalent Habitant.
IVB	: Indice de volume des boues.
MESLM	: Matières en suspension dans la liqueur mixte (mg/l).
MO	: Matière organique.
N₂	: Azote élémentaire.
NH₄⁺	: Azote ammoniacal (mg/l).
NO₂	: Nitrite (mg/l).
NO₃	: Nitrate (mg/l).
N-org	: Azote Organique.
NTK	: Azote total Kjeldahl.
pH	: Potentiel hydraulique.
PO₃₋₄	: Ogranophosphate (mg/l).
RBA	: Extraction de déchets de boues activées (WAS).
RBA	: Retour de boues activées vers le clarificateur (RAS).
SR	: Diffuseur d'air avec accès coulissant « Slide Rail ».
T °C	: La température en Degré Celsius.
Ts	: Temps de séjour.
VB30	: Volume des boues décanté à 30 min (ml).

(Introduction générale)

Introduction générale

L'eau ne peut être considérée comme un simple produit commercial, elle doit être classée comme un patrimoine universel qui doit être protégé, défendu et traité comme tels. En Algérie l'eau se fait sentir de plus en plus rare et de moins en moins renouvelable. Elle fait actuellement l'objet d'une exploitation concurrentielle entre les besoins de la population, ceux de l'agriculture et de l'industrie [1].

Aujourd'hui notre pays se trouve parmi les pays les plus déficitaires en eau. Cela revient d'une part à son appartenance de la quasi-totalité de son territoire à la zone géographiquement désertique, d'autre part cette pénurie d'eau est due principalement à la baisse régulière du volume des précipitations dans les dernières décennies [2].

Pour tout développement économique, social et même culturel de notre pays, et dans un souci d'une meilleure maîtrise des différents aspects du manque d'eau, et en particulier dans le secteur de l'agriculture qui consomme environ **70%** des eaux mobilisées annuellement, l'Algérie a adopté un programme riche dans le cadre du traitement des eaux usées [3]. Le volume d'eaux usées rejetées à l'échelle nationale est estimé actuellement à près de **750** Millions de m³ et dépassera **1,5** Milliard de m³ à l'horizon **2020**, pour prendre en charge l'épuration de ce potentiel d'eaux usées, le secteur des ressources en eau a engagé un programme ambitieux en matière de réalisation d'installation d'épuration [4].

Durant l'année **2016**, les **136** stations d'épuration actuellement sont en exploitation par l'ONA (**63** stations à boues activées, **70** stations de lagunage et **03** filtres plantés), qui ont assuré le traitement de plus de **207** millions de mètres cubes d'eaux usées. La capacité globale installée de ces **136** stations est de **9 064 753** Equivalent-habitants ; soit un débit nominal moyen de **1 390 295** m³ /j [5].

Les procédés d'épuration les plus utilisés dans le monde pour éliminer la pollution organique sont: le lagunage, les lits bactériens et le procédé à boues activées qui est largement répondu en Algérie (**63** stations à boues activées). Notre pays s'est investi dans de nouvelles technologies d'épuration des eaux usées tels que le procédé d'oxydation alternée, le cas de la station de la commune de AIN TOLBA située dans la wilaya de AIN TEMOUCHENT, qui fonctionne avec ce système et quatre autres situées sur le territoire national.

L'objectif de ce travail consiste à évaluer les performances épuratoires de la station d'épuration de AIN TOLBA qui fonctionne avec le procédé d'Oxydation Alternée conçu par Aero-Mod, en analysant des paramètres de pollution de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP ainsi, d'autres au niveau du traitement biologique. Les paramètres ciblés sont : DBO₅, DCO, MES, l'oxygène dissous, les matières azotées, Orthophosphate, pH, la température, l'indice de boue et VB30.

Pour arriver à cet objectif, nous avons structuré notre travail comme suit :

- Le premier chapitre traite les généralités sur les eaux usées.
- Le deuxième chapitre présentera le procédé d'oxydation alternée par la technologie d'Aero-Mod.
- Le troisième chapitre est consacré à la description de la station d'épuration de AIN TOLBA.
- Dans le quatrième chapitre, on donnera le matériel et les méthodes d'analyse utilisées dans cette étude.
- Dans le cinquième chapitre, on présentera tous les résultats de traitement obtenus ainsi que leurs interprétations.

En fin de ce travail, une conclusion générale est donnée.

Chapitre I

Généralités sur les eaux usées

I.1. Introduction

Les eaux résiduaires urbaines (ou eaux usées), sont des eaux chargées de polluants, solubles ou non, provenant essentiellement de l'activité humaine. Une eau usée est généralement un mélange de matières polluantes, dispersées ou dissoutes dans l'eau qui a servi aux besoins domestiques ou industriel [6]. Le rejet direct des eaux usées dans le milieu naturel perturbe l'équilibre aquatique en transformant le milieu accepteur en égouts. Cette pollution peut aller jusqu'à la disparition de toute vie. Pour cela, il faut épurer et retirer des eaux usées un maximum de déchets, avant de les rejeter dans l'environnement, pour que leur incidence sur la qualité de l'eau en tant que milieu naturel aquatique, soit la plus faible possible et la moins affectante.

Ce chapitre a pour objectif de donner une idée sur les origines et la pollution des eaux usées, leurs caractéristiques, ainsi que les différentes techniques et procédés utilisées pour leurs épurations [7].

I.2. Les eaux usées

L'eau usée est une eau qui a été utilisée pour des usages domestiques ou industriels et qui doit être traitée avant d'être réintroduite vers d'autres sources d'eaux pour éviter toute sorte de conséquences dangereuses qui pourra affecter le milieu récepteur [8].

I.3. Origines des eaux usées

Les rejets des eaux usées sont de diverses origines ils peuvent être classés comme suit:

I.3.1. Les eaux usées d'origine domestique

Elles proviennent des différents usages domestiques de l'eau. Elles sont essentiellement porteuses de pollution organique. Elles se répartissent en eaux ménagères, qui ont pour origine les salles de bains et les cuisines (généralement chargées de détergents, de graisses, de solvants, de débris organiques, etc.,) et les eaux de vannes qui sont les rejets des toilettes, chargés de diverses matières organiques azotées et de germes fécaux [9].

I.3.2. Les eaux usées d'origine agricole

Ce sont des eaux qui ont été polluées par des substances utilisées dans le domaine agricole. Dans le contexte d'une agriculture performante et intensive, sachant que l'agriculteur est conduit à utiliser divers produits d'origine industrielle ou agricole dont certains présentent ou peuvent présenter des risques pour l'environnement et plus particulièrement pour la qualité des eaux. Il s'agit principalement:

- Des fertilisants (engrais minéraux du commerce ou déjections animales produites ou non sur l'exploitation);
- Des produits phytosanitaires (herbicides, fongicides, insecticides,...) [10].

I.3.3. Les eaux usées d'origine industrielles

Tous les rejets résultant d'une utilisation de l'eau autre que domestique sont qualifiés de rejets industriels. Cette définition concerne les rejets des usines, mais aussi les rejets d'activités artisanales ou commerciales: blanchisserie, restaurant, laboratoire d'analyses médicales, etc. La variété des eaux usées industrielles est très grande. Certains de ces eaux sont toxiques pour la flore et la faune aquatiques, ainsi que pour l'homme [11].

I.3.4. Les eaux usées d'origine pluviales

Elles sont issues du ruissellement de l'eau de pluie, et peuvent provoquer des pollutions importantes des cours d'eau. L'eau de pluie englobe les impuretés de l'air et ruisselle sur des surfaces terrestres contenant des résidus d'hydrocarbures, de métaux lourds, d'huiles...etc. [12].

I.4. Pollution des eaux usées

La pollution ou la contamination de l'eau peut être définie comme la dégradation de celle-ci en modifiant ses propriétés physiques, chimiques et biologiques; par des déversements, rejets, dépôts directs ou indirects de corps étrangers ou de matières indésirables telles que les micro-organismes, les produits toxiques, les déchets industriels [13].

Selon leurs natures on distingue divers types de pollution:

I.4.1. Pollution minérale

Elle est constituée essentiellement des métaux lourds en provenance des industries métallurgiques et de traitement de minerais (plomb, du cuivre, du fer, du zinc et du mercure...etc.) [14].

I.4.2. Pollution microbiologique

Les eaux usées contiennent tous les micro-organismes excrétés avec les matières fécales. Cette flore entérique normale est accompagnée d'organismes pathogènes.

L'ensemble de ces organismes peut être classé en quatre grands groupes, par ordre croissant de taille : les virus, les bactéries, les protozoaires et les helminthes [15].

I.4.3. Pollution chimique

Elle résulte des rejets chimiques essentiellement d'origine industrielle. La pollution chimique des eaux est regroupée en deux catégories :

- Organiques (hydrocarbures, pesticides, détergents, phénols..);
- Minérales (métaux lourds, cyanure, azote, phosphore...) [16].

I.4.4. Pollution physique

Résultat de la présence dans l'eau de particules ou de déchets capables de colmater le lit d'un cours d'eau (cas des eaux provenant par exemple des mines, d'usines de défilage de bois, de tanneries) [17].

I.4.5. Pollution par le phosphore

Le phosphore a pour origine, les industries du traitement de surfaces des métaux, les laveries industrielles, des fabrications d'engrais agroalimentaire [18]. Comme l'azote, le phosphore est un élément nutritif, il est à l'origine du phénomène d'eutrophisation c'est-à-dire la prolifération excessive d'algues et de plancton dans les milieux aquatiques [19].

I.4.6. Pollution par l'azote

Les activités industrielles peuvent être à l'origine des rejets plus ou moins riches en azote (élément nutritif) issu des fabrications d'engrais, des cokeries, des industries chimiques et agroalimentaires [19].

I.5. Paramètres de pollution des eaux usées

I.5.1. Paramètres organoleptiques

a. Couleur

La couleur des eaux résiduaires industrielles est en général grise, signe de présence de matières organiques dissoutes, de MES, du fer ferrique précipité à l'état d'hydroxyde, du fer ferreux lié à des complexes organiques et de divers colloïdes.



b. Odeur

Les eaux résiduaires industrielles se caractérisent par une odeur, significative d'une pollution qui est due à la présence de matières organiques en décomposition [20].

I.5.2. Paramètres physicochimiques

I.5.2.1. Température

Il est primordial de connaître la température d'une eau. En effet, elle joue un rôle très important dans la solubilité des sels, surtout des gaz, et la détermination du pH. Donc cette grandeur physique permet de déceler les conditions extrêmes préjudiciables au bon fonctionnement du processus biologique [21].

I.5.2.2. pH

Le pH est la mesure du caractère acide ($1 < \text{pH} < 7$) ou basique ($7 < \text{pH} < 14$) des eaux usées. En général, l'activité biologique se situe entre 6.5 et 8 unités de pH. En dehors de cet intervalle, le pH affecte la vie aquatique et par conséquent influence l'autoépuration du milieu naturel [22].

I.5.2.3. Matières en suspension (MES)

C'est 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 de l'activité photosynthétique et une chute de la productivité du phytoplancton [23].

I.5.2.4. Demande biochimique en oxygène (DBO)

La demande biologique en oxygène est par définition la quantité d'oxygène nécessaire aux microorganismes vivants pour assurer l'oxydation et 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. Par convention, la DBO_5 est la valeur obtenue après cinq jours d'incubation [23].

I.5.2.5. Demande chimique en oxygène (DCO)

La DCO représente la quantité de matières organiques oxydables par voie chimique. Le rapport DBO/DCO peut donner une idée de la biodégradabilité de l'effluent. La DBO et la DCO sont deux moyens d'apprécier la teneur en matières organiques oxydables.

La dégradation de celles-ci dans le milieu naturel s'accompagne d'une consommation d'oxygène et peut entraîner un abaissement excessif de la concentration d'oxygène dissous [24].

I.5.2.6. Matières azotées

L'azote existe dans les eaux usées sous plusieurs formes. Les principaux types d'azote sujets de préoccupation pour le traitement des eaux usées sont: l'azote total (TN), l'azote Total **Kejeldahl** (NTK), l'ammoniac (NH_3), l'azote organique (N-org), les nitrates (NO_3^-) et les nitrites (NO_2^-). Les concentrations de ces paramètres sont exprimées en mg/l. L'azote total **Kejeldahl** (NTK) est la somme de l'azote ammoniacal et d'azote lié organiquement, mais n'inclut pas l'azote des nitrates ou des nitrites.

$$\text{NTK} = \text{NH}_3 + \text{org-N} \quad (1)$$

L'azote total (NT) est la somme de l'azote des nitrates (NO_3^-), des nitrites (NO_2^-), l'azote ammoniacal ($\text{NH}_3\text{-N}$) et l'azote lié organiquement [25].

$$\text{NT} = \text{NTK} + \text{NO}_3 + \text{NO}_2 \quad (2)$$

I.5.2.7. Matières phosphatées

Le phosphore se présente dans les eaux usées en trois fractions :

- Orthophosphate inorganique dissous ;
- Composés de phosphore organiques dissous ;
- Phosphore particulaire (lié dans la biomasse ou fixé sur des particules) ;

Dont la somme donne la teneur totale en phosphore [26].

I.5.2.8. Oxygène dissous

C'est la concentration d'oxygène gazeux qui se trouve à l'état dissous dans une eau. L'oxygène dissous disponible est limité par la solubilité de l'oxygène (max 9 mg/l à 20°C) qui décroît avec la température et la présence de polluants dans l'eau. Une faible teneur en oxygène dissous est synonyme d'une forte charge polluante ou d'une température élevée de l'eau. Paramètre important de l'écologie des milieux aquatiques, il est essentiel pour la respiration des organismes hétérotrophes et il est exprimé en mg/l [27].

I.5.2.9. Conductivité

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. La plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau [28].

I.5.2.10. Turbidité

La turbidité représente l'opacité d'un milieu trouble. C'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matière non dissoutes. Elle est causée, dans les eaux, par la

présence des matières en suspension (MES) fines, comme les argiles, les grains de silice et les micro-organismes. Une faible part de la turbidité peut être due également à la présence des matières colloïdales d'origine organiques ou minérale [28].

I.5.2.11. Carbone Organique Total (COT)

Critère de pollution organique mesurant tous les composés organiques fixés ou volatils présents dans les eaux résiduaires : cellulose, huiles, sucres, suie, etc. Les éléments carbonés sont oxydés à 950°C en présence de catalyseurs. Le CO₂ qui se forme est dosé dans un analyseur infra rouge. Les résultats sont exprimés en milligramme de carbone par litre d'eau ou en équivalent oxygène obtenues en multipliant la concentration en carbone par 2,66 [29].

I.5.3. Paramètres microbiologiques

La plupart des micro-organismes connus par les microbiologistes peuvent être trouvés dans les eaux usées. On y rencontre les protozoaires, les helminthes, les virus, les coliformes et les streptocoques.

I.5.3.1. Protozoaires

Les protozoaires sont des organismes unicellulaires munis d'un noyau, plus complexes et plus gros que les bactéries. Les protozoaires pathogènes sont des organismes parasites, c'est-à-dire qu'ils se développent aux dépens de leur hôte. Certains protozoaires adoptent au cours de leur cycle de vie une forme de résistance, appelée kyste. Cette forme peut résister généralement aux procédés de traitements des eaux usées [30].

I.5.3.2. Les helminthes

Les helminthes sont des parasites intestinaux, fréquemment rencontrés dans les eaux résiduaires. Dans les eaux usées urbaines, le nombre d'œufs d'helminthes peut être évalué entre 10 et 10000 germes/l. Le dénombrement des helminthes dans les eaux usées traitées est d'une importance capitale, en particulier lorsque l'on souhaite réutiliser ces eaux dans des usages agricoles [31].

I.5.3.3. Virus

Les virus se trouvent dans les eaux résiduaires à des concentrations de l'ordre de milliers d'unités infectieuses par millilitre d'eau. Parmi les infections virales d'origine hydrique, on trouve la poliomyélite, également on peut citer l'hépatite A [32].

I.5.3.4. Coliformes Totaux

Les coliformes totaux constituent un groupe de bactéries que l'on retrouve fréquemment dans l'environnement, par exemple dans le sol ou la végétation, ainsi que dans les intestins des mammifères, dont les êtres humains. Les coliformes totaux n'entraînent en général aucune maladie, mais leur présence indique qu'une source d'approvisionnement en eau peut être contaminée par des micro-organismes plus nuisibles [33].

I.5.3.5. Les coliformes fécaux

Les coliformes fécaux, ou coliformes thermotolérants, sont un sous-groupe des coliformes totaux capables de fermenter le lactose à une température de 44,5 °C. L'espèce la plus fréquemment associée à ce groupe bactérien est l'**Escherichia coli (E. coli)** et, dans une moindre mesure, certaines espèces des genres **Citrobacter**, **Enterobacter** et **Klebsiella** [34].

I.5.3.6. Les streptocoques fécaux

Les streptocoques sont des coques gram positif, a sporulées généralement groupées en paires ou surtout en chaîne de longueurs variables, généralement immobiles. Ils sont catalase négatives, certains pédiocoques possèdent un pseudo catalase et peuvent apparaître catalase positives [35]. Ces germes colonisent l'intestin de l'homme et des animaux à sang chaud. Leurs présences dans les milieux hydriques provoquent une pollution d'origine fécale dans l'eau. Cependant on peut les trouver aussi dans le sol, les plantes, et les insectes [33].

I.6. Normes de rejet

I.6.1. Normes internationales

La norme est représentée par un chiffre qui fixe une limite supérieure à ne pas dépasser ou une limite inférieure à respecter. Elle est fixée par une loi, une directive ou un décret. Les normes internationales selon l'organisation mondiale de la santé respective pour les eaux usées sont indiquées sur le tableau **I.1** [32].

Tableau I.1 : Normes de rejets internationales [32].

Caractéristiques	Normes utilisées (OMS)
pH	6,5-8,5
DBO₅	< 30 mg/l
DCO	< 90 mg/l
MES	< 20 mg/l
NH₄⁺	< 0,5 mg/l
NO₂⁻	1 mg/l
NO₃⁻	< 1 mg/l
P₂O₅	< 2 mg/l
Température	< 30°C
Couleur	Incolore
Odeur	Inodore

I.6.2. Normes Algériennes de rejet des effluents

Le Décret exécutif n° 93-160 du 10 Juillet 1993, du Journal Officiel de la République Algérienne réglementant les rejets d'effluents liquides fixe les valeurs limites de ce rejet. Les valeurs guides sont consignées dans le tableau I.2.

Tableau I.2 : Valeurs limites des paramètres de rejet dans un milieu récepteur (Journal Officiel de la République Algérienne, 2006) [36].

Paramètres	Unités	Valeurs limites
Température	°C	30
pH	-	6,5 à 8,5
MES	mg/l	35
DBO₅	mg/l	35
Azote Kjeldahl	mg/l	30
Phosphates	mg/l	2
Phosphore total	mg/l	10
Cyanures	mg/l	0,1
Aluminium	mg/l	3
Cadmium	mg/l	0,2
Fer	mg/l	3
Manganèse	mg/l	1

Tableau I.2 : Valeurs limites des paramètres de rejet dans un milieu récepteur (Journal Officiel de la République Algérienne, 2006) [36]. (suite)

Mercure total	mg/l	0,01
Nickel total	mg/l	0,5
Plomb total	mg/l	0,5
Cuivre total	mg/l	0,5
Zinc total	mg/l	3
Huiles et Graisses	mg/l	20
Hydrocarbures totaux	mg/l	10
Indice Phénols	mg/l	0,3
Fluor et composés	mg/l	15
Composés organiques chlorés	mg/l	5
Chrome total	mg/l	0,5
Chrome III⁺	mg/l	3
Chrome VI⁺	mg/l	0,1
Solvants organiques	mg/l	20
Chlore actif	mg/l	1,0
Détergents	mg/l	2
Tensioactifs anioniques	mg/l	10

I.7. Nécessité de l'épuration des eaux usées

Avant que les eaux usées soient rejetées dans le milieu naturel, elles doivent impérativement obéir à des normes établies pour protéger les milieux récepteurs contre tout type pollution. Pour cela, elles sont acheminées vers une station d'épuration ou elles subissent plusieurs phases de traitement en fonction du flux de leur charge polluante et de la sensibilité du milieu aquatique récepteur.

I.8. Etapes de traitement des eaux usées

La dépollution des eaux usées nécessite une succession d'étapes faisant appel à des traitements physiques, physico-chimiques et biologiques. En dehors des plus gros déchets présents dans les eaux usées, l'épuration doit permettre au minimum d'éliminer la majeure partie de la pollution carbonée. Une station d'épuration rassemble une succession de procédés qui permettent petit à petit de purifier l'eau.

On y trouve les étapes suivantes :

- **Le pré traitement** et le **traitement primaire** qui comprends le dégrillage (qui élimine les déchets volumineux), le dessablage (qui permet d'extraire les sables), le déshuilage (qui débarrasse l'eau de ses corps gras) et la décantation primaire ou la boue est récupérée au fond du bassin [37].
- **Le traitement secondaire** se fait le plus souvent de manière « biologique », mais une voie « physico-chimique » peut la remplacer ou s'y ajouter. Le traitement physico-chimique permet une meilleure coagulation des boues et favorise notamment la fixation des phosphates provenant des engrais ou des activités agricoles. Le traitement secondaire comprend l'oxygénation (de l'oxygène est inséré dans l'eau pour la défaire des substances grasses restantes) et la décantation secondaire (qui permet d'extraire une deuxième quantité de boue).
- **Le traitement des boues** s'effectue parallèlement aux traitements de l'eau (avec la boue récoltée dans les bassins de décantation et durant la clarification) [38].

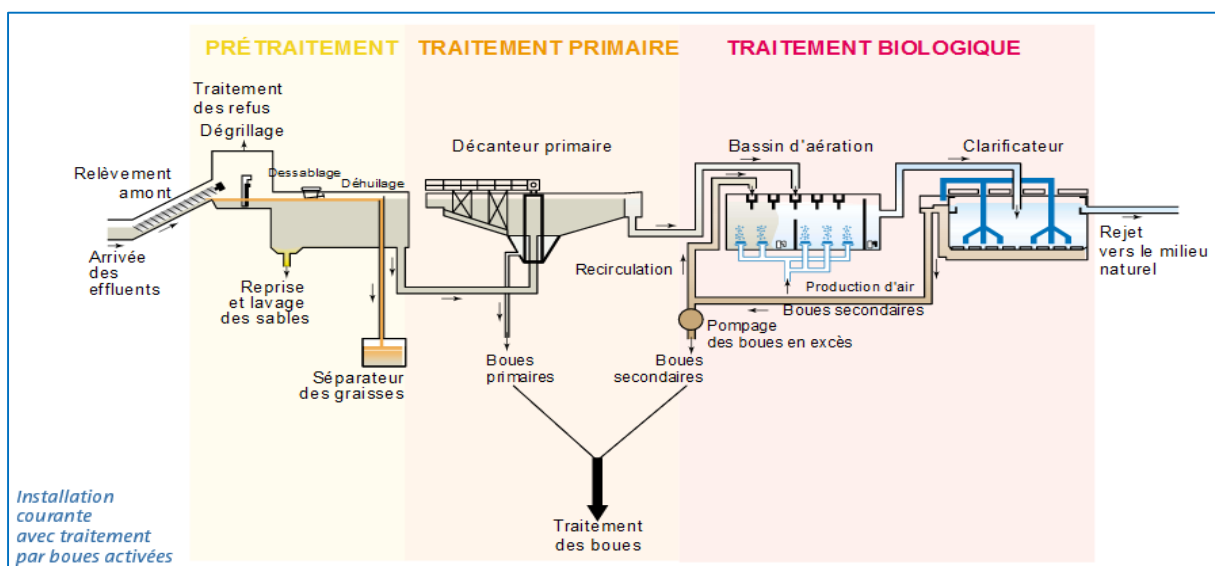


Figure I.1 : Schéma des étapes de traitement des eaux usées [39].

I.8.1. Les prétraitements

I.8.1.1. Le dégrillage

À l'arrivée à la station d'épuration, les eaux résiduaires brutes doivent subir un dégrillage, permettant de séparer et d'évacuer les matières volumineuses qui pourraient nuire à l'efficacité des traitements suivants ou en compliquer l'exécution, et amener des risques de bouchage dans les différentes unités de l'installation.

La qualité de l'opération peut être définie de la façon suivante :

- Pré dégrillage : pour grille à barreaux espacés de 30 à 100 mm ;
- Dégrillage moyen : pour grille à barreaux espacés de 10 à 25 mm ;
- Dégrillage fin : pour grille à barreaux espacés de 3 à 10 mm ;
- Tamisage : pour tamis à orifices de 0,3 à 5 mm.

Les grilles manuelles sont réservées aux très petites installations, la grille fortement inclinée (angle de 60° à 80° sur l'horizontale) et munie d'un by-pass destiné à éviter le débordement. Dès que la station dépasse les 5000 habitants, on doit doter l'installation de traitement de grille mécanique [40].



Figure I.2 : Photo d'un dégrilleur automatique vertical [41].

I.8.1.2. Le dessablage

Le dessablage a pour but d'extraire des eaux brutes les graviers, les sables et les particules minérales plus ou moins fines, de façon à éviter les dépôts dans les canaux et conduites, à protéger les pompes et autres appareils contre l'abrasion et à éviter de surcharger les stades de traitements suivants. L'écoulement de l'eau, à une vitesse réduite, dans un bassin appelé "dessableur" entraîne leur dépôt au fond de l'ouvrage.

Les sables récupérés, par aspiration, sont ensuite essorés, puis lavés avant d'être soit envoyés en décharge, soit réutilisés selon la qualité du lavage [42].



Figure I.3 : Photo d'un dessableur rectangulaire [43].

I.8.1.3. Le dégraissage - déshuilage

Le déshuilage est une opération de séparation liquide-liquide, alors que le dégraissage est une opération de séparation solide-liquide (à la condition que la température de l'eau soit suffisamment basse, pour permettre le figeage des graisses). Ces deux procédés visent à éliminer la présence des corps gras dans les eaux usées, qui peuvent gêner l'efficacité du traitement biologique qui intervient en suite [44].



Figure I.4 : Photo d'un bassin de dessablage – dégraissage [45].

I.8.2. Le traitement primaire

Le traitement s'effectue par voie physico-chimique pour but d'extraire le maximum de matières en suspension et de matières organiques facilement décantables. Trois voies de traitement sont possibles :

- **La décantation (processus physique)**: le principe de séparation solide-liquide est la pesanteur, les matières en suspension ou colloïdales tendent à se séparer du liquide par sédimentation;
- **La flottation (processus physique)** : par opposition à la décantation, la flottation est un procédé de séparation solide-liquide ou liquide-liquide qui s'applique à des particules dont la masse volumique réelle ou apparente (flottation assistée) est inférieure à celle du liquide qui les contient ;
- **La décantation associée à l'utilisation d'un coagulant- flocculant (voie physico-chimique)** : le principe ici est de favoriser l'agrégation des molécules en suspension grâce aux techniques de coagulation et de floculation de façon à augmenter la sédimentation grâce à l'obtention de floes plus gros.

Durant la phase de traitement primaire une quantité importante de la pollution totale est éliminée (abattement des Matières En Suspension pouvant atteindre 90 %, et de la demande biochimique en oxygène de l'ordre de 35 %. La DCO et la concentration en azote peuvent également être réduits durant cette phase de traitement. Les matières solides extraites représentent ce que l'on appelle les boues primaires [46].

I.8.3. Le traitement secondaire

Ce traitement a pour objectif principal l'élimination des composés solubles d'origine organique. Parallèlement, la floculation de la biomasse permet de piéger les matières en suspension restant à l'issue du traitement primaire. Le principe de ce traitement est de mettre en contact la matière organique contenue dans les eaux usées avec une population bactérienne. Celle-ci assimile alors la matière organique pour son propre développement. Ces dispositifs permettent d'intensifier et de localiser sur des surfaces réduites les phénomènes de transformation et de dégradation des matières organiques tels qu'ils se produisent en milieu naturel. Ils sont la reconstitution d'un écosystème simplifié et sélectionné faisant intervenir une microfaune de bactéries, de protozoaires et de métazoaires [47].

I.8.4. Les traitements tertiaires

Les traitements tertiaires regroupent tous les traitements complémentaires visant à affiner la qualité de l'effluent ayant subis les traitements physiques, physico-chimiques et biologiques. Leurs utilisations s'imposent lorsque la nature des milieux récepteurs recevant l'eau dépolluée l'exige :

- Les zones sujettes aux phénomènes d'eutrophisation ;
- Les eaux de baignade ;
- Besoins agricoles;
- Recharge de nappes aquifères ;
- Pisciculture ;
- Usage domestique allant jusqu'à la consommation humaine.

Les traitements tertiaires englobent, principalement, l'élimination de l'azote, l'élimination du phosphore et la désinfection, mais aussi le traitement des odeurs [48].

I.8.5. Le traitement des boues

Les techniques actuelles d'épuration des eaux usées domestiques ou industrielles, ainsi que les seuils de rejet de plus en plus exigeants, et les quantités à traiter de plus en plus grandes entraînent au cours des différentes phases de traitement une importante production de boues. Les boues contiennent en général **95 %** à **98 %** d'eau. Les traitements imposés aux boues s'effectuent classiquement en différentes étapes : épaissement, digestion anaérobie, déshydratation, séchage et valorisation. La valorisation est soit agricole (épandage direct ou compostage), soit énergétique (incinération, digestion anaérobie) [47].

I.9. Le traitement biologique

I.9.1. Principe

Dans le traitement des [eaux industrielles](#) ou le traitement des [eaux domestiques](#), on utilise souvent les traitements biologiques afin d'éliminer les éléments organiques comme les graisses, sucres, protéines, etc. La dégradation de ces éléments organiques est assurée par des microorganismes (bactéries) qui consomment les matières organiques en présence d'oxygène (méthode aérobie) ou sans oxygène (méthode anaérobie). Ces traitements conçus à l'origine essentiellement pour l'élimination de la pollution carbonée et des matières en suspension,

ainsi pour poursuivre l'épuration de l'effluent provenant du décanteur primaire par voie biologique le plus souvent.

Les micro-organismes les plus actifs sont les bactéries qui conditionnent en fonction de leur modalité propre de développement, On distingue deux types de traitements :

I.9.1.1. Traitements anaérobies

Les traitements anaérobies font appel à des bactéries n'utilisant pas de l'oxygène, en particulier aux bactéries méthanogènes qui conduisent comme leur nom l'indique à la formation du méthane à partir de la matière organique et à un degré moindre de CO₂.

I.9.1.2. Traitements aérobies

Les micro-organismes utilisés exigent un apport permanent d'oxygène [48]. Deux Systèmes sont distingués, les systèmes intensifs et les systèmes extensifs.

I.9.2. Systèmes intensifs

Ils regroupent les systèmes à cultures fixes et ceux à cultures libres.

I.9.2.1. Systèmes à cultures fixes

Le principe consiste à faire ruisseler les eaux usées décantées sur des matériaux poreux recouverts d'un biofilm sur lequel se développent des cultures bactériennes. Ces cultures se nourrissent de la matière organique permettant ainsi l'élimination d'une fraction importante de la pollution. A partir de ce principe plusieurs variantes ont été développées parmi lesquelles :

- Les lits bactériens où le milieu support peut être une roche fragmentée en petits blocs ;
- Les disques biologiques ayant pour support des disques parallèles tournant à faible vitesse et qui sont immergés sur la moitié de leurs hauteurs [49].

a) Les lits bactériens

Le procédé lit bactérien ou filtre percolateur est un procédé d'épuration des eaux usées à lit fixe, dans lequel la biomasse n'est pas maintenue en suspension dans l'eau, mais forme un biofilm sur des surfaces de croissance. Ce biofilm transforme les composants organiques des eaux usées en milieu aérobie. Les matériaux de remplissage sont soit pierreux, soit en plastique et leur superficie varie par m³. Dans le cas de volumes d'eaux usées importants, les surfaces de croissance en plastique sont à préférer, étant donné leur plus grande porosité, ce qui permet aux lits bactériens d'être plus petits.

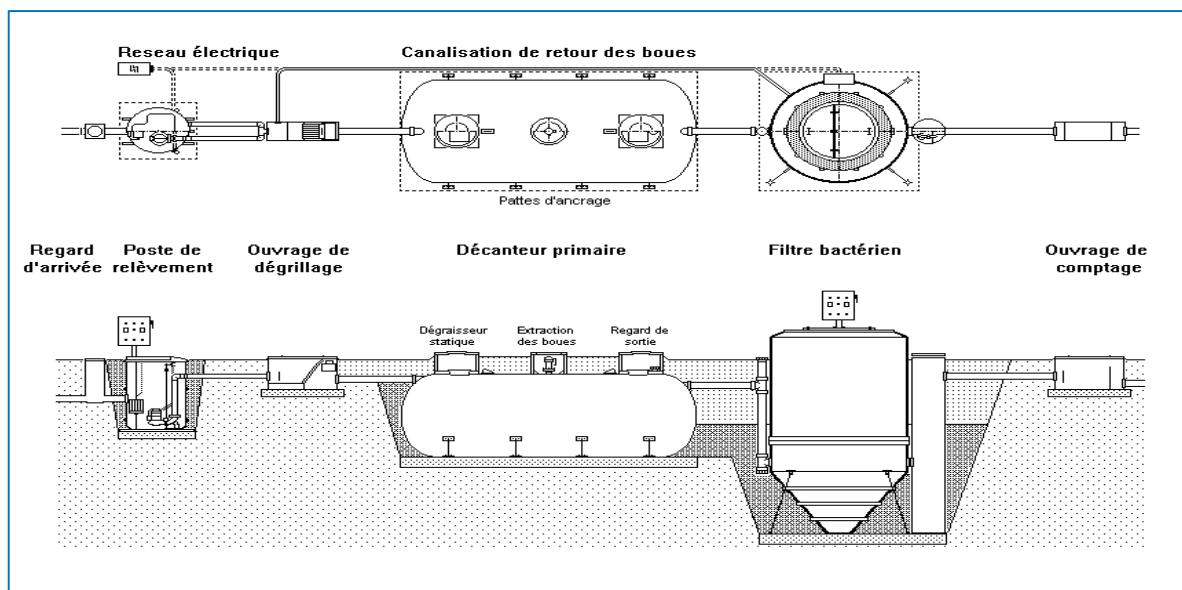


Figure I.5: Schéma de la configuration du procédé du lit bactérien [50].

Les matières polluantes contenues dans l'eau et l'oxygène de l'air diffusent, à contre-courant, à travers le film biologique jusqu'aux micro-organismes assimilateurs. Le film biologique comporte des bactéries aérobies à la surface et des bactéries anaérobies près du fond. Les sous-produits et le gaz carbonique produits par l'épuration s'évacuent dans les fluides liquides et gazeux [51].



Figure I.6: Photo d'un support et sprinklers pour lits bactériens [52].

b) Les biodisques

Système semi-immergé, le biodisque consiste en un assemblage de plusieurs disques, réalisés en matériau composite, montés et solidement fixés sur un arbre. L'arbre est mis en rotation lente par un motoréducteur, avec une vitesse comprise entre 1 et 6 rotations par minute, selon le diamètre des disques et les caractéristiques de l'effluent à traiter.

Le biodisque est en partie immergé (environ à 40-60%) dans l'effluent à épurer, lui-même contenu dans un réservoir. Son mouvement rotatif le met alternativement en contact avec l'oxygène de l'air. Une flore bactérienne, nourrie par le substrat contenu dans l'effluent, se forme à la surface des disques [53].

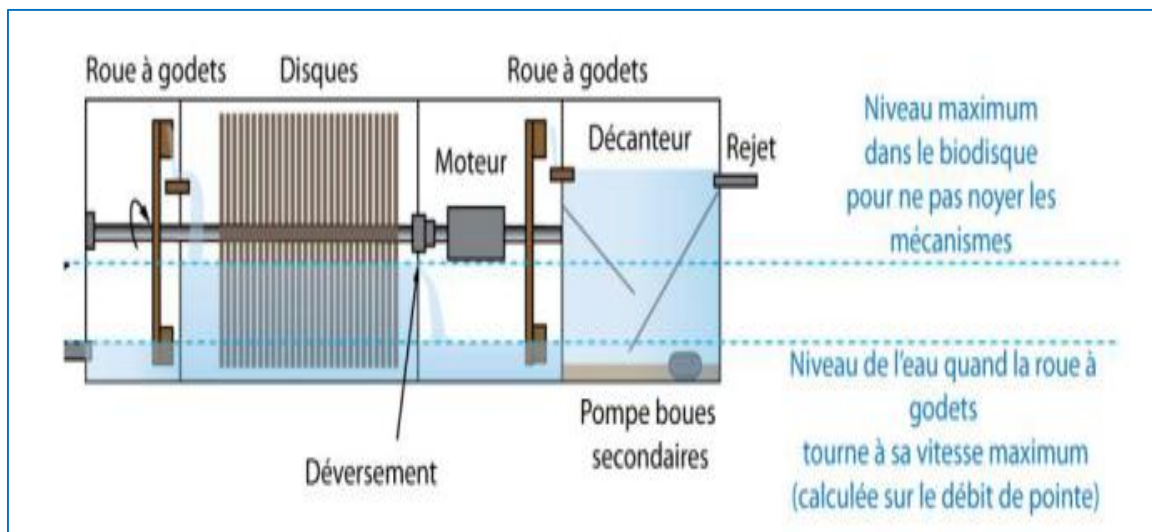


Figure I.7: Schéma de principe de fonctionnement des biodisques [54].



Figure I.8: Disque biologique ouvert [55].

I.9.2.2. Systèmes à cultures libres

- **Boues Activées**

Système à culture libre désignant aussi les systèmes à boues activées dont l'effluent biodégradable est mis en contact avec des amas biologiques floculés et maintenu en surface grâce à une agitation artificielle. Ces amas assurent la dégradation de la matière organique dans des conditions d'aérobie.

Après la décomposition de la matière organique, l'effluent passe ensuite à la seconde étape de traitement biologique, dans un bassin de décantation secondaire ou l'étape de clarification se réalise et les boues se séparent des eaux et se sédimentent au fond de clarificateur [56].

I.9.3. Système extensif

- **Le lagunage**

Le traitement par lagunage est constitué d'une série de bassins artificiels. On distingue le lagunage naturel et le lagunage aéré :

a) **Lagunage naturel**

Le lagunage est une technique d'épuration des eaux usées par voie naturelle. Dans les bassins de lagunage se développe tout un écosystème : les végétaux aquatiques servent de support et de nourriture à une faune nombreuse (oiseaux, amphibiens, insectes,...) qui contribuent à accroître la biodiversité du secteur. La profondeur des lagunes naturelles est faible de façon à permettre une pénétration suffisante de la lumière et éviter la croissance des macrophytes [57].

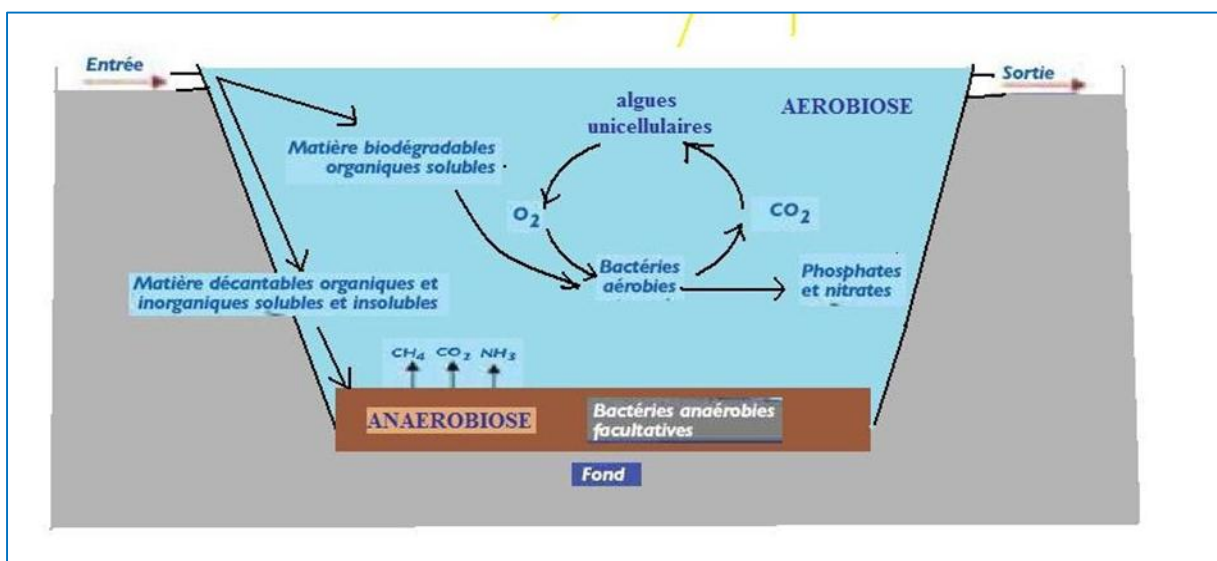


Figure I.9: Schéma de fonctionnement d'épuration par lagunage [58].

20

b) Lagunage aéré

Le lagunage aéré est composé de plusieurs bassins, dont le premier est équipé de dispositif d'aération artificiel qui fournit la majorité des besoins en Oxygène. Ces lagunes ont des profondeurs qui peuvent atteindre 2,5 à 3m implantées dans des grandes surfaces, ils comportent un mode d'aération mécanique tel que des turbines flottantes ou fixes, ou des systèmes d'insufflation d'air.



Figure I.10: Photo de bassins de lagunage aéré [59].

I.10. Conclusion

Les eaux usées contiennent de nombreux éléments polluants, provenant de la population, des activités commerciales, industrielles agricoles et des phénomènes naturels. Ces eaux usées se caractérisent par des paramètres physico-chimiques et bactériologiques, qui permettent de déterminer leur éventuelle origine et de connaître l'importance de leurs charges polluantes.

Avant qu'elles ne soient rejetées dans le milieu naturel et ne le dégradent, elles doivent impérativement obéir à des normes établies pour protéger les milieux récepteurs contre tous danger. Pour cela, les eaux usées sont acheminées vers une station d'épuration où elles subissent plusieurs phases de traitement qui nous permettra au final d'obtenir une eau épurée conformes aux exigences.

Chapitre II
Le procédé d'oxydation
Alternée, la technologie
d'Aero-Mod

II.1. Introduction

Les premiers procédés à boues activées ont été conçus par les Anglais Arden et Lockett à Manchester en 1913. Cette technique ne s'est pas développée immédiatement en Europe, mais les Etats-Unis l'ont utilisée dès 1918. Elle est réapparue en Europe après la guerre de 1939-1940. De constantes améliorations ont ensuite été apportées depuis les années 1980 car la pollution organique n'est plus la seule à être éliminée mais également les pollutions: azotée ou phosphorée [60], [61].

De ce fait, dans ce chapitre on parlera d'un nouveau concept issu et développé du procédé classique, il se repose sur une modification de ce dernier. L'eau usée traverse une installation qui se loge dans une configuration compacte, soumise à des conditions aérobie/anoxique, ce qu'il en résulte au final une élimination de la pollution organique, azotée comme phosphorée. On l'appelle aujourd'hui ce procédé d'épuration des eaux usées le traitement par Oxydation alternée.

II.2. Les boues activées

II.2.1. Principe de traitement par boues activées

C'est un traitement très largement utilisé dans le domaine d'épuration des eaux usées, il s'agit d'un réacteur qui contient les eaux à traiter dans lequel est injectée une boue chargée de bactéries. Les bactéries consomment la matière organique et contribuent à l'élimination de l'azote et du phosphate. A la sortie du réacteur l'effluent passe dans un clarificateur. La boue décantée est séparée en deux flux : l'un rejoint le réacteur (ensemencement) et l'autre est évacué vers la filière des boues. L'action des bactéries dans le réacteur nécessite de l'oxygène (milieu aéré) assuré par un dispositif spécifique (turbine, brosse, insufflation d'air) [62]. Cette filière est la plus commune en nombre de dispositifs. Elle permet d'obtenir de très bons rendements d'abattement de la matière organique biodégradable, les matières en suspension, l'azote et le phosphore [63].

II.2.2. Éléments d'une station à boues activées

Un procédé à boues activées visant à éliminer les matières organiques (pollution carbonée, parfois azotée et/ou phosphatée) comprend les éléments suivants :

A. Bassin d'aération :

Bassin d'aération, une à quatre phases sont réalisées dans ce bassin, selon le type et le niveau de traitement souhaité :

- Dans tous les cas, un bassin avec apport d'air (turbine ou diffusion de micro bulles) de manière à obtenir une teneur en oxygène dissous suffisante pour l'activité biologique afin de permettre l'élimination du carbone et si besoin, la nitrification des composés azotés ;
- Dans le cas du traitement de l'azote, une ou deux étapes anoxiques permettant de dénitrifier les composés azotés ;
- Dans le cas du traitement du phosphore par voie biologique, une étape anaérobie (généralement en amont de tous les autres bassins) ;
- Dans le cas du traitement de l'azote, une recirculation des boues mixtes du bassin aéré vers le 1^{er} bassin anoxique [64].

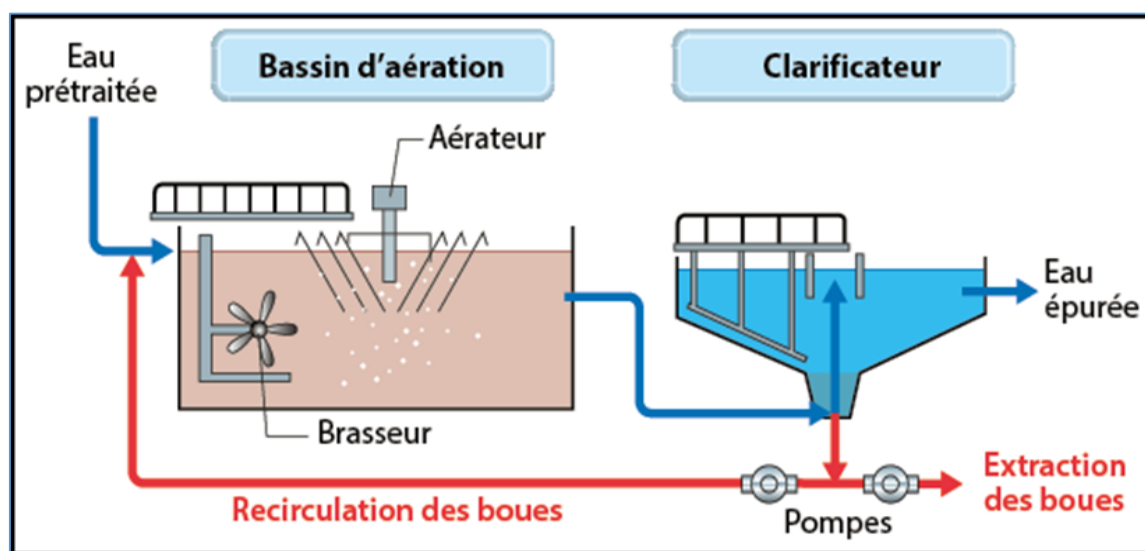


Figure II.1: Schéma des éléments d'une station à boues activées [65].

B. Le bassin de décantation secondaire (dit aussi clarificateur):

L'eau épurée est évacuée par «surverse » dans le milieu naturel (sauf traitement tertiaire). Les boues quant à elles, produites dans le premier bassin décantent naturellement et sont renvoyées en plus grande partie vers le bassin d'aération (recirculation), la partie excédentaire est dirigée vers un circuit de déshydratation ou un stockage spécifique.



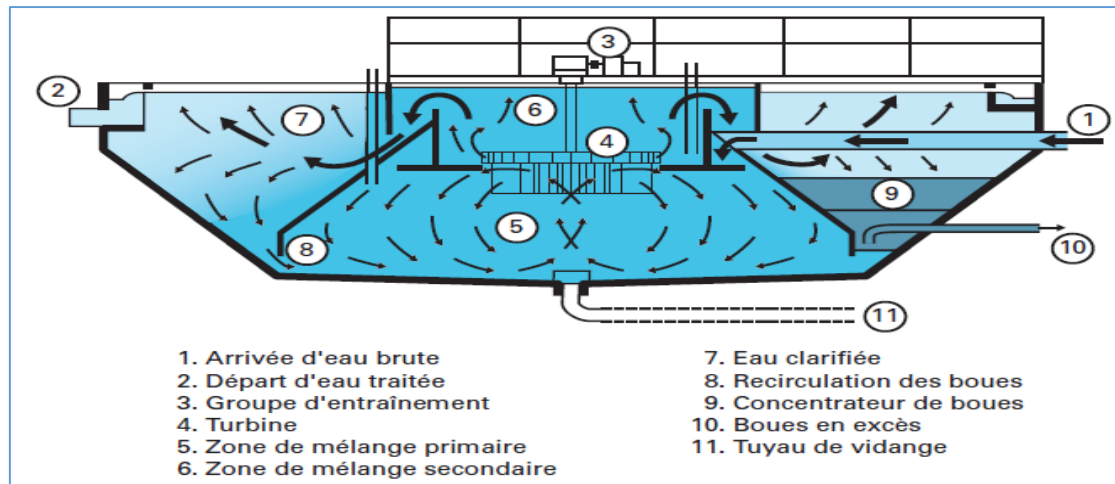


Figure II.2: Schéma d'un décanteur à recirculation de boues [66].

II.2.3. Les types de bassins à boues activées

Il existe trois modes de fonctionnement des procédés à boues activées suivant la charge et l'origine de l'effluent :

- Procédés à fortes charges qui sont destinées à dépolluer les eaux des industries agro-alimentaires ;
- Procédés à moyenne charge aussi appelés conventionnels ;
- Procédés à faible charge aussi appelés à aération prolongée ou à oxydation totale pour les petites collectivités [67].

Tableau II.1: Classification des procédés à boues activées [68].

Procédés à boues actives	Forte charge	Moyenne charge	Faible charge
Cm (kg DBO₅/kg MVS.j)	1 à 5	0.2 à 0.5	0.02 à 0.01
Cv (kg DBO₅/m³.j)	1 à 6	0.6 à 1.6	0.125 à 0.6
Temps de passage (h)	1 à 2	3 à 6	10 à 20
X dans le bassin (g/l)	1.5 à 3	3 à 5	5 à 8
Production de boues (Kg/kg DBO₅ réduite)	0.4 à 0.7	0.3 à 0.5	0.1 à 0.2
Taux de recyclage de boues (%)	60 à 80	80 à 95	>95
Consommation d'O₂ (kg O₂/kg DBO₅ réduite)	0.4 à 0.8	0.8 à 1.2	1.3 à 2
Rendement de depollution (%)	50 à 70	80 à 95	>90
Nitrification	Nulle	Commencée	Très avancée

II.2.4. Paramètres caractéristiques du procédé

Les paramètres les plus importants qui caractérisent ce procédé de boues activées sont :

- **Charge massique appliquée (Cm) :** C'est la masse de nourriture entrant quotidiennement dans le bassin d'aération par rapport à la masse de boues présente dans ce réacteur ;
- **Charge volumique appliquée (Cv) :** C'est la masse de nourriture arrivant quotidiennement dans le bassin d'aération ramenée au volume du bassin d'activation;
- **Age de boue :** C'est le rapport entre la masse de boues présentes dans le réacteur et la masse journalière de boues produites par la station [69].

II.2.5. Micro-organisme des boues activées

Les bactéries utilisées dans les procédés à boues activées sont classées en deux catégories :

- Les bactéries hétérotrophes pouvant se développer en milieu aéré (aérobie) ou non aéré (anoxique) : elles utilisent du carbone organique comme substrat et selon leur type et le milieu considéré, peuvent dégrader la matière carbonée ou les nitrates-nitrites.
- Les bactéries autotrophes ne se développant qu'en milieu aéré (aérobie): elles utilisent du carbone minéral (CO_2) comme substrat, elles ne dégradent pas les matières carbonées mais permettent d'éliminer les composés azotés [70].

II.2.6. Aération dans les bassins à boues activées

L'aération se fait pour la dégradation des matières organiques et encore pour maintenir les bactéries en vie au moyen d'appareils appelés aérateurs. On admet cependant, que le micro-organisme aérobie en suspensions dans l'eau n'utilise pas directement l'oxygène gazeux, et que celui que l'on se propose de leur fournir doit être au préalable dissous dans l'eau [71]. Les systèmes d'aération peuvent être des aérateurs de surface mécaniques ou des dispositifs d'injection d'air surpressé [72], [71].

II.3. La nitrification et la dénitrification

II.3.1. La nitrification

A. Définition :

La nitrification est un processus contrôlé par l'action de certains micro-organismes spécifiques, qui conduit à la transformation de l'ammoniac ou de l'ammonium en nitrate, c'est à dire la conversion biologique de la forme réduite, NH_4^+ , NH_3 en la forme oxydée NO_3^- .

Elle n'a pas d'impact sur le bilan global des écosystèmes, puisqu'elle n'ajoute ni élimine de l'azote, mais elle change uniquement son degré d'oxydation. C'est pour cela qu'elle a une importance capitale dans les écosystèmes, puisqu'elle est le lien entre les formes réduites et oxydées du cycle de l'azote. Elle permet l'oxydation de l'ammonium (produit par les

hétérotrophes lors de la décomposition de la matière organique), le liant ainsi à la dénitrification. Elle est par conséquent l'intermédiaire entre la décomposition de la matière organique et la perte d'azote fixé dans l'écosystème.

B. Métabolisme nitrifiant :

La réaction de la nitrification se fait en deux étapes : La nitritation qui est l'oxydation de l'ammonium en nitrites, et la nitratisation qui est l'oxydation des nitrites en nitrates [72].

1. Ammoniac \rightarrow Nitrite
2. Nitrite \rightarrow Nitrate

Au niveau chimique, le processus se déroule ainsi :

1. $\text{NH}_3 + \text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_2^- + 3\text{H}^+ + 2\text{e}^-$
2. $\text{NO}_2^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NO}_3^- + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$

II.3.2. La dénitrification

Il s'agit d'un procédé biologique qui consiste à la réduction du nitrate en azote gazeux via la formation des composés intermédiaires tels que le nitrite, l'oxyde nitrique et l'oxyde nitreux en conditions anoxies. La dénitrification est d'une grande importance écologique, puisqu'il s'agit de la voie majeure de la perte d'azote fixé dans l'environnement.

Elle occupe donc une place importante dans le bilan de l'écosystème à l'échelle globale. La dénitrification est aussi un mode respiratoire qui permet aux bactéries anaérobies facultatives de continuer à minéraliser du carbone organique en l'absence d'oxygène moléculaire. Dans cette respiration, les oxydes d'azote sont réduits depuis la forme nitrate jusqu'aux formes gazeuses de l'azote : N_2 , NO_2 , NO , via le nitrite. Les bactéries dénitrifiantes influencent donc à la fois le cycle du carbone et celui de l'azote, et leur impact varient en fonction de la tension locale en oxygène [73].

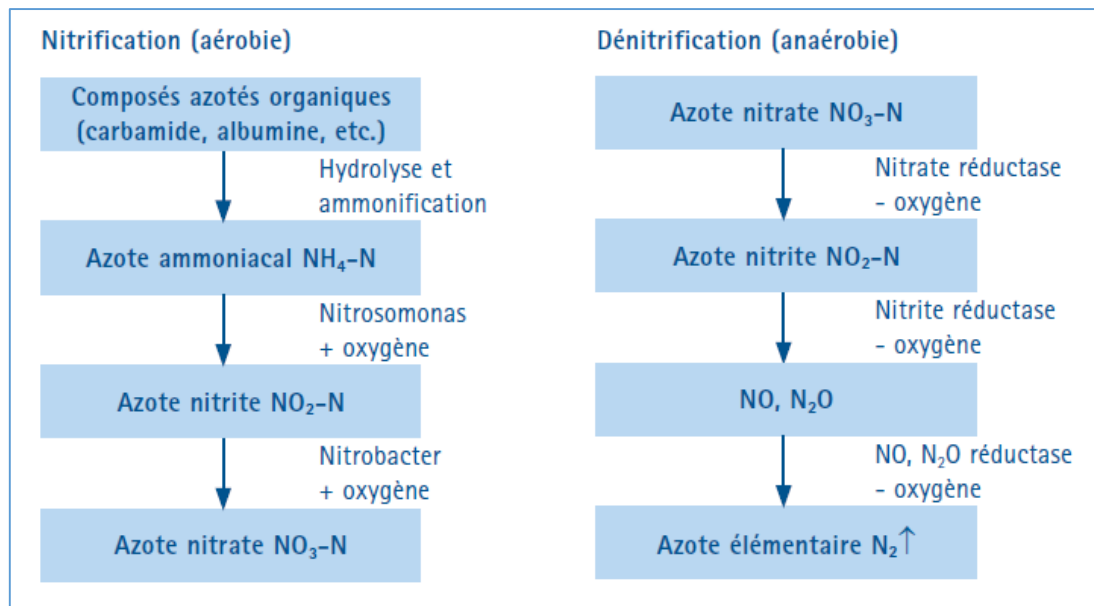


Figure II.3 : Processus de décomposition lors de l'élimination de l'azote.

II.4. La technologie d'Aero-Mod

II.4.1. Historique

AERO-MOD est une entreprise américaine située à Manhattan, spécialisée dans les installations de traitement des eaux usées conçu sur mesure, qui propose des produits et des solutions d'ingénierie pour le traitement biologique des eaux usées municipales et industrielles par clarification, élimination des nutriments, aération, filtration et déshydratation des solides qui l'ont développé dans les années 1990. Ayant des solutions qui nécessitent peu ou pas de pièces mobiles mécaniques sous l'eau, ce qui nécessite moins d'entretien et de remplacement des composants pendant la durée de vie de l'usine.

L'expérience d'Aero-Mod a été mise en œuvre dans plus de 400 installations dans le monde entier au cours des 25 dernières années, l'entreprise détient sept principaux brevets d'équipement et de procédés. Il s'agit notamment de nombreuses applications municipales partout dans les Etats-Unis. Les clients industriels comprennent: Ford Motors, General Motors, Kraft Foods, Frito-Lay, Coca-Cola, Intel Corporation et d'autres [74].



Figure II.4: Photo d'une installation d'Aero-Mod [74].

II.4.2. L'oxydation alternée

Le mode d'oxydation alternée ce n'est qu'un type de procédé de boues activées mais avec des étapes et un processus différent, dont les effluents biodégradables sont mis en contact pendant un temps suffisamment long avec des amas biologique floculés, maintenu en suspension et en agitation au sein de liquide à traiter de façon à assurer un contact avec toutes les parties de l'effluent, ces amas biologiques sont renouvelés en permanence par une recirculation continue [75].

II.4.3. Schéma générale d'épuration avec procédé d'oxydation alternée

Dans ce procédé, les eaux usées subissent un enchainement précis de phases et une succession de passage d'un bassin à l'autre tout en étant soumises à une différente aération continue et alternative, sachant que c'est d'où le procédé obtient son nom «Oxydation alternée», de ce fait la goutte d'eau usée suit un chemin et un cycle typique à travers l'installation, d'ailleurs tous cela se résume dans les étapes suivantes ainsi le schéma sur la figure II.5:

- 1. Première étape :** Bassin sélecteur a pour objectif la combinaison des eaux crues avec la biomasse des boues recyclées ;
- 2. Deuxième étape :** Bassin de première aération où l'aération est continue et l'élimination de la DBO ainsi la nitrification ce produit ;
- 3. Troisième étape :** Bassin de seconde aération dont l'opération de la dénitrification aura lieu ;
- 4. Quatrième étape :** Décanteur (ou clarificateur) là où décante la biomasse et qui sera après dirigée vers le bassin sélectif pour la réutilisation ;

5. **Cinquième étape :** Stabilisateur des boues, de temps en temps le retrait des boues et fait de bassin de la première aération vers le digesteur aérobique des boues, l'eau surnageante est renvoyé en suite vers le bassin de deuxième aération [76].

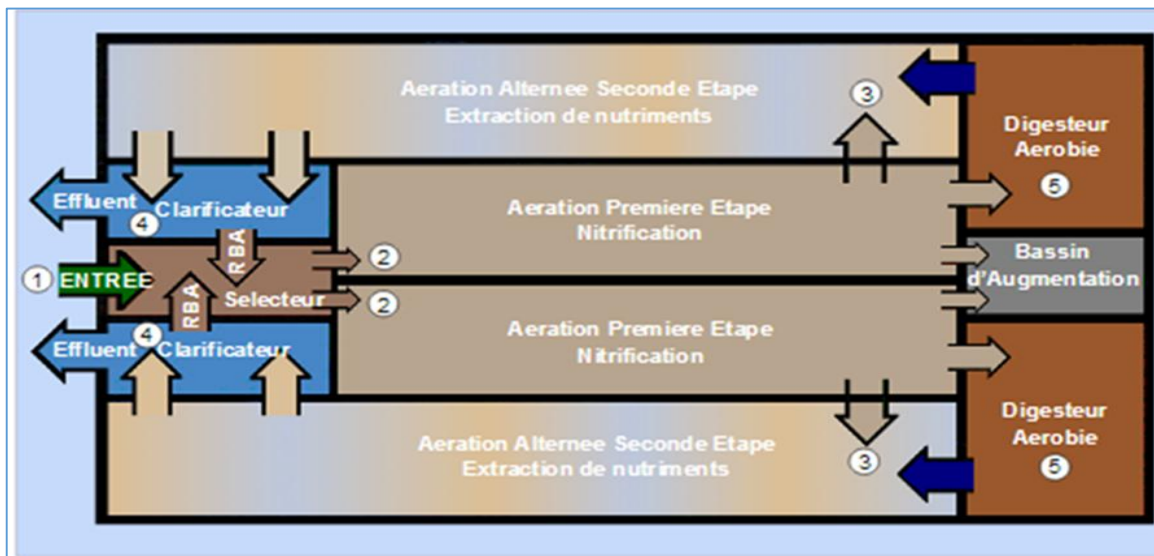


Figure II.5 : Schéma explicite des étapes du procédé d'oxydation alternée Aero-MoD [77].

II.4.4. Principe de fonctionnement de la technologie d'Aero-Mod

En réalité le concept d'oxydation alternée d'Aero-Mod a été basé essentiellement sur une modification de procédé classique d'épuration des eaux usées par Boues activées. Ce nouveau système repose sur une combinaison de deux technologies, celle de SEQUOX et une seconde de ClarAtor qui ont été développée et brevetée par l'entreprise.

II.4.4.1. La technologie de «SEQUOX »

Le SEQUOX est un procédé d'extraction biologique des nutriments, développé dans la catégorie d'enlèvement biologique d'azote dans les eaux usées. C'est un procédé de réactions séquentielles, appliqué sans qu'il y ait interruption du débit et de la clarification grâce à des réservoirs spéciaux conçu d'une part pour la nitrification d'autre part pour la dénitrification, dont ses réactions vont se réaliser suivant trois étapes pensées pour trois types de bassins.

A. Bassin sélectif

L'opération commence après le passage des eaux d'égout crues à travers un dégrillage afin d'éliminer les débris grossier sachant que le système ne précède pas par une sédimentation primaire, donc l'eau brute arrive directement au premier maillon de la chaîne de traitement est entre dans le premier bassin appelé le réservoir sélectif ou d'homogénéisation avec un temps de rétention de 48 min.

Le liquide pénètre dans ce réservoir où ces eaux usées sont combinées avec la biomasse des boues recyclées des clarificateurs, pour fournir ainsi un pré-conditionnement qui empêche la croissance filamenteuse permettant alors un arrangement rapide.

B. Bassin d'aération primaire

En ce qui concerne la conception de ces bassins, elle est faite d'une façon communicante, pour que ce mélange entre ensuite dans les bassins d'oxydation primaire et s'écoulera en toute fluidité. Quant à l'aération dans ces deux réservoirs, elle est constante et assurée par les huit (08) diffuseurs installés au fond du bassin, cependant l'oxygène dissous est maintenu autour de 2.0 mg/l. La turbulence créée par l'air, mélange les bactéries avec la matière organique, et les maintient en suspension, donc en contact permanent. A ce stade, un temps de rétention adéquat est assuré pour permettre la consommation (oxydation) de la matière organique par les bactéries tout en transformant le carbone en CO_2 et l'azote en nitrates (la nitrification) d'où se fait l'extraction de la DBO et de l'ammoniaque. En revanche, la partie de la boue formée suite à cette oxydation de la charge organique passe dans le deuxième bassin d'aération (boues fraîches), alors que l'autre partie est pompée vers le digesteur aérobique (boues en excès).



Figure II.6 : Bassin d'aération primaire technologie SEQUOX [77].

C. Bassin d'aération secondaire

Ensuite à l'extrémité des bassins de nitrification l'écoulement se partage entre deux bassins extérieurs, chacun est équipé aussi de huit (08) diffuseurs d'air installés au fond qui s'opère parallèlement.

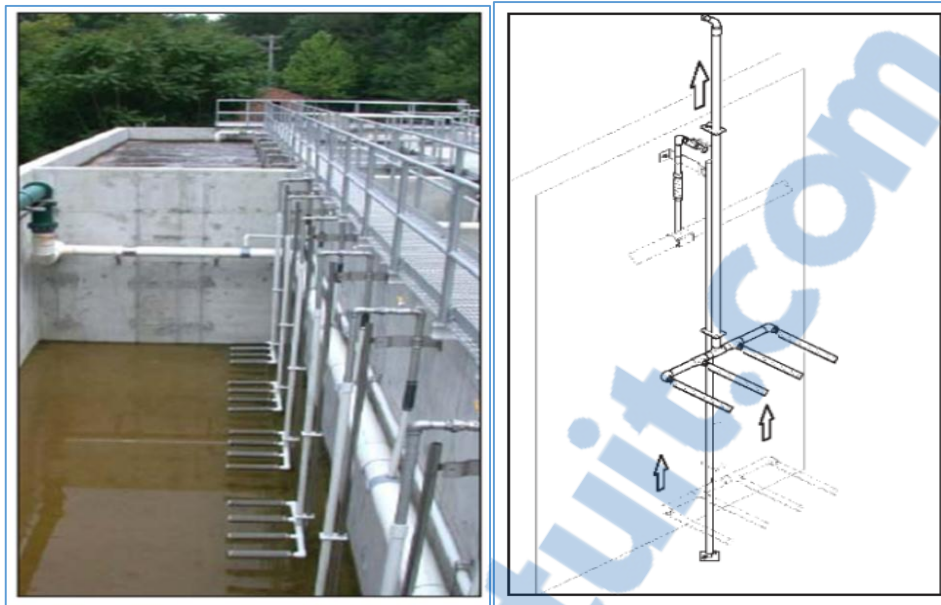


Figure II.7 : Diffuseurs d'air avec l'accès coulissant SR (slide rail).

Ces réservoirs reçoivent une aération alternative en ordonnant l'air en marche et en arrêt d'un bassin à l'autre pendant 1 à 2 heures. Grâce à ce séquençage l'eau usée est soumise à plusieurs cycles de conditions aérobie–anoxique.

Les étapes suivantes permettront de mieux comprendre le processus qui se déroule dans les deuxièmes bassins d'aération alternative :

- Quand les diffuseurs d'air du premier bassin de l'aération secondaire sont en arrêt, la biomasse se dépose au fond et se concentre, de ce fait elle passe rapidement d'un état anoxique à anaérobie. Etant donné qu'elle a mis en place une forte demande pour l'oxygène au cours de cette heure d'air éteinte donc les micro-organismes se dénitrifient, cela va permettre à un certain nombre d'espèces de bactéries d'utiliser le nitrate comme source d'oxygène tout en libérant l'azote à l'état gazeux N_2 .
- En effet lorsque l'aération reprend dans le même bassin, les matières solides sont rapidement remises en suspension. A ce stade, la pollution de la phase liquide est transférée vers la phase «boues». Le mélange passe au travers de deux filtres et pénètre alors dans le clarificateur où la biomasse est décantée et retournée de façon hydraulique au réservoir de sélection. L'effluent clarifié est retiré en parallèle de temps en temps, le retrait des boues est fait vers le digesteur aérobie manuellement ou en forme automatique.

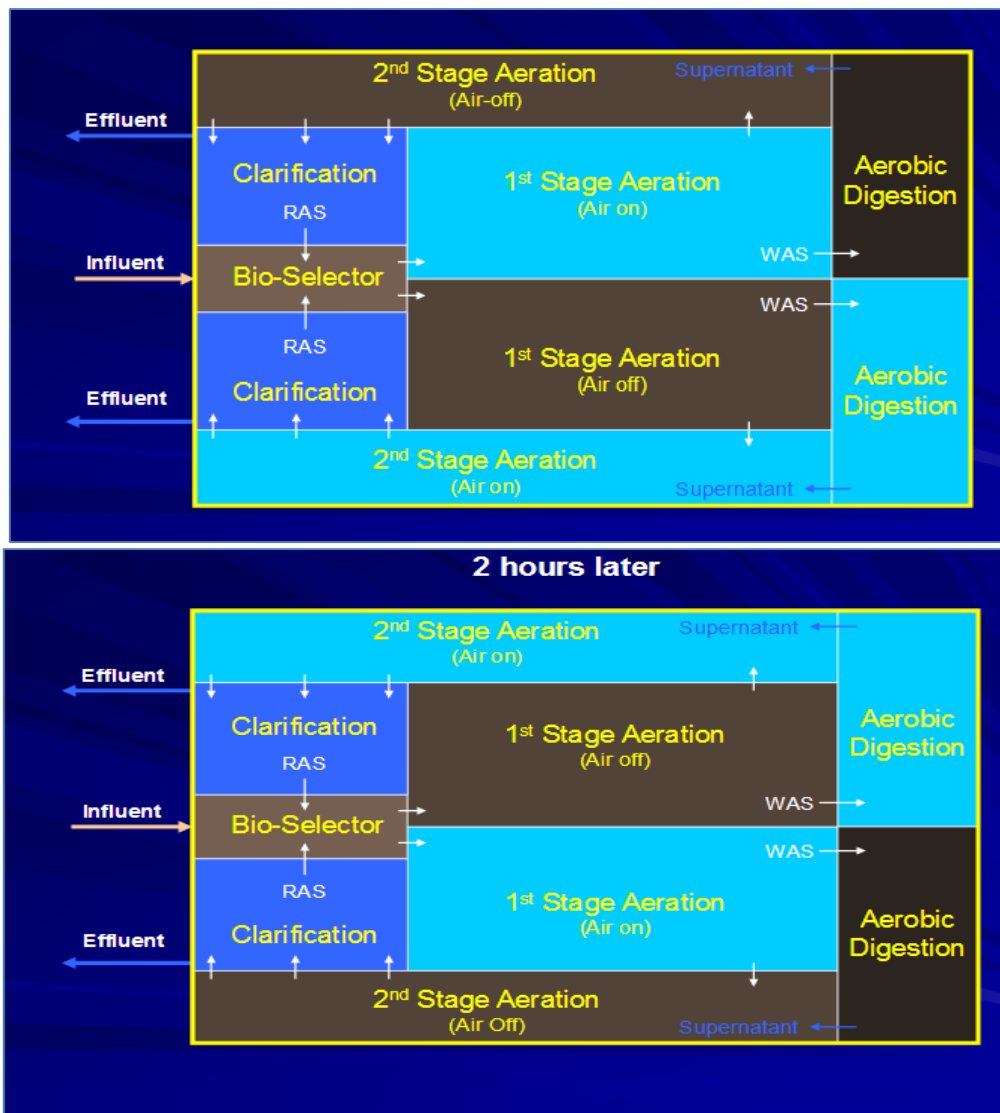


Figure II.8 : Schéma des séquences ‘marche-arrêt’ de l’aération alternative [78].

II.4.4.2. Technologie du Clarificateur « ClarAtor »

A la suite des réactions biologiques ayant eu lieu dans le bassin d'aération, il est nécessaire d'assurer une étape de clarification de l'eau afin de séparer la biomasse produite (sous forme de flocs) de l'eau épurée.

A. Description général de clarificateur

De prime abord, cette étape consiste à séparer l'eau des boues ou des résidus secondaires issue de la phase précédente par une décantation qui s'effectue dans des conditions optimales, car il n'y a pas de râteaux en mouvement, ni de pièces mobiles dans ce clarificateur. Il convient aux usines de traitement biologique des eaux usées municipales aussi bien qu'industrielles.

Après la dégradation des matières organique, l'effluent est dirigé depuis la surface du bassin d'aération, vers la grille d'entrée du clarificateur doté d'équipement installé dans un réservoir en béton adjacent au bassin d'aération ce qui permet une construction mitoyenne entre les deux réservoirs.

Ajoutant que la technologie de ClarAtor permet aux boues décantées d'être rapidement enlevées du fond par des dispositifs pneumatiques puis acheminées par le biais de capots de succion hydrauliques. De plus, la boue activée à recycler est aspirée dans un canal sur le dessus du ClarAtor et déversée à nouveau dans le réservoir sélecteur/aérateur.

En fin, des déversoirs submergés répartissent l'effluent de façon uniforme à la surface du clarificateur [79].

B. Les dispositifs de la technologie du Clarificateur

Le clarificateur est composé de deux parties essentielles dotés chacune de son propre équipement qui sera expliqué par la suite :

Partie supérieure :

- Grilles
- Entrée de clarificateur
- Canal de retour de boues
- Ecumoirs
- Tuyaux de collection d'effluent
- Caillebotis et Garde fous

Partie inférieure :

- Zone de sédimentation

Dans la partie suivante on expliquera le principe et le chemin qu'elle va prendre une goutte d'égout dans cette étape à travers les dispositifs de clarificateur.

1) Les grilles

Au premier lieu, dans cette phase de clarification, la matière en suspension de la liqueur mélangée entre dans le clarificateur par des grilles de tôle avec ouverture. Sachant aussi que ces grilles prennent une forme de corbeille submergée de **60% à 80%**, et qui sont situées dans les bassins extérieurs. Ils ont pour fonction d'empêcher les débris de bassin d'aération secondaire d'entrer dans le clarificateur tels que l'accumulation des débris, graisses, chiffons etc. En l'occurrence et indépendamment de degré du traitement préliminaire ces grilles exigent un nettoyage manuel qui peut se faire avec une brosse.

2) Entrée de Clarificateur

Chaque grille est fixé à une tuyauterie en PVC qui pénètre les murs de clarificateur au centre, et se fixe aux tuyaux distributeurs aussi de même matériaux, ces dernier possèdent sur sa longueur des orifices également espacé sur la longueur entière de la section de bassin pour but de fournir une bonne distribution uniforme en déchargeant dans la zone de sédimentation à travers toute la surface inférieure du clarificateur.

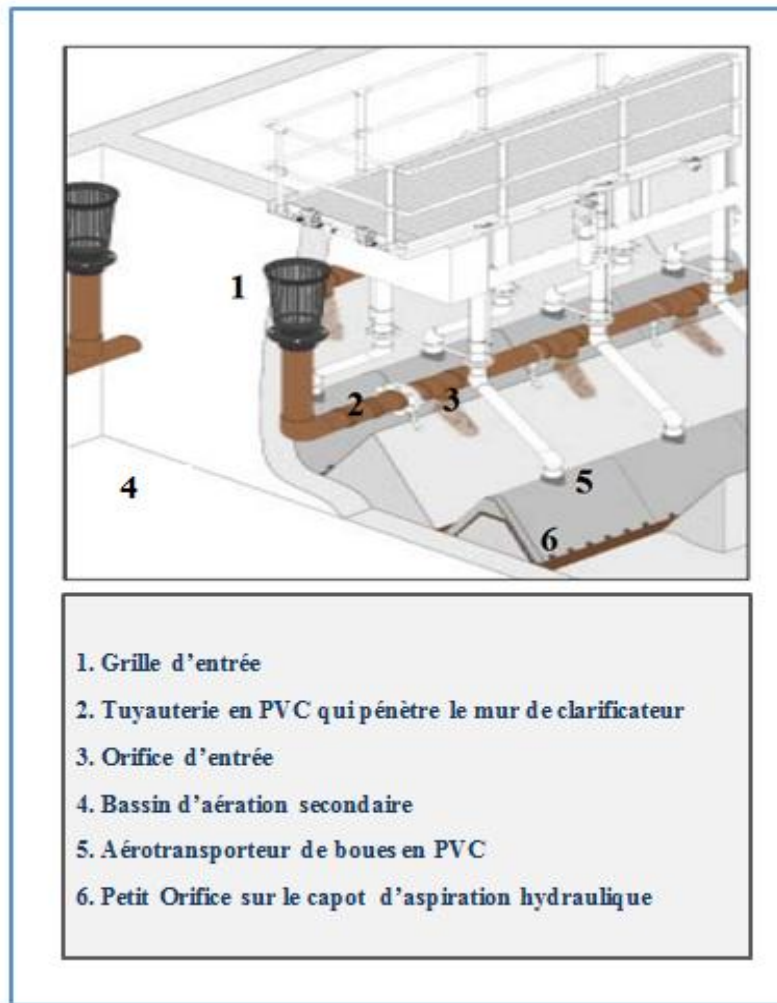


Figure II.9 : Schéma des principaux dispositifs de clarificateur «ClarAtor».

3) Zone de sédimentation

Après, la décharge des solides sur la partie inférieure du clarificateur, ils se déposeront sur des pyramides en béton lisses et incliné à 60 degrés. Ensuite, ils se dirigeront dans un secteur entre ces pyramides et des capots d'aspiration hydraulique qui seront sucés par des petits orifices d'entrée de boues.

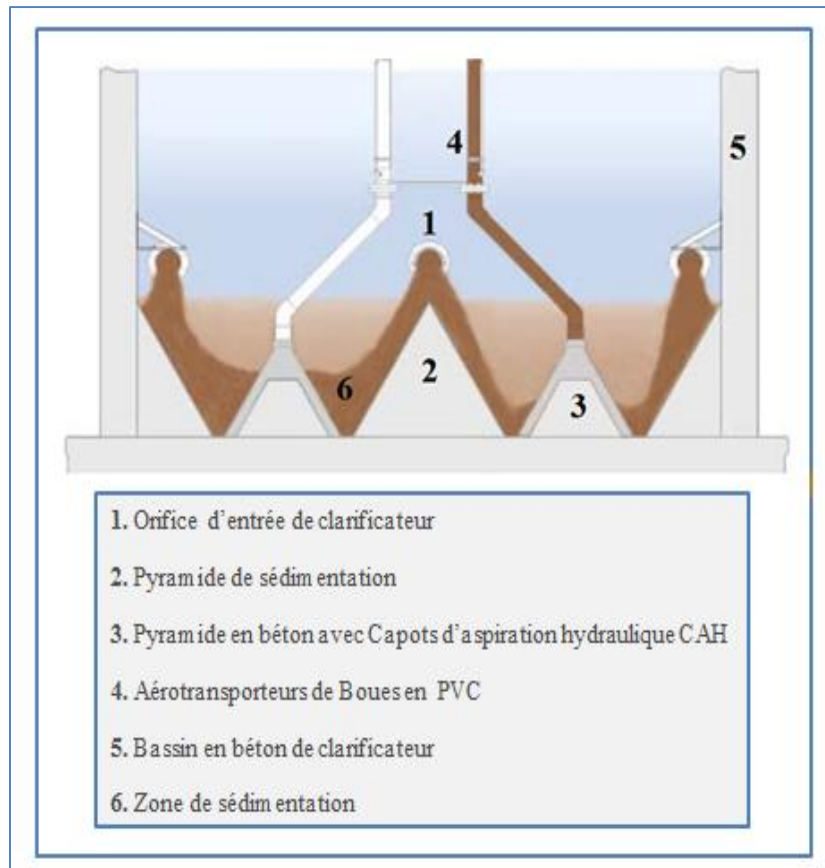


Figure II.10 : Schéma d'équipement intérieur de bassin de clarification.

4) Capots d'aspiration hydraulique (CAH)

Ces capots sont également placés le long du sol de clarificateur avec un espacement annulaire qui les sépare de support en béton de la pyramide en assurant une vitesse maximale de la circulation pendant l'enlèvement des boues, qui s'assure par des orifices placés au bord externe de capot d'aspiration. En outre, comme un aspirateur large, chaque capot fournit 244 cm linéaire d'aspiration.

5) Aérotransporteurs de Boues

Ces aérotransporteurs sont de 10 cm de diamètre et sont fabriqués aussi en PVC, ils relient entre les capots d'aspirations et la section de la partie supérieure des composants du clarificateur. Le taux de circulation et le retour de boues activées instantané est réglé par une vanne de boule d'acier inoxydable sur chaque aérotransporteur contrôlé pneumatiquement [80].

6) Canal de Retour de Boues (canal de RAS)

Chaque aérotransporteur décharge dans un canal commun de collection de boues qui a un fond situé est au-dessus de la surface normale de l'eau de clarificateur c'est-à-dire au-dessus du caillebotis. Par conséquent l'opérateur peut visuellement observer le retour de boues et rassembler tous les échantillons nécessaires.

En effet, le retour de boues est déchargé hors d'une extrémité du canal vers le bassin sélecteur. De plus la pression hydrostatique disponible en ce moment est suffisante pour permettre le retour de boues de traverser la tuyauterie et retourner à la station sans pompes additionnelles.

7) Les écumoirs

Les écumoirs sont simplement des petits aérotransporteurs prenant l'aspiration par une entaille formée comme une cale dans un collier flottant et qui sont situés sur la surface de liquide, ils sont maintenu en position par une tige guide d'acier inoxydable qui les traversent. De plus, Ils sont ajustés manuellement en glissant une douille interne en haut et en bas comme désiré, aussi chaque écumoire décharge dans le canal de retour de boues, qui sont contrôlés par des vannes fournies pour l'isolement et/ou le règlement d'air [80].

8) Caillebotis et gardes fous

Pour la partie supérieur de clarificateur un grillage est fournis pour les caillebotis qui couvrent la pleine longueur de chaque section sécurisé par des gardes fous sont en tuyauterie d'aluminium ainsi les connexions d'alliage utilisées [80].

9) Tuyaux de Collection d'effluent

Deux tuyaux de collection d'effluent triangulaires sont fournis pour chaque section supérieure, et chaque tuyau est submergé et contient des orifices d'entrée également espacés le long de tous ses deux cotés supérieures. Le placement des orifices sur la partie supérieure de tuyau triangulaire empêche tous les solides d'entrer dans le tuyau de collection, au lieu de cela ils flottent jusqu'à la surface et retournent à la station par les écumoirs.

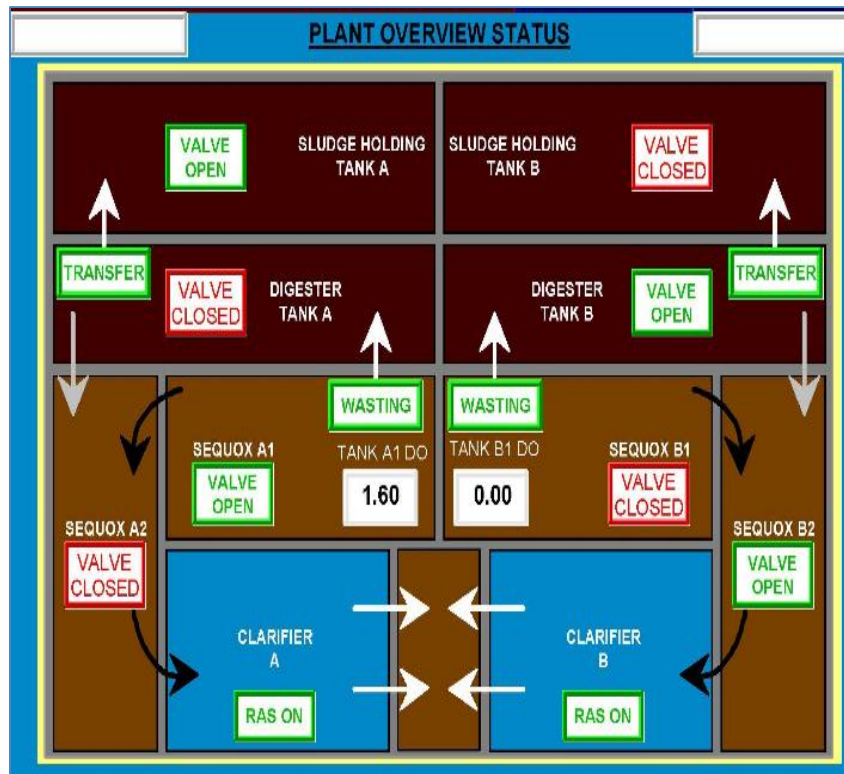


Figure II.11 : Schéma de programmation des temporisateurs d'AERO-MOD [79].

II.5. Conclusion

L'Oxydation alternée est un mode de boues activées à faible charge, grâce à la technologie d'Aero-Mod qui a su combiner entre deux procédés celui de SEQUOX ainsi de ClarAtor chaque goutte d'eaux usées suit un trajet et un cycle typique à travers l'installation. Cet assemblage offre d'une part, une extraction biologique de nutriment avec une qualité supérieure d'effluent d'autre part, une clarification continue réalisable après une aération alternée, sans oublier la facilité d'utilisation et de manipulation car le procédé est peu mécanique puisque il ne possède pas de pièces mobiles.

Du reste la mitoyenneté des bassins offre une configuration rectangulaire à la construction par conséquent cela réduit suffisamment et grandement la dimension totale de l'usine et lui donne un aspect compact, sachant que cela n'est pas à négliger car de ce fait on réduira notamment tous ce qui est longueur de canalisation, les filages électrique, le nombre de station de pompage de transfert, ce qu'il en résulte une économie substantielle en terme d'énergie ainsi de cout d'investissement.

Chapitre III

Description de la station d'épuration de AIN TOBA

III.1. Historique et présentation de la STEP de Ain TOLBA

Au niveau de la commune de Ain Tolba, au début il a été prévue la réalisation d'une station d'épuration par lagunage hormis, par faute d'espace et l'insuffisance de superficie, le bureau d'étude (NEE) a proposé une station d'épuration par Oxydation Alternée, qui se fut exécuté ensuite par la société générale d'étude et réalisation hydraulique Tlemcen « SOGERHWIT », les travaux ont débutés en 2007, puis la station été mise en service en 2010, pour être inaugurée par le ministre de ressource en eau en Mai 2015.



Figure III.1 : Bassin de traitement biologique de la station de Ain Tolba.

Cette station d'épuration est située au nord-ouest et a l'aval de la commune d'Ain Tolba, à une distance de 850 mètre de nouveau village, et à proximité de la route nationale RN35A. La STEP traite les eaux usées de la commune de Ain Tolba ainsi le nouveau village, elle est pourvu d'un réseau d'assainissement de types unitaire qui couvre la totalité du tissu urbain de cette localité, sa capacité est prévue pour pouvoir traiter un débit de $1980 \text{ m}^3/\text{j}$ qui correspond à 16500 EH à l'horizon 2015 avec une possibilité d'extension jusqu' à 22000 EH pour un débit de $2640 \text{ m}^3/\text{j}$ à l'horizon de 2030. L'alimentation des installations de la STEP se fait par voie gravitaire à partir de dernier regard du collecteur principal, sachant aussi que le milieu récepteur du rejet principal est à MEKHAYSSIA dont l'embouchure est au niveau de la mer Sidi Djelloul.

P.S. Toutes les photos présentes dans ce chapitre ont été prises dans la STEP de Ain Tolba par M^{lle} Sarra BENSABRI, entre le mois de Janvier et Mai 2017.



Figure III.2 : Vue du ciel et localisation de la station d'épuration d'AIN TOLBA (Google).

III.2. Les données de base

La station d'épuration a été dimensionnée sur les bases suivantes :

- Horizon 2015 ;
- Type de réseau Unitaire ;
- Nature des eaux brutes Domestique ;
- Population 16495 (2015) ;
- Débit journalier $620 \text{ (m}^3/\text{j)}$;
- Volume d'eau usée rejeté $1980 \text{ (m}^3/\text{j})$.

Tableau III.1 : Charge Hydraulique à l'Horizon 2015) [81].

DESIGNATION	HORIZON 2015
Besoin en eau (m^3/j)	2474
Taux de raccordement	100%
Taux de réduction des eaux usées	80%
Volume d'eau usée rejeté (m^3/j)	1980
Nombre d'équivalent habitant (EH)	16500
Débit rejeté spécifique ($\text{l}/\text{EH}/\text{j}$)	120
Débit de pointe à temps sec (m^3/h)	171.6
Débit moyen horaire (m^3/h)	82.5

Tableau III.2 : Charge polluante à l'entrée de système de traitement [81].

Paramètres	Charges spécifiques g/ha/j	Charge polluante Kg/j	Concentration mg/l
DBO ₅	50	825	416.66
DCO	80	1320	666.66
MES	60	990	500
N	10	165	83.33
P	2.5	41.25	20.83

III.3. Description général de la station de Ain Tolba

La station d'épuration de Ain Tolba est structurée comme suite :

- Bassin d'entrée ;
- Dégrilleur ;
- Dessableur- déshuileur ;
- Bassin de traitement qui est équipé lui-même de plusieurs bassins dont chacun a sa propre fonction, on distingue :
 - Bassin sélecteur (entrée);
 - Bassin de désinfection (sortie) ;
 - Deux Bassins d'aération primaire ;
 - Deux bassins d'aération secondaire ;
 - Deux bassins de clarification ;
 - Deux bassins de digestions.

Pour le traitement des boues, la STEP possède quatre lits de séchages plus une zone d'extension pour concevoir deux autres lits pour même but, et une autre zone d'extension est conçu pour un second bassin de traitement, placée parallèlement au premier bassin, rajoutant les autres bâtiments construits au seins de la station dont :

- Un Bâtiment administratif;
- Une Salle de machine;
- Une Loge de gardien;
- Un Parking.

L'ensemble est protégé par un mur de clôture qui entoure l'installation, ainsi on trouve à son extérieur un bassin ou les eaux usées épurées sont collectées avant de se diriger vers le cour d'eau par voie gravitaire.

III.4. Principe de fonctionnement de la STEP

La station de traitement d'AIN TOLBA fonctionne avec le procédé d'épuration d'Oxydation alternée. La filière de traitement est composée de différents ouvrages. A chacun de celui-ci incombe une fonction déterminée et très importante pour assurer un bon fonctionnement de la STEP afin d'avoir une bonne qualité des eaux épurées.

[Tapez ici]

La STEP est composé de la chaine des traitements suivante :

- Bassin d'entrée (déversoir) ;
- Prétraitement : Dégrillage, Dessaleur-Déshuileur ;
- Traitement biologique :
 - Bassin sélecteur d'homogénéisation ;
 - Bassin d'aération 1^{er} étage : (nitrification) ;
 - Bassin d'aération 2^{eme} étage : (dénitrification) ;
 - Clarificateur (recyclage des boues).
- Traitement des boues.

III.4.1. Bassin d'entrée

Après l'arrivée des eaux usées à l'entrée de la station , elles sont accueilli dans une petite structure rectangulaire, avec deux by-pass qui sert à un déversoir en cas de crue pour dériver et contrôler les débits retenus dans ce bassin après la fermeture d'entrée par une vanne batardeau , ensuite ces eaux en excès seront rejetées directement dans l'Oued.



Figure III.3: Photo de bassin d'entrée (déversoir).



Figure III.4: Photo controle de débit avec la vanne batardeau.

III.4.2. Le prétraitement

Cette étape de traitement se compose de deux équipements, le premier celui de dégrilleur, le second de dessaleur-Déshuileur.

III.4.2.1. Dégrilleur

Au niveau de prétraitement, on constate une ligne avec deux grilles à barres. La première avec un espacement de 50 mm dit grossier et le second de 20 mm. Les grilles à barres sont en acier inoxydable (INOX 304L) pour assurer la durabilité. Ils sont logés dans un rectangle en

[Tapez ici]

béton de 6.85×2.3 m, et 1.45m de hauteur, à triple couloires, dont chacun a une largeur de 500 mm aménagé d'un dégrilleur. Les matières retenues par dégrilleur sont évacuées dans un bac de récupération manuellement conçu pour les dégrilleurs grossiers, ainsi l'ouvrage est doté :

- Un ensemble convoyeur ;
- Deux ensembles de sonde ultra son ;
- Deux vannes batardeau pour le pré-dégrillage;
- Deux autres pour le post-dégrillage;
- Une armoire électrique.



Figure III.5 : Photo de Dégrilleur.

A. Grilles grossières

Un seul dégrilleur grossier manuel est installé dans le canal d'entrée de la station d'épuration.

- | | |
|---------------------------------|--------------|
| - Nombre de dégrilleur | 1 ; |
| - Largeur du canal | B= 500 mm ; |
| - Profondeur du canal | H= 1450 mm ; |
| - Inclinaison de barreaux | S= 65° ; |
| - Epaisseur des barreaux | E= 20 mm ; |
| - Ecartement entre les barreaux | b= 50 mm . |

B. Grille fines

Elles sont installées à l'aval des grilles grossières dans le canal d'entrée de la station d'épuration.

- | | |
|--|-------------|
| - Nombre de grilleur | 2 ; |
| - Largeur des deux canaux qui abritent les dégrilleurs fin | B= 500 mm ; |
| - Profondeur du canal | H=1450mm ; |
| - Inclinaison des barreaux | S= 60.1° ; |
| - Ecartement entre les barreaux | b= 20 mm. |

III.4.2.2. Dessableur-Déshuileur

Après l'étape de dégrillage, les eaux sont dirigées vers le déshuileur, qui est aménagé dans un autre bassin à deux couloirs rectangulaire de dimensions suivantes :

- Longueur totale 23.05 m;
- Largeur totale 2.5 m;
- Largeur de chaque couloir 0.8 m;
- Profondeur 1.82 m.

Les eaux dégrillées passent par une ouverture de diamètre 300 mm, elles seront contrôlées par deux vannes batardeau situées après l'entrée de déshuileur, pour subir ensuite une aération qui se fait avec 20 diffuseurs d'air à grosse bulles de diamètre de 200 mm, de types SEROCO et qui sont fixés sur une paroi qui sépare le bassin de déshuileur en deux compartiments contenant de chaque côté 10 diffuseurs d'air.



Figure III.6 : La photo montre la lame déversant des huiles de la réservation de vidange des graisses.

Ces eaux brutes sont acheminées vers la réservation de vidange des huiles ou les écumes de graisse remontées en surface passeront à travers une lame de déversement réglable en hauteur pour être récupérés et vidangés par une conduite de diamètre 150 mm située au-dessous de la réservation. En même temps les eaux séparées des graisses et les matières flottantes ainsi certains impureté sont ensuite acheminées vers le bassin de dessablage ou les sables (plus lourds) sont piégés par décantation au fond de ce dernier.



Figure III.7 : Photo de Dessableur-Deshuileur.

III.4.3. Traitement biologique

III.4.3.1. Bassin sélecteur

Après le prétraitement les eaux qui proviennent de ce dernier, arrivent dans un bassin rectangulaire qui contient une ligne d'air en acier de diamètre de 100 mm, comportant 5 aérateurs coulissant (diffuseur). Cet ouvrage est conçu pour homogénéiser des eaux usées prétraitées avec la biomasse recyclée à 100% du fond du bassin clarificateur par des airs lifte sachant que le temps de séjour est inférieur à une heure, la plus part de temps 45 minutes. Ce bassin sélectif a pour caractéristique :

- Volume d'eau dans le bassin sélecteur 60 m³ ;
- Longueur 12.2 m ;
- Hauteur 4.9 m ;
- Largeur intérieur 1.5 m.



Figure III.8: Photo de l'arrivée de liqueur mixte recyclée du clarificateur au bassin sélectif .



Figure III.9: Photo de bassin sélecteur.

III.4.3.2. Bassin d'aération (1er et 2^{ème} étage)

Au bout du bassin sélecteur, l'effluent mixte ainsi homogénéisé sera scindée en deux débits égaux et dirigés vers les deux bassins d'aération de 1^{er} étage par le biais de deux entailles rectangulaires munies de vannes murales d'isolement. Les bassins d'aération 1^{er} et 2^{ème} étage sont arrangés en deux trains de deux étages chacun.



Figure III.10: Photo des deux entailles rectangulaire ouvertes.

A-Bassins d'aération de 1^{er} étage

Les bassins d'aération du 1^{er} étage est continuellement aéré à l'aide de 14 assemblages de diffuseur d'air coulissants aux grosses bulles qui amènent l'oxygène nécessaire à la réduction de DBO (la liqueur mixte est maintenue dans un régime turbulent par le système d'aération lequel est nécessaire pour la respiration et le développement des micro-organismes aérobie) et à la transformation de l'azote ammoniacal en nitrates.

- Nombre de bassin de 1 étage 2 ;
- Forme rectangulaire ;
- Dimension 6.10×17.05 m ;
- Surface de chaque bassin 104 m² ;
- Profondeur 3.87 m ;
- Niveau d'eau 3.27 m ;
- Temps de séjour nominal 8.3 h ;
- Diffuseurs d'air 7 chacun.

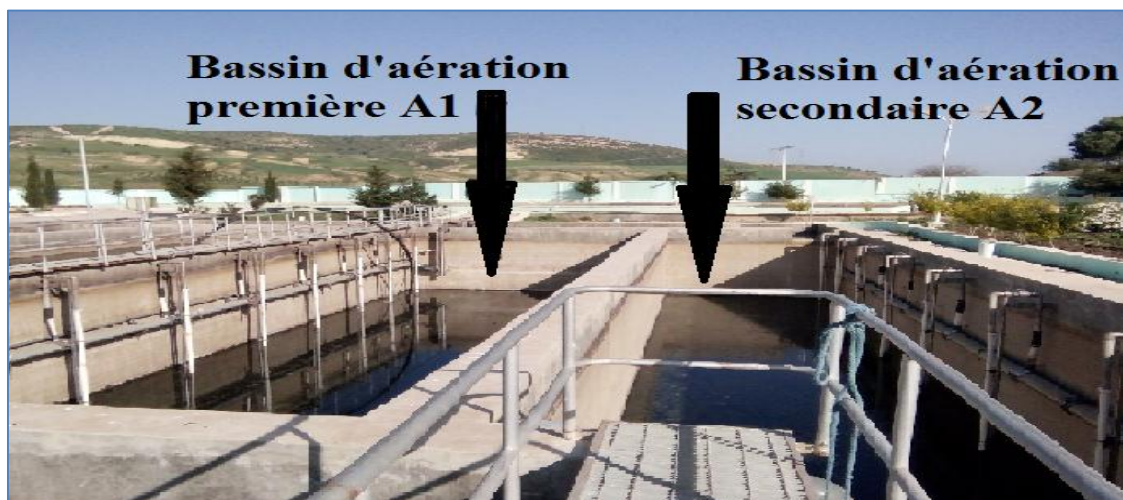


Figure III.11 : Photo des deux bassins de premier et deuxième étage type A.

B-Bassins d'aération de 2^{ème} étage

Les bassins d'aérations du 2^{ème} étage sont aérés par alternance toutes les deux heures et pendant ce temps à l'aide d'un assemblage de 20 diffuseurs d'air coulissants, ainsi on y trouve les Cinq grilles d'entrée qui évacuent l'eau des bassins d'aération secondaire vers les clarificateurs tout en pénétrant leurs murs. Les deux bassins (A1 et A2) communiquent par biais de lucarnes submergées ainsi l'alternance est assurée par une vanne de contrôle pneumatique.

- Nombre de bassin de 2 étages 2 ;

[Tapez ici]

- Forme rectangulaire ;
- Dimension $3.95 \times 29.65\text{m}$;
- Surface de chaque bassin 117.1 m^2 ;
- Profondeur 3.87 m ;
- Niveau d'eau 3.27 m ;
- Temps de séjours normal 9.6 h ;
- Diffuseurs d'air 10 pour chacun.



Figure III.12 : Photo de bassin d'aération secondaire A2 vide avec les diffuseurs submergés et les grilles d'entrée de clarificateur.

III.4.3.3. Bassin de décantation/clarification

Après un temps suffisamment long, la liqueur mixte est dirigée au bassin clarificateur à travers des grilles d'entrées (pour éviter le passage des gros éléments) qui sont liés à la conduite d'amenée des eaux. L'eau est distribuée dans le clarificateur par un distributeur perforé.

- Nombre de bassin 2 ;
- Forme rectangulaire ;
- Dimensions $12.20 \times 6.1\text{ m}$;
- Surface de chaque clarificateur 74 m^2 ;
- Profondeur 3.87 m ;
- Niveau d'eau 3.27 m .

Chaque bassin clarificateur de forme rectangulaire est situé d'une part en mitoyenneté avec le bassin d'aération secondaire, d'autre avec le bassin sélecteur, par un mur de 12.2 m de long. Le fond de ces bassins est en béton armé, contient des formes pyramidales qui serviraient à

[Tapez ici]

diriger les boues décantées vers les capots d'évacuation hydraulique des boues, ces boues aspirées par air lift sont déversées dans un canal en acier inoxydable situé sous la passerelle du module de clarification et recyclées vers le bassin sélecteur.



Figure III.13 : Photo de clarificateur ClarActor.

Les deux clarificateurs sont constitués des équipements, dont on trouve certains visibles sur la figure.III.13, et d'autres expliqués par suite :

- Eléments en forme de capots perforés en acier inoxydable de forme pyramidale submergés (1) qui récupèrent et acheminent les eaux clarifiées et épurées vers un petit bassin rectangulaire (2) de même matériaux qui va diriger ces eaux vers une conduite qui déverse dans le bassin de désinfection;
- Dix Grilles d'entrée de clarificateur et conduites d'amener de la liqueur mixte des bassins d'aération secondaire ;
- Quatre pyramides en béton lisses et inclinées à 60 degrés situées dans la zone de sédimentation et quatre capots également placés le long du sol de chaque clarificateur pour l'aspiration des boues reliées à des conduites d'évacuation des boues en PVC, aussi on y trouve douze écumoirs situés en surface de chaque clarificateur (3) pour aspirer la boue recyclée;
- Conduites de soutirages des effluents épurés et d'un système de contrôle de débit sortant en acier inoxydable ;
- Passerelle de maintenance avec garde fous en aluminium (4);
- Une vanne pneumatique double détente actionnera l'admission minutée d'air comprimé pour l'aspiration des boues par air lift;
- Deux Orifices de sortie d'eaux clarifiées situés à l'extrémité du clarificateur qui donnent sur le bassin de désinfection.

III.4.4. Le traitement des boues

Les boues sont soutirées par air lift directement à partir de là l'effluent mixte du bassin d'aération de 1 étage et déversées dans un digesteur aérobie ou elles sont stabilisées avant d'être évacuées vers les lits de séchage avoisinants.



Figure III.14 : Photo de vue de bassin de digestion avec sa lame déversant vers le bassin d'aération secondaire B2.

a) Digesteur aérobie

Ces ouvrages en béton armé sont conçus pour contenir entre 14 et 20% du débit quotidien nominal d'eaux usées ils ont pour caractéristiques :

- | | |
|----------------------------|-----------------------|
| - Nombre de bassins | 2 ; |
| - Forme | rectangulaire ; |
| - Dimension | 3.95×10 .45 m ; |
| - Surface de chaque bassin | 41.27m ² ; |
| - Profondeur | 3.87 m ; |
| - Niveau d'eau | 3.40 m ; |
| - Volume de digesteur | 280 m ³ ; |
| - Age moyen des boues | 20 jours. |

Chaque bassin est muni de :

- Cinq assemblages de diffuseurs d'air coulissant ainsi fabriqués en acier inoxydable ou en PVC ;
- Une vanne pneumatique qui contrôle le rythme d'émanée et d'arrêt d'air et une deuxième vanne pneumatique coordonnera la fréquence et la durée de l'aspiration des boues à partir des bassins d'aération ;
- Un caniveau d'accumulation des boues est installé au fond de chaque bassin sur la paroi opposée à l'arrivée de boues. Le déversoir de retour du surnageant est équipé d'une plaque réglable pour l'ajustement du niveau d'eau dans les digesteurs qui déversera dans le bassin d'aération de deuxième étage A2 et B2.



Figure III.15: Photo de la lame deversante retour de surnageant.



Figure III.16: Digesteur aérobie évidé.

b) Lits de séchages

Les boues en excès venant de digesteur aérobie sont évacuées vers lits de séchages, quatre lits assemblés en deux groupes de deux :

- Nombre de lits : 4 ;
- Dimensions : 15×10m ;
- Couche de graviers: 15-30 mm et de 20cm de hauteur ;
- Couche de sable: 0.5-02 mm et de 15 cm de hauteur.



Figure III.17 : Photo de lit de séchage.

III.4.5. Le traitement de désinfection

A. Bassin de désinfection

Ce bassin est positionné en mitoyenneté avec le bassin sélecteur et les clarificateurs, construit en béton de forme rectangulaire, il contient deux conduites suivantes :

[Tapez ici]

- Une conduite des eaux arrivées du déssableur vers le bassin biologique, elle pénètre le mur du bassin stérilisateur pour sortir du mur de bassin sélecteur avec une inclinaison de 83° ;
- Une conduite de sortie de l'eau traitée du bassin désinfection situé au-dessous de la première.

Ce bassin possède quatre chicanes de chaque côté qui conduisent l'eaux clarifiées qui sortent des deux orifices placés au deux extrémité des clarificateur vers deux lames qui déversent l'eau désinfecté est épurée vers la conduite de la sortie. Les dimensions de ce bassin sont :

- Largeur 1 m ;
- Hauteur 4.9 m ;
- Longueur 12.98 m.



Figure III.18 : Photo du bassin de desinfection.

III.5. Pompe a boues et retour de filtrat

Les boues stabilisées seront évacuées vers les lits de séchage par le biais de deux pompes à boues installées près des digesteurs, chacune capable de produire un débit $3.5 \text{ m}^3/\text{h}$.

III.6. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté la station d'épuration de AIN TOLBA, à travers une description détaillée et illustrée de chaque étape de traitement. On a décrit notamment le chemin que traverse l'eau usée à compter du prétraitement jusqu'au traitement de désinfection.

[Tapez ici]

Chapitre IV

Matériels et méthodes

IV.1. Introduction

Dans toute station d'épuration des eaux usées, il est nécessaire d'effectuer des analyses de l'eau brute et de l'eau traitée afin de déterminer les différents paramètres physico-chimique et bactériologiques permettant d'évaluer le niveau de pollution dans chaque phase de traitement. Les analyses ne sont valides que si le prélèvement et l'échantillonnage ont été entourés de soins suffisants. En outre, la séquence prélèvement, échantillonnage, analyse et manipulation des appareils constitue alors une chaîne cohérente pour laquelle on aura conscience de ne négliger aucun maillon. Dans ce chapitre on citera chaque étape contribuant aux analyses, d'une part on décrira le laboratoire, d'autre part toutes les procédures ainsi méthodes de mesures qui se font dans la station d'épuration de AIN TOLBA qui nous permettront par suite d'évaluer les performances épuratoires de cette STEP.

P.S. Toutes les photos présentes dans ce chapitre ont été prises dans la STEP de Ain Tolba par Mlle Sarra BENSABRI, entre le mois de Janvier et Mai 2017.

IV.2. Prélèvement et échantillonnage

Le prélèvement est l'opération qui consiste à prendre une partie aliquote du milieu à étudier ; alors que l'échantillonnage consiste à retenir une fraction du prélèvement sur laquelle on analysera. En premier lieu, on effectue un échantillonnage ponctuel d'une eau qui sera prise directement dans des flacons (soigneusement marquée) d'un litre, une seule fois par jour, généralement le temps de prise varie entre 10 h jusqu'à 11: 30, encore faut-il préciser que ces prélèvements se font dans trois endroits différents à l'entrée de la STEP au niveau de dégrilleur ; au niveau du bassin d'aération première ; et en fin à la sortie.



Figure IV.1 : Prélèvement au bassin d'aération à gauche, à la sortie au niveau de bassin de désinfection sur la photo située à droite.

IV.3. Description de laboratoire

La station d'épuration de AIN TOLBA dispose un local pour effectuer toutes les analyses nécessaires à la caractérisation et la quantification de la pollution de l'eau usée. Ce laboratoire est équipé principalement de divers instruments de mesure et des appareils spécialisés, automatisés ainsi des produits et réactifs chimiques.



Figure IV.2 : Photo de laboratoire de la station de AIN TOLBA.

IV.3.1. Instruments et appareils de mesure

Dans le laboratoire, on trouve essentiellement :

- **Verriers et accessoires:** Tubes à essai, béchers, erlenmeyers, verre à pied, pipettes graduées, éprouvettes, fioles, burettes, pissettes, spatules, coupelles, bouchons, pinces, agitateurs en verre, plats en aluminium, minuterie, cônes Imhof, filtres en fibre de verre, bouteilles de prélèvement.
- **Appareils :** Un distillateur, une pompe à vide pour la filtration sur BÜCHNER, un réfrigérateur, un appareil de chauffage DRB200, un Ultramètre, un colorimètre DR900, un four, un appareil BOD Track II, une balance électronique, un multimètre HQ 30d.

IV.3.2. Solutions chimiques et réactifs

Les solutions chimiques et les réactifs utilisés dans les analyses ne sont pas préparés dans le laboratoire mais achetés directement du fournisseur. Ceci permet la facilité et la fluidité du travail, également le gain de temps. Ils sont cités dans le tableau **IV.1** ci-dessous :

Tableau IV.1 : Les paramètres et leurs réactifs.

Paramètres	Réactifs
DBO₅	-Pastille d'hydroxyde de lithium - Sachet tampon de nutriments
DCO	- Réactifs de digestion 0-150 pour effluent de sortie 0-1500 pour effluent d'entrée
Phosphate PO₃⁴	• PosVer3 Phosphate
Nitrite BG NO₂-N	• NitriVer3
Nitrate N03-N	• NitraVer5
Nitrogène, Ammoniac NH₃-N	• Salicylate d'ammoniac • Cyanurates d'Ammoniac
Calibrage Conductivité	• TDS CONDUCTIVITY standard solution 442- 1500
Calibrage pH	Buffer solution pH 4, pH 10.01 et pH 7

IV.4. Caractéristiques des principaux appareils utilisés

IV.4.1. Le Colorimètre DR 900

Le DR 900 de marque Hach est un colorimètre à microprocesseur portable permettant d'accéder rapidement et facilement à 90 méthodes de test les plus utilisées sur le terrain. Cet appareil dispose d'une interface utilisateur intuitive, d'une grande capacité de stockage des données et d'un port USB intégré pour un transfert d'informations en toute simplicité. Associant toutes ces caractéristiques à un écran à rétro-éclairage activable par bouton pour une utilisation à faible luminosité [82].



Figure IV.3: Colorimètre.



Figure IV.4: Cellule de mesure.

IV.4.2. Le BODTrak II HACH

Cet appareil de mesure manométrique de la DBO(n) au laboratoire comprend une unité de contrôle et un agitateur avec capteurs de pression pour six flacons. Ses caractéristiques sont :

- Programmes de mesure de la DBO pour 5, 7 et 10 jours ;
- Test de biodégradation OCDE pour 30 jours ;
- Plage de mesure : 0-700 mg/l O₂, variable.

Il comprend aussi six bouchons en caoutchouc, six flacons en verre brun de 492 ml de la graisse, six agitateurs magnétiques, un entonnoir, 1 pack de sachets de poudre de LiOH et 1 pack de sachets de poudre de nutriments [83].



Figure IV.5: DBOmètre BODTrak II.



Figure IV.6: Bouteille de DBOmètre.

IV.4.3. Le thermostat DRB200

Ce thermostat est capable d'appliquer des méthodes de minéralisations préprogrammées ou des méthodes d'utilisateur spécifiques programmables par la détermination des paramètres clefs ainsi il est facile à utiliser. Equipé d'un large et lisible écran tactile et d'un minuteur digital avec un arrêt automatique et d'un signal sonore. Les cuves et tubes de réactions peuvent être minéralisés à de larges échelles de températures et de temps[84].

Tableau IV.2 : Caractéristique de Thermostat DBR200 [85].

Alimentation (tension)	115/220 V CA
Conditions de stockage	-40 à 60 °C
Humidité max. en service	90%
Plage de température	10 à 45 °C
Programmes de chauffage	40 °C, 100 °C, 150 °C et 37-165 °C - 1-480 min.
Programmes utilisateur	6 température/temps libre
Raccordement au secteur	115 V - 230 V +5%/-15%
Stabilité de la température	± 1 °C en conformité avec les méthodes EN, ISO, EPA

Vitesse de chauffage

de 20 à 150 °C En 10 minutes



Figure IV.7 : Photo du Thermostat DRB200.

IV.4.4. L'Ultrameter II 6Psi

Le modèle Ultrameter II offre une performance de la lecture à $\pm 1\%$. Ce niveau de précision a été atteint grâce à la présence de cellule de conductivité à quatre électrodes, d'un capteur pH/ORP unique et d'un puissant circuit à microprocesseur. Il permet de mesurer la conductivité, la résistance, le pH et la température [86].



Figure IV.8 : Photo de l'Ultramètre II.

IV.4.5. Le Multimètre HQ30D

Le multimètre HQ30D HACH (figure IV.9), est conçu pour l'extérieur. Il est doté d'électrodes polyvalentes interchangeables pour toutes les applications (eaux usées, eau potable, eaux traitées,...).



Figure IV.9 : Photo de l'Ultramètre HQ 30D.

Ce matériel de laboratoire affiche des résultats fiables. Il possède un écran LCD 240 ou 160 pixels avec rétro-éclairage. L'indice de protection de son boîtier est IP67 [87].

Tableau IV.3 : Caractéristique de multimètre HQ30D [87].

L x P x H (mm)	95 x 197 x 36
Mesure	5 modes de stabilité différents
Mesure concentration en ions	Dépend de l'électrode ISE
Mesure de conductivité	0,01 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 200 mS/cm
Mesure de la tension	$\pm 1500 \text{ mV}$
Mesure de salinité	0 à 42 g/kg
Mesure de température	-10 à 110°C
Mesure des TDS	0.0 à 50.0 mg/L
Mesure d'oxygène dissous	0.00 à 20.0 mg/L; 0 à 200 %
Mesure du pH	0 à 14
Modèle	En pack
Type	Portable

IV.5. Sécurité et pratique en laboratoire

Dans le laboratoire, on a tendance à manipuler des produits chimiques qui sont parfois dangereux pour le laborantin. Bien que les problèmes de sécurité varient suivant chaque cas, la

sécurité est toujours un point crucial et primordial. Il est donc obligatoire de suivre ces pratiques chaque fois qu'on est en laboratoire :

- Utilisation toujours des protections pour les yeux (exemples : lunettes de sécurité, masque) ;
- Utilisation des gants ;
- Utilisation éventuellement un tablier de protection ;
- Eviter de respirer ou d'inhaler les produits chimiques ;
- Laver les mains à grande eau et éventuellement avec du savon durant au moins 20 secondes après un contact avec un produit chimique ;
- Interdiction de boire et de manger dans un laboratoire ;
- Lire et comprendre les modes opératoires et les pictogrammes avant de commencer n'importe quelle manipulation ;
- Eliminer correctement les produits chimiques restant des opérations (l'évier n'est généralement pas l'endroit correct) ;
- S'assurer que la distribution de gaz soit coupée avant de quitter le local ;
- Ne pas essayer d'entreprendre des expériences ou des manipulations à moins qu'un chimiste ou un scientifique qualifié ne soit présent [88].

IV.6. Paramètres mesurés dans la station

Dans la station d'épuration de Ain Tolba, on a effectué des mesures de treize (12) paramètres de pollution, il s'agit de :

- Demande biologique en oxygène sur 5 jours (DBO₅) (mg/l) ;
- Demande chimique en oxygène (DCO) (mg/l) ;
- Matières en suspension (MES) (mg/l) ;
- La température °C ;
- Le pH
- Indice volume des boues
- La demande en oxygène (mg/l) ;
- Phosphate (PO₄³⁻) (mg/l) ;
- Nitrite (NO₂⁻) (mg/l) ;
- Nitrate (NO₃⁻) (mg/l);
- Azote, Ammoniacal (NH₄⁺) (mg/l);
- .Volume de Boue 30 min (ml/l).

IV.7. Modes opératoires et méthodes d'analyse

IV.7.1. Protocoles expérimentaux avec le colorimètre DR900

a) Azote, Ammoniacal (NH_4^+)

- 1- On démarre le programme en appuyant sur le bouton «START» ;
- 2- Remplissage d'une cellule d'échantillon avec 10 ml d'eau désionisée ;
- 3- Préparation de l'échantillon
 - On remplit une seconde cellule d'échantillonnage avec 10 ml de l'échantillon analysé (échantillon prélevé de la sortie de la station et de l'entrée) ;
 - On rajoute le contenu d'un sachet de poudre de Salicylate d'ammoniac à chaque cellule d'échantillon, et on remet le bouchon de la cellule en agitant pour dissoudre le réactif pour un temps de réaction de 3 minutes ;
 - Après l'expiration de temps de réaction, nous rajouterons un sachet de **Cyanurate d'ammoniac** en poudre dans chaque cellule d'échantillon tout en agitant en seconde fois pour rassurer la dissolution de réactif, puis on démarre la minuterie pour un temps de 15 min. (la couleur verte indiquera ainsi la présence de l'ammoniac- azote.) ;
 - Lorsque le délai de réaction aura expiré on nettoie la première cellule qu'on a préparé de l'eau désionisée on l'insère dans le port-flacon ;
 - On appui sur le bouton zéro de DR900, après on la retire pour remettre la deuxième cellule de l'échantillon d'entrée ou de sortie après l'avoir nettoyé aussi avec un torchon.
- 4 - En fin, on appuie sur le bouton lire et le résultat sera affiché directement en mg/L.

b) Nitrate NO_3^-

- 1- Démarrage de programme se réalisera en appuyant sur « START » ;
- 2- Préparation de l'échantillon :
 - En premier lieu, on remplit une cellule avec 10 ml de l'échantillon à analyser (prélevé de la sortie ou encore d'entrée de la station), ensuite on rajoute le contenu d'un sachet de poudre du réactif **NitraVer5**, puis on remet le bouchon de la cellule et on démarre la minuterie pour un temps de réaction d'une minute en même temps on la remue vigoureusement jusqu'à l'expiration de ce temps ;
 - Après avoir redémarré la minuterie pour un autre temps de réaction de 5 minutes, la plupart de temps une couleur ambrée indiquera la présence de nitrate.
- 3- Préparation d'un blanc :

- Lorsque la seconde minuterie expire, on remplit une seconde cellule avec 10 ml d'échantillon, toujours faut la nettoyer avec un torchon puis on l'insère dans le port-flacon ;
- Pour calibrer l'appareil on clique sur le bouton ZERO, l'écran affichera 0.00 mg/l.

4- En fin, on nettoie la seconde cellule de l'échantillon préparée, dans les 60 secondes qui suivent l'arrêt de la minuterie, on l'insère dans le port- flacon, après on appuie sur le bouton LIRE et le résultat sera lisible évidemment sur l'écran.



Figure IV.10 : Photo de la cellule d'échantillon qui indique la présence de nitrate.

c) Nitrite NO_2^-

Au fond, chaque fois on désire analyser un paramètre, il faut toujours régler l'appareil conformément à ce dernier, Partant de ce fait le démarrage du programme de cet appareil est nécessaire tous le temps qui se fait simplement en appuyant sur « START ».

En outre la préparation de l'échantillon se déroule sur les étapes suivantes :

- On prépare l'échantillon a analysé de 10 ml, puis on rajoute le contenu d'un sachet en poudre du réactif **NitritVer 3**. On secoue le mélange un moment et on démarre la minuterie pour un temps de 20 min ;
- En cas de présence de nitrite une couleur rose apparaît.



Figure IV.11 : Photo indiquant de la présence de nitrite dans l'échantillon.

De surcroît, la préparation du blanc s'organise comme suite :

- Après expiration de temps de réaction de 20 minute, on remplit une autre cellule avec 10 ml d'échantillon (sortie ou entrée), en suite on la nettoie, juste après on l'insère dans le porte flacons et on appuie sur le bouton « ZERO » ;
- L'écran affichera «0.00 mg/l de N-NO₂⁻».

En fin, on prend la première cellule de l'échantillon préparé et on l'insère dans le porte flacon après l'avoir nettoyer avec un torchon, puis on appuie sur « LIRE » et le résultat sera affiché en mg/l de N-NO₂⁻.

d) l'Orthophosphate

1- On démarre le programme on appuyant toujours sur « Start »

2- On prépare l'échantillon

- On remplit une cellule de 10 ml d'échantillon et on rajoute le contenu d'un sachet de réactif **PHosVer 3** Phosphate ;
- Une couleur bleue apparaît si le phosphore est présent dans l'échantillon, en suite on renferme immédiatement la cellule ;
- On secoue vigoureusement pendant 30 secondes, puis on démarre la minuterie pour un temps de réaction de 2 minutes.



Figure IV.12: Photo qui indique la présence du phosphore dans l'échantillon.

3- Préparation du blanc

- On mettra 10 ml d'échantillon dans une seconde cellule et lorsque le temps de réaction aura expiré, on la nettoie (la cellule d'échantillon prélevée qui sera aussi la cellule d'échantillon blanc) et on l'insère dans le porte- flacons, en suite on appuie sur le bouton « ZERO » ;
- L'écran affichera 0.00 mg /l de PO₄.

4- On retire la cellule à blanc puis on essuie la première cellule préparée, juste après on la remet dans le port-flacons, et en fin on appuie sur READ pour lire le résultat.

e) Demande chimique en oxygène (DCO)

Pour analyser la DCO, on utilise deux appareils avec deux étapes :

1) Première étapes :

- Allumer le réacteur DBR 200 et on préchauffe ce four à 150 °c ;
- Après avoir retiré le bouchon du flacon du réactif de digestion pour la gamme appropriée :
 - 0- 150 Effluent (sortie) ;
 - 0- 1500 Effluent (entrée).
- En tenant la fiole de la solution de digestion DCO pour la gamme 0- 150 ppm, (Effluent de sortie) à un angle de 45°, et à l'aide d'une pipette on rajoute 2 ml d'échantillon ;
- Ensuite on remet le bouchon de la fiole fermement, puis on rince l'extérieure de la fiole avec une eau distillée, et on la rince avec une serviette en papier propre ;
- En tenant ce flacon par le bouchon au-dessus d'un évier et on le retourne doucement plusieurs fois pour mélanger le contenu ;
- En outre, le flacon prendra place dans le four préchauffé DRB 200 (le flacon devient très chaud pendant l'agitation) .

Préparation du blanc :

- On reprend et on répète les mêmes étapes établit pour le flacon d'échantillon mais on substituant les 2 ml de l'eau distillée tout s'assurant que la pipette est propre, en suite on les réchauffe pendant 2 heures à 150°C (de nombreux échantillons sont digérés en moins de deux heures) ;
- On éteint le réacteur et on attend approximativement 20 min pour que les fioles refroidissent à la température ambiante.

2) Deuxième étape :

- On retourne chaque flacon plusieurs fois, puis on place les flacons dans un port-tubes spécial pour le port-flacons DR900 ;
- On utilise l'une des techniques d'analyse suivantes pour mesurer la DCO :
 - Méthode colorimétrique 0-150mg/l DCO ;
 - Méthode colorimétrique 0- 1500 mg/l DCO.
- Ensuite on démarre le programme de mesure de la DCO ;
- On insère l'adaptateur DCO dans le support de la cellule en le tournant jusqu'à ce qu'il se pose en place. après on le pousse vers le bas pour l'insérer complètement ;
- On nettoie la cellule de l'échantillon, on insert le blanc dans le support porte cellule, puis on appuie sur ZERO, l'écran affichera 0.00 mg/l DCO ;
- Comme avec les paramètres précédents on nettoie la cellule de l'échantillon préparé, on l'insère dans le porte flacon et on appuie sur «LIRE» le résultat s'affiche en mg/l de DCO.



Figure IV.13 : Photo des flacons après 2h de chauffage.

IV.7.2. Procédure de test de la DBO₅ avec l'appareil BOD Track II

Pour la DBO₅ avant de commencer l'analyse, au début il faut sélectionner le volume correct de l'échantillon pour la plage de DBO indiquée sur le tableau suivant :

Tableau IV.4 : Volumes d'échantillons simplifiés.

Plage de la DBO mg/l	Volume de l'échantillon ml
0 à 35	420
0 à 70	355
0 à 350	160
0 à 700	95

- 1- On mesure l'échantillon dans une éprouvette graduée ensuite on rajoute un sachet de tampon de nutriments dans cette éprouvette puis on verse tout le contenu dans une bouteille DBOTrack II avec un agitateur ;
- 2- On place une capsule d'étanchéité dans le goulot de la bouteille et on rajoute des pastilles **d'Hydroxyde de lithium** à la coupelle et on répète les étapes précédentes pour chaque bouteille de l'échantillon ;
- 3- On met les bouteilles sur le châssis de DBOTrack II, puis on connecte le tube adaptable à chaque bouteille tout en serrant leurs bouchons ;
- 4- On met l'ensemble dans l'incubateur a une température de 20 °C , ensuite on branche et on allume l'appareil en s'assurant que tous les agitateurs tournent ,sans oublier de régler la durée du test en appuyant sur la touche canal 6 pour aller au paramètre du temps et à l'aide des touches fléchées on sélectionne un test de 5 jours ;
- 5- Pour lancer le teste, on appuie sur le numéro du canal correspondant à la bouteille choisie après on clique sur la touche «ON » et le menu de sélection de la gamme s'affiche ;
- 6- A l'aide des flèches, gauche pour les gammes 0 – 35 et 0- 70 mg/ l et la flèche droite pour les gammes 0-350 et 0-700 mg/l on sélectionne puis on appuie sur « ON » pour démarrer le teste ;
- 7- Enfin on obtiendra un graphique qui s'affichera sur l'écran et le résultat après 5 jours.



Figure IV.14 : L'ensemble des bouteilles sur le châssis dans l'incubateur.

IV.7.3. Protocole d'analyse des solides en suspension

1- On prend 100 ml d'échantillon de sortie, entrée et du bassin d'aération, bien mélangé, plus trois plateaux d'aluminium avec leurs papier filtre en fibre de verre qui ont été déjà pesé à l'aide d'une balance analytique ;

2- Après avoir filtré l'échantillon avec un ensemble normalisé (filtre + fiole) tout en appliquant le vide (pompe à vide), on retire soigneusement le filtre de verre et on le transfère a un plateau d'aluminium ensuite on place les plateaux dans un four pour un temps d'au moins 2 heures a une T° de 103 à 105°C ;



Figure IV.15 : Principaux étapes d'analyses de MES filtration à vide séchage et pesé (respectivement de gauche à droite).

3- Quand le temps de 2 heures s'expire, et après refroidissement de l'ensemble on les pèse une dernière fois pour prendre le poids final du plateau aluminium avec filtre en fibre de verre puis on calcule les MES avec la formule suivante :

- Si le volume de l'échantillon est de 100 ml,

$$\text{MES (mg/l)} = (\text{Poids final (mg)} - \text{Poids initial (mg)}) \times 10000;$$

- Si le volume de l'échantillon est de "X" ml,

$$\text{MES (mg/l)} = (\text{Poids final (mg)} - \text{Poids initial (mg)}) \times 1000 \times 1000 / \text{"X" ml}.$$

IV.7.4. Procédure d'analyse de la matière décantable en utilisant le Cône Imhof

La matière décantable ou le volume de boue décanté est considérée comme la tâche la plus simple à accomplir dans ce laboratoire il suffit juste de suivre la procédure suivante :

- 1- Au premier lieu il faut d'abord remplir le cône Imhof (figure) jusqu'au niveau de la marque (rainure) d'un litre avec un échantillon prélevé du bassin d'aération bien mélangé, ensuite on le laisse se décanté pendant 30 min ;
- 2- après 30 minutes, on lit et on note le volume de matière décantable dans le cône en millimètre / litre ;
- 3- On détermine l'indice de volume des boues « IVB » après avoir déterminé la concentration des matières en suspension et le volume des boues décantés après 30 minutes avec la formule suivante :

$$\text{IVB} = \frac{\text{Volume des boues décantées (ml/l)} \times 1000 \text{ (mg/g)}}{\text{Total des matières en suspension (mg/l)}}$$



Figure IV.16 : Photo qui montre le teste de décantation avec le Cône Imhof et minuterie.

IV.7.5. Mesure avec l'Ultramètre

a) Principe de mesure

La méthode de mesure de ces paramètres (la température, le potentiel hydraulique pH, la conductivité, le totale des solides dissous TDS), est réalisée à l'aide d'un appareil appelé

l'ULTRAMETRE modèle 6Psi, qui nous permettra d'avoir une lecture directe affichée sur son écran lorsque les valeurs sont stabilisées.

b) Mode opératoire

- Tout d'abord, on commence par le calibrage de notre appareil réglé pour chaque paramètre, généralement l'étalonnage est recommandé environ une fois par mois avec des solutions de conductivité ou (MES), tous ce qu'il faut c'est de rincer l'appareil trois fois avec cette solution après avoir appuyé sur « COND » pour sélectionner le paramètre et on choisit la solution qui correspond sur l'écran ;

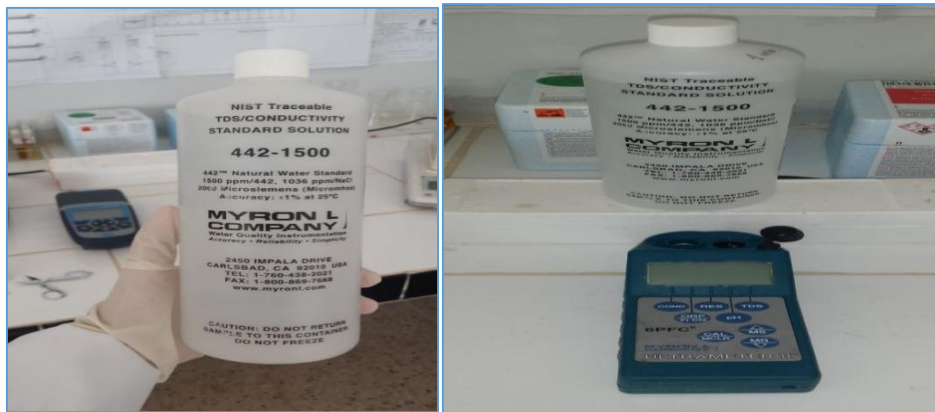


Figure IV.17 : Calibrage de l'appareil avec solution TDS.

- La même chose pour L'étalonnage avec des solutions de pH qui doivent être exécuté deux fois par mois ;
- Il existe trois types de solution pour calibrer cet appareil (basique, neutre, et acide).



Figure IV.18 : Calibrage de l'appareil avec solution pH.

IV.7.6. Procédure d'analyse avec le multimètre

Dans la station de Ain TOLBA on utilise cet appareil à multifonctions pour mesurer l'Oxygène dissous, l'analyse s'effectue au niveau des bassins d'aération par une opération rapide et très simple. Le laborantin fait descendre la sonde dans le bassin d'aération, après

l'avoir allumé et programmer selon le paramètre, et tous juste quand le zéro s'affiche sur l'écran, en quelques secondes le résultat sera lisible sur en mg/l.



Figure IV.19 : Mesure d'oxygène dissous dans le bassin d'aération avec l'appareil multimètre.

IV.8. Conclusion

Après avoir finis tous les analyses journalières et hebdomadaires, les mesures seront copier dans des tableaux et préserver, pour pouvoir ensuite juger la performance de la station, détecter et étudier en cas ou l'existence des anomalies, ainsi pour déduire le rendement de la station et avoir une idée globale du procédé, c'est pour cela ces analyses physico-chimique resteront une routine indispensable au quotidien la station.

Chapitre V

Performances épuratoire de
la station de AIN TOLBA

V.1. Introduction

Dans ce chapitre, on présentera la qualité de l'eau brute et celle épurée par la station d'épuration de AIN TOLBA fonctionnant avec le procédé d'oxydation alternée. On discutera notamment les performances épuratoires de cette station sur la base des analyses physico-chimiques suivantes: pH, oxygène dissous, matière en suspension MESML, température, matières azotées, phosphate, demande biochimique en oxygène DBO₅, demande chimique en oxygène DCO,... effectuées sur l'eau usée à l'entrée et à la sortie de la STEP.

L'étude a été basée sur les données (moyennes mensuelles) des années suivantes: 2010-2012 et 2013-2015 qui nous ont été fournies par les gestionnaires de cette station ainsi que sur nos analyses réalisées au niveau du laboratoire de la dite STEP et selon les modes opératoires décrits au chapitre IV. Ainsi, au sein du bassin d'aération primaire, certains paramètres ont été analysés et discutés pour vérifier leurs conformités avec le processus.

V.2. Historique de pannes affectant la STEP de AIN TOLBA

Dès la mise en exploitation de la station de AIN TOLBA, le site a rencontré de nombreux problèmes, les uns, liés au dysfonctionnement de certains équipements techniques et les autres, au non-paiement des factures d'énergie (Sonalgaz), se soldant par des coupures d'électricité et l'arrêt total de la STEP pendant plusieurs jours voire mois. Le tableau ci-dessous définit la chronologie et le type de ces pannes :

Tableau V.I : Historique et types de pannes au sein de la station.

Date	Problèmes rencontrés
27/11/2014	Défaut au niveau de pupitre, relai de contrôle de phase grillé RMTG20.
17/06/2015	Suppresseur n°1 en panne.
23/06/2015	Suppresseur en marche.
25/06/2015	Suppresseur en panne (même problème).
30/06/2015	Changement de courroie de surpresseur n°1 et mise en marche.
01/07/2015	Grande fuite au niveau bassin d'aération B1 (déboitement d'un coude).
07/07/2015	Réparation des fuites au niveau de bassin d'aération B1.
09/07/2015	Réparation des fuites au niveau de bassin d'aération B2.

19/07/2015	Fuite d'air bassin digesteur A.
03/08/2015	Fuite d'air, bassin d'aération B1.
21/08/2015	Déboitement d'un coude de réseau d'air, au niveau de bassin d'aération B2.
24/08/2015	Réparation des fuites au niveau de bassin d'aération B2.
13/10/2015	Changement d'installation d'extraction de boues de digesteur B en (PHD).
26/10/2015	Intervention au niveau de by-pass colmaté.
28/10/2015	Nettoyage de déshuileur et dessableur.
29/12/2015	La mise en service de compresseur, N°2, après la réparation (rembobinage de transformateur) ; Mise en marche de compresseur N°2, (55KW) par la variation de fréquence en mode manuel.
14/01/2016	Surpresseur n°3 en panne
27/01/2016	Réparation et mise en marche de surpresseur N°3
01/02/2016	Nettoyage de lit de séchage et le regard des huiles
06/03/2016	Réparation des fuites au niveau de bassin d'aération B2
31/03/2016	Panne au niveau de surpresseur N°3
De mars à Septembre 2016	Panne- coupure d'électricité
04/09/2016	Remise de l'électricité par Sonalagaz
06/09/2016	Mise en marche de la STEP
20/09/2016	Déboitement d'un coude au niveau de bassin d'homogénéisation
22/09/2016	Réparation au niveau de bassin d'homogénéisation
18/12/2016	Réparation des fuites au niveau de bassin d'aération B1 et B2
28/02/2017, Mars et Avril	Coupure de l'électricité (arrêt de la STEP)

V.3. Performance de la STEP, paramètres analysés à l'entrée et sortie

V.3.1. Le potentiel hydraulique (pH)

Les figures V.1, V.2, présentent les variations de la moyenne mensuelle du pH, de la période qui varie de 10 octobre 2010 jusqu'à le mois de mars 2015, par contre, la figure V.3, donne les variations journalières du pH des mois indiqués sur cette période de 2016 au 2017 :

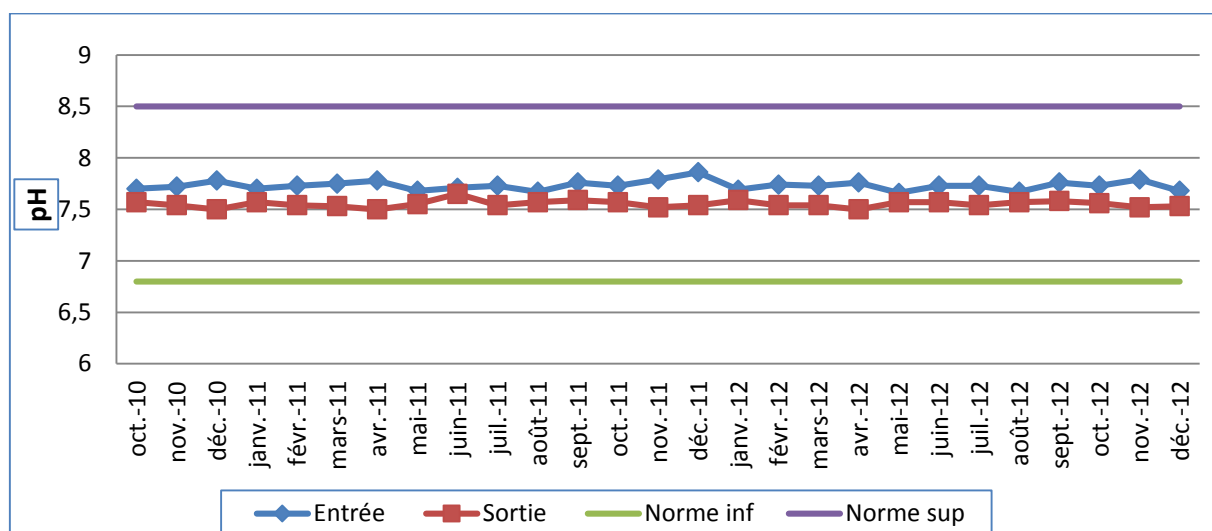


Figure V.1 : Variation de la moyenne mensuelle du pH à l'entrée et à la sortie de la STEP (période d'Octobre 2010 à Décembre 2012).

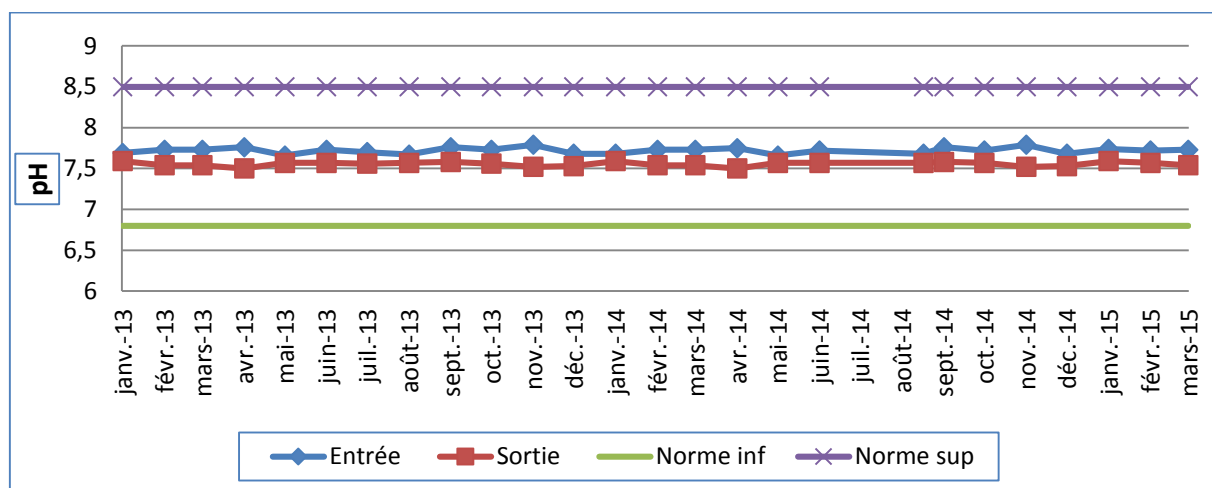


Figure V.2 : Variation de la moyenne mensuelle de potentiel hydraulique pH de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP (période de Janvier 2013 jusqu'à mars 2015).

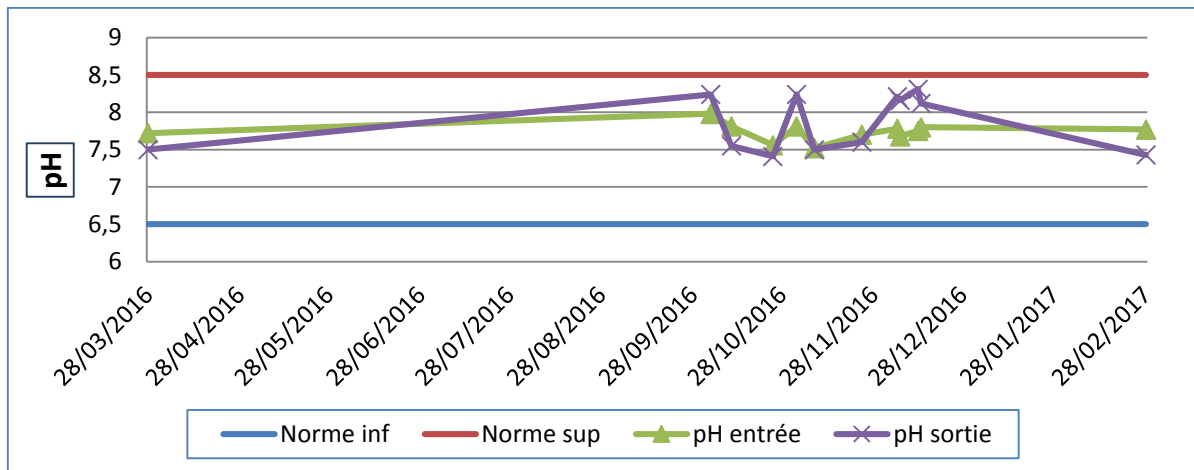


Figure V.3 : Variation journalière du pH à l'entrée et à la sortie (période 2016-2017).

La figure **V.1**, présente les résultats du pH à l'entrée et à la sortie de la STEP on distingue une neutralité du milieu, pour les eaux brutes elles varient entre **7.66** à **7.88**, ce qui est sans conséquence grave au niveau de l'impact écologique sur l'environnement car elles sont proches aux normes. En outre pour les valeurs du pH enregistrées à la sortie oscillent entre (**7.5** -**7.66**) restent respectivement dans la plage de norme de rejet algérienne et international (**6.5**-**8.5**) aussi pour les normes de la réutilisation des eaux épurées en irrigation.

Sur la figure **V.2**, on constate que pour les valeurs du pH à l'entrée ainsi à la sortie restent toujours proche de la neutralité aussi, **7.66** et **7.79** à l'entrée, **7.5** et **7.59** à la sortie, ce qui est favorable particulièrement pour le processus de nitrification, en l'occurrence cela respecte d'une part les normes de rejet d'autre part ces conditions ne représente aucun danger ni pour le sol, ni pour les cultures sachant que les valeurs de pH recommandées pour l'eau d'irrigation sont situées dans la gamme (**6** à **8.5**).

En examinant les résultats obtenus dans la figure **V.3**, il est clair que les valeurs du pH de l'eau brute sont comprises entre **7.52** et **7.98** ce qui est favorable pour l'action bactérienne. Les pH de l'eau traitée varient entre **7.41** et **8.31**. Les valeurs du pH sont situées dans la bonne gamme d'activités métabolique et conformes toujours aux normes de rejets ou de la réutilisation des eaux épurées en irrigation.

V.3.2. Température

Les figures au-dessous montrent les résultats de la variation de la température pour les trois périodes à l'entrée et à la sortie de la STEP :

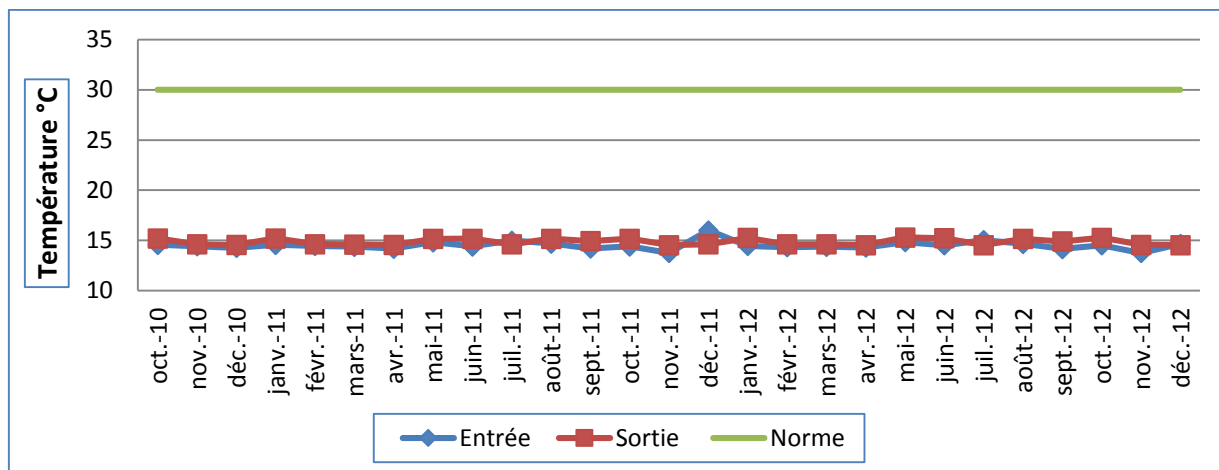


Figure V.4 : Variation de la moyenne mensuelle de la température (période d'Octobre 2010 à Décembre 2012).

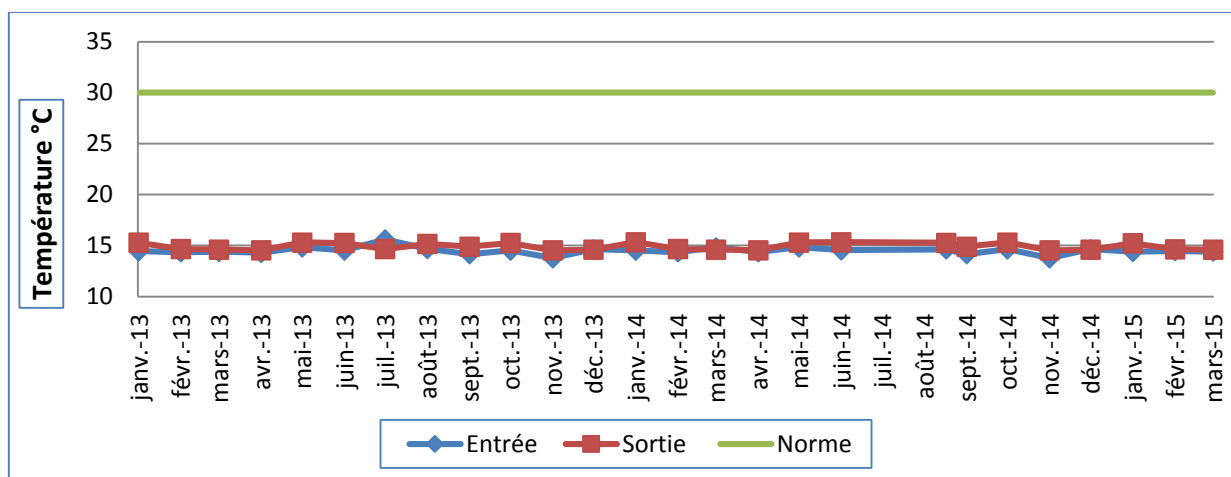


Figure V.5 : Variation de la moyenne mensuelle de la température (période de janvier 2013 à mars 2015).

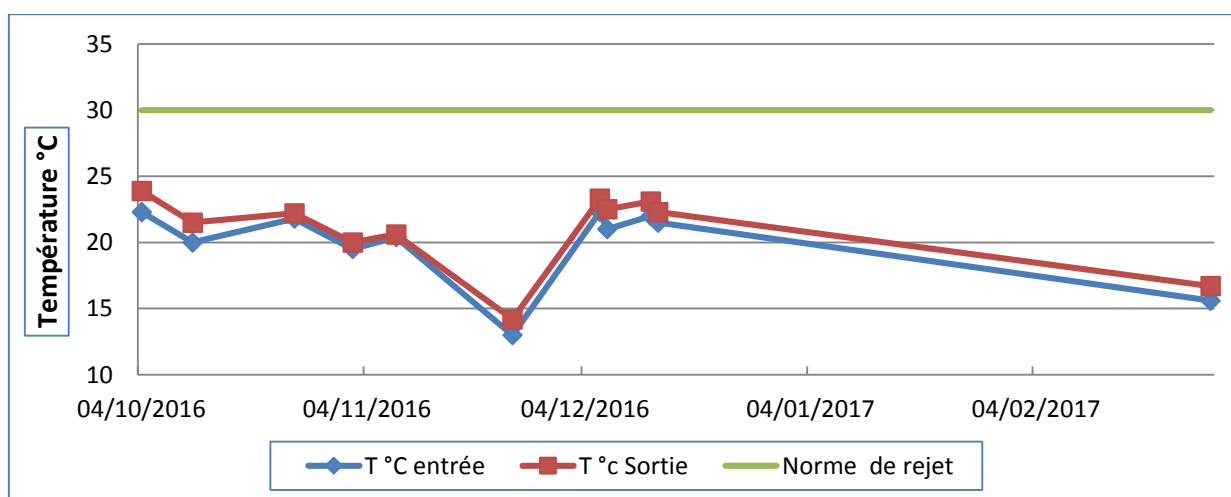


Figure V.6 : Variation journalière de la température °C (période 2016-2017).

D'après les résultats de la figure V.4, on remarque que les valeurs de la température à l'entrée de la STEP sont entre (13.76 °C- 16°C) et de (14.53°C-15.3°C) à sa sortie, elles sont

bien inférieurs et conformes à la norme de rejet **30°C** d'une part, et d'autre part aux normes d'irrigation.

Dans cette période les valeurs de la température représentées dans la figure **V.5** à l'entrée variant de **14.41°C** à **15.6°C** et à la sortie entre (**14.53°C-15.34°C**), on constate qu'elles sont très proches, répondent aux normes de rejets comme celles de la réutilisation en irrigation. En revanche, on remarque aussi qu'elles sont relativement basses mais pas assez pour déstabilisée l'activité bactérienne sachant que celle-ci décroît avec le froid, de plus la vitesse de nitrification est réduite voire très ralentie quand la température est en-dessous de **10°C** [89].

A partir de la figure **V.6**, qui montre les variations journalière de la température °C, on constate que les résultats à la rentrée ont une valeur maximal de **22.3°C** et minimal de **13°C** notamment elles sont proches des valeurs de l'eau traitée qui varie entre **14.2°C** et **23.9°C**. On remarque aussi la basse non négligeable de la température le jour de 28/11/2016 qui est justifié probablement par un changement climatique. Or, ces enregistrements sont inférieurs aux normes de rejets **30°C** comme à la limite recommandée pour l'eau de l'irrigation soit **25°C**.

V.3.3. Demande biologique en Oxygène (DBO₅)

Les figures suivantes **V.7** et **V.8**, traitent les résultats de la variation des moyennes mensuelles de la demande biologique en oxygène à l'entrée et la sortie de la STEP, pour une période qui varie d'Octobre 2010 à Mars 2015, en revanche la figure **V.9**, montre la variation journalière de la DBO₅ des mois indiqués sur la figure :

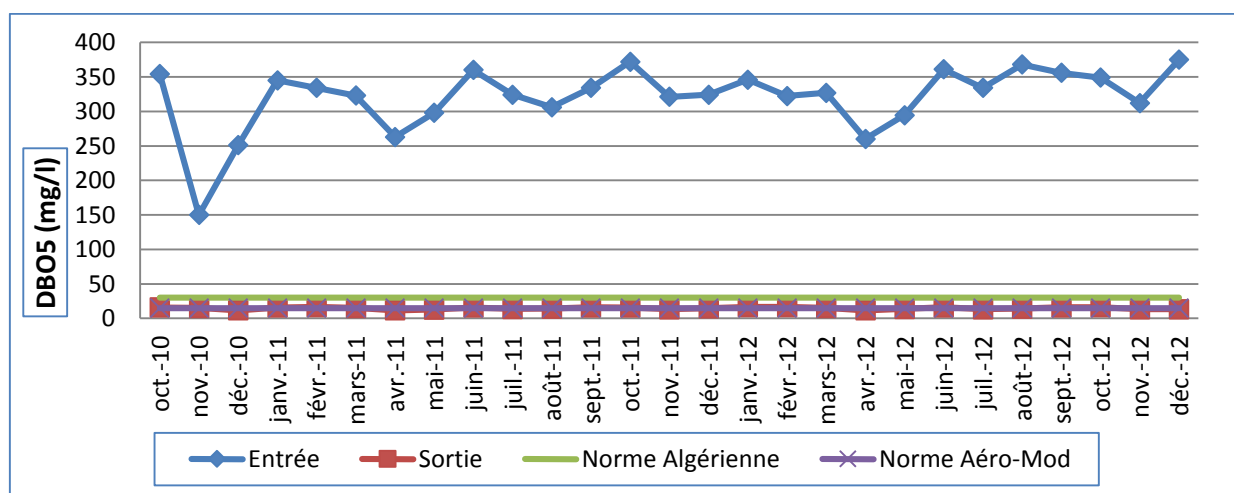


Figure V.7 : Variations de la moyenne mensuelle de la DBO₅ (période d'Octobre 2010 à Décembre 2012).

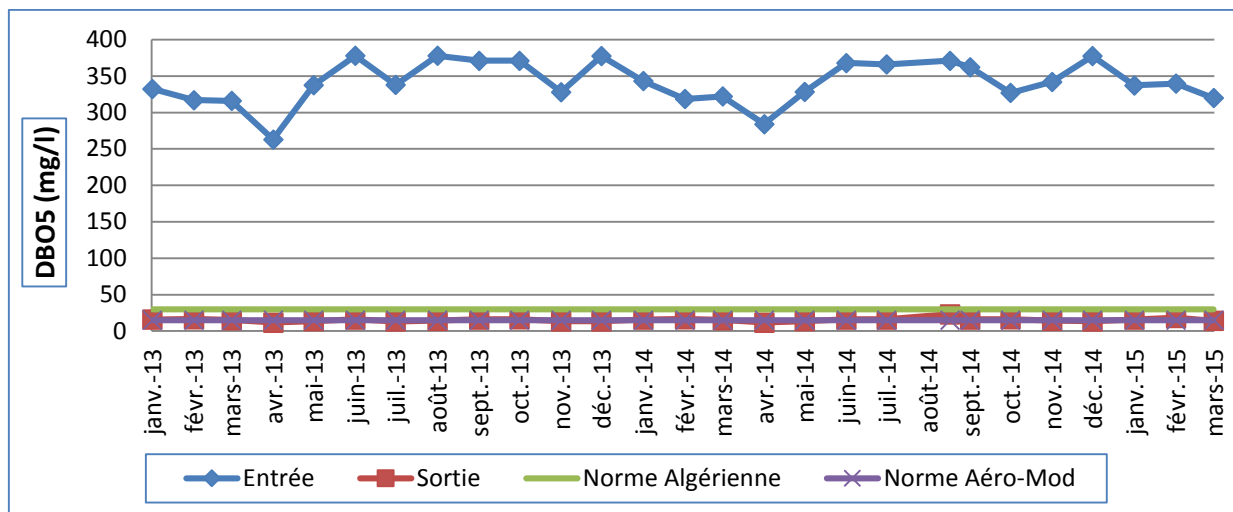


Figure V.8 : Variations de la moyenne mensuelle de la DBO₅ (Janvier 2013 à Mars 2015).

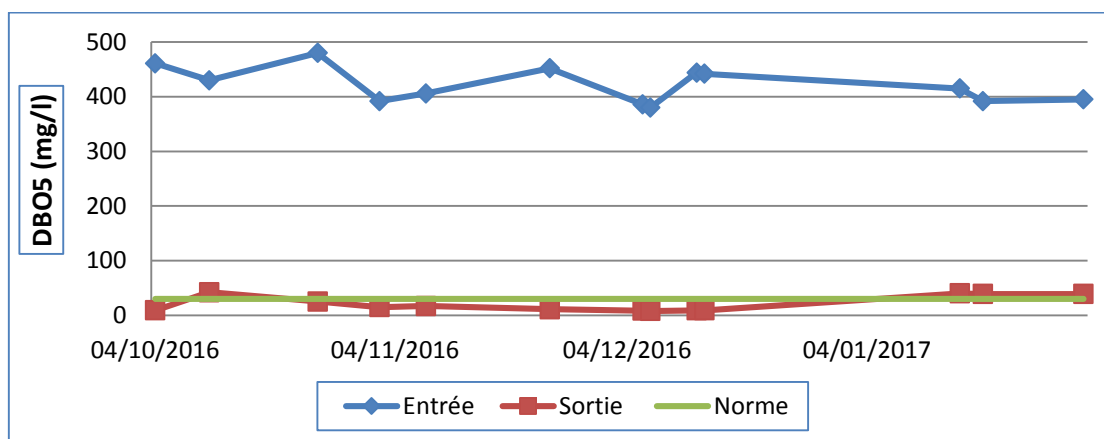


Figure V.9 : Variation journalière de la DBO₅ des mois indiqués dans la période (2016-2017).

Selon la figure V.7, la DBO₅ de l'eau à l'entrée varie entre **150** et **374.8** mg/l. Pour l'eau traitée on distingue que les valeurs de la DBO₅ sont entre **11.64** et **16.64** mg/l, cela est largement inférieure aux normes de rejets des eaux usées fixées (**<35mg/l**) et celles de la réutilisation en irrigation (**<30mg/l**). En outre, le critère de la qualité d'effluent à la sortie de la STEP fixée par Aero-Mod (DBO₅ < 15mg/l) est aussi respecté avec une moyenne de **14.62**mg/l < **15**mg/l. Le rendement d'abattement de la DBO₅ durant cette période varie de **89.87%** à **96.42%**, avec une moyenne de **95.32%** est appréciable.

Pour la figure V.8, on remarque que l'eau brute à l'entrée varie de **263** à **378** mg/l, cependant à la sortie sont entre **11.23** et **23** mg/l avec une moyenne de **15.21** mg/l qui reste au-dessous de la norme de rejet (**<35** mg/l), de plus pour les rendement ils sont entre **93.8 %** et **96.44%** avec une moyenne de **95.51%** indiquant donc qu'une grande concentration a été éliminée par ce procédé car il y'a une dégradation importante de la charge polluante .

Les résultats sur la figure V.9, indiquent la variation de la DBO₅ de l'eau brute qui est située entre **380** et **480** mg/l. Pour l'eau épurée, on remarque que la DBO₅ oscille entre **7.9** et **42** mg/l avec une moyenne de **21.23** mg/l avec un rendement situé entre **90.05** et **94.13%** (soit une moyenne de **98.07%**). En revanche, on remarque que les jours : 11/10/2016, 16/01/2017, 19/01/2017 et 01/02/2017 ont pour valeurs respectivement: **42, 40, 39** et **39** mg/l. Ces derniers dépassent la norme de **30** mg/l et qui est probablement due à la mauvaise aération au niveau des bassins B1et B2, les pannes au niveau de surpresseur et les fuites d'air qui ont touchées la station durant cette période (voir tableau V.1).

V.3.4. Demande chimique en Oxygène (DCO)

Les figures V.10 et V.11, montrent les résultats de la variation des moyennes mensuelles de la demande chimique en oxygène à l'entrée et la sortie de la STEP d'une période qui varie de mois d'OCTOBRE 2010 jusqu'à le mois de MARS 2015 :

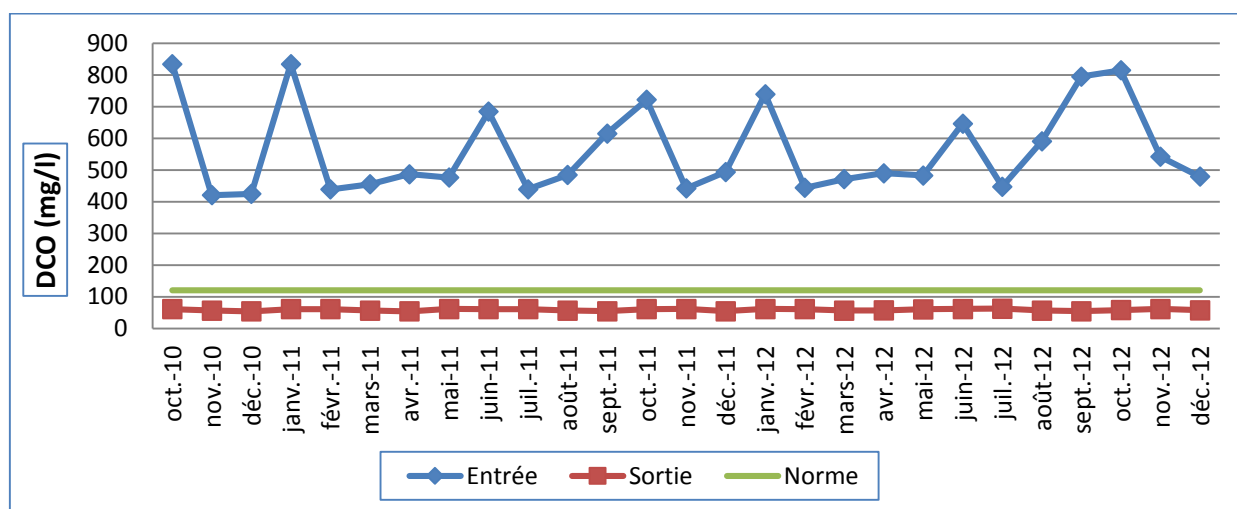


Figure V.10 : Variation de la moyenne mensuelle de la DCO (période d'Octobre 2010 à Décembre 2012).

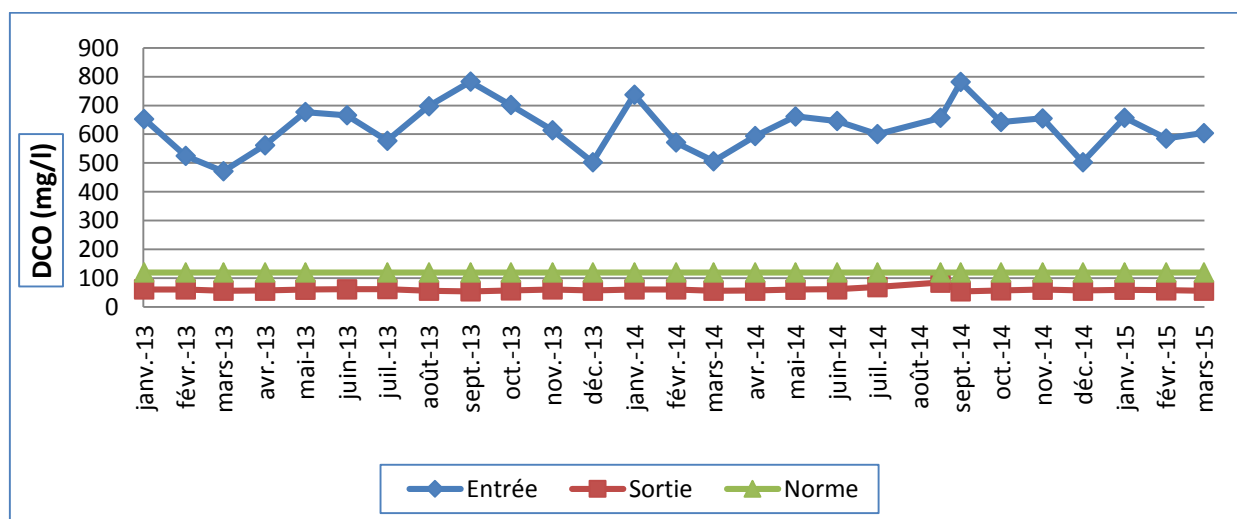


Figure V.11 : Variation de la moyenne mensuelle de la DCO (2013 à 2015).

La figure V.10, montre les valeurs de la concentration de la DCO des usées brutes de la STEP qui varient entre **420.8** et **834.25** mg/l à l'entrée (inférieur à **1000**mg/l), et des résultats compris entre **54** et **62.2**mg/l et une moyenne de **58.53**mg/l enregistrés à la sortie. Ces valeurs sont bien au-dessous de la norme de rejet qui est **120**mg/l, donc on peut conclure qu'une grande partie de concentration chimique a été éliminée par ce procédé, car il y'a une dégradation de la charge polluante avec un rendement d'élimination moyen de **86.10**%.

Dans cette période et à la lumière des résultats obtenus dans la figure V.11, Les teneurs en DCO enregistrées à l'entrée de la STEP sont comprises entre **471** et **782.5** mg/l elles sont dans la plage (inférieur à 1000mg/l), de plus pour les eaux épurées (sortie) sont variées entre **54.5** et **85**mg/l avec une moyenne de **60.05**mg/l. On constate que ces valeurs sont conformes aux normes de rejet algérienne (<**120**mg/l), avec un bon rendement d'élimination (une moyenne de **90.21**%).

V.3.5. Les matières en suspension (MES)

Les figures V.12 et V.13, présentent les variations de la matière en suspension à l'entrée et la sortie de la station d'épuration pour une période qui varie de de mois d'OCTOBRE 2010 jusqu'au le mois de MARS 2015 :

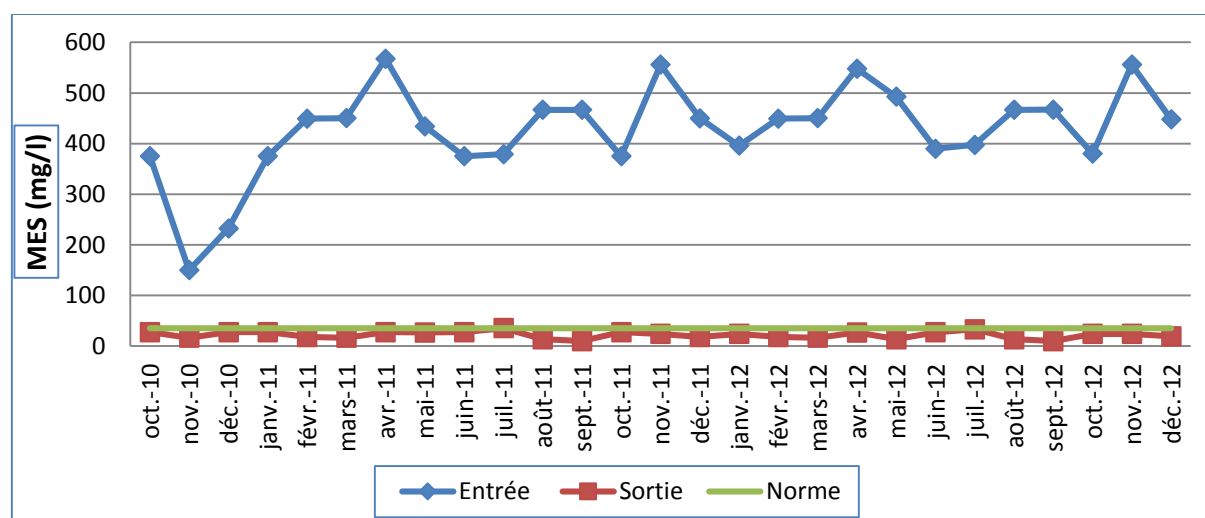


Figure V.12 : Variation de la moyenne mensuelle des MES (2010 à 2012).

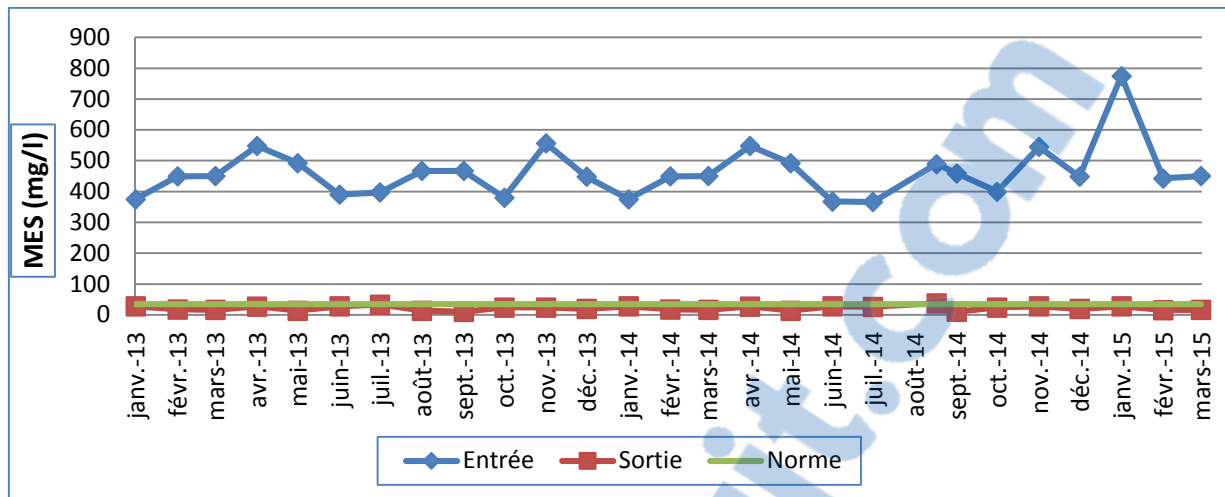


Figure V .13 : Variation de la moyenne mensuelle MES (2013 à 2015).

En examinant les résultats d'analyses sur la figure **V.12**, on remarque que la quantité des MES à l'entrée est située entre **150** et **567.5** mg/l, cela est inscrit bien dans la plage des valeurs généralement admise pour une eau usée urbaine de caractéristique domestique (**< 600** mg/l). En ce qui concerne les eaux épurée à la sortie, les résultats varient entre **10** et **35.5** mg/l , avec une moyenne de **22.04** mg/l qui supérieur à la fourchette de qualité fixé par Aero-Mod (**<20** mg/l) ,

Or toutes les valeurs sont inférieures a la norme de rejet Algérienne (**<35** mg/l) mise à part, le mois de juillet 2011 , ou on remarque un léger dépassement de **0.5** mg/l , cela est due à une mauvaise décantation de la boue dans le clarificateur, En revanche dans les autres mois des trois années, on a rendement d'abattement de la MES d'une moyenne de **94.43** % signe de bonne élimination de la matière en suspension .

La figure **V.13**, montre la quantité des MES à l'entrée de la STEP, qui est située entre **366** et **775** mg/l, ces valeurs sont (**<600** mg/l) excepté la concentration le mois de janvier 2015 qui présente la valeur maximal aperçu sur la courbe de **772** mg/l (eau usée chargée en pollution). Cependant pour les eaux épurées elles varient entre **10** et **37.67** mg/l qui ne respecte pas forcément la concentration de MES fixé par Aero-Mod pour un effluent de bonne qualité (**MES<20** mg/l), du reste si on prend la concentration moyenne de cette période **21.81** mg/l, et mis à part un petit dépassement lié à une mauvaise décantation le mois d'Aout 2014 (**37,67** mg/l), toutes les valeurs sont aux normes (**<35**mg/l) , avec un bon rendement d'abattement moyen de MES qui avoisine **95.21%**, signe de bonne efficacité de traitement.

V.3.6. Matières azotées

A) L'Azote ammoniacal (NH_4^+)

Les figures V.14, V.15, montrent les résultats des variations de la moyennes mensuelles d'Azote ammoniacal NH_4^+ , à l'entrée et la sortie de la STEP durant la période qui prolonge du mois d'Octobre 2010 jusqu'au mois de Mars 2015. Or pour la figure V.16, présente la variation journalière de ce paramètre prise les jours indiqués sur la figure :

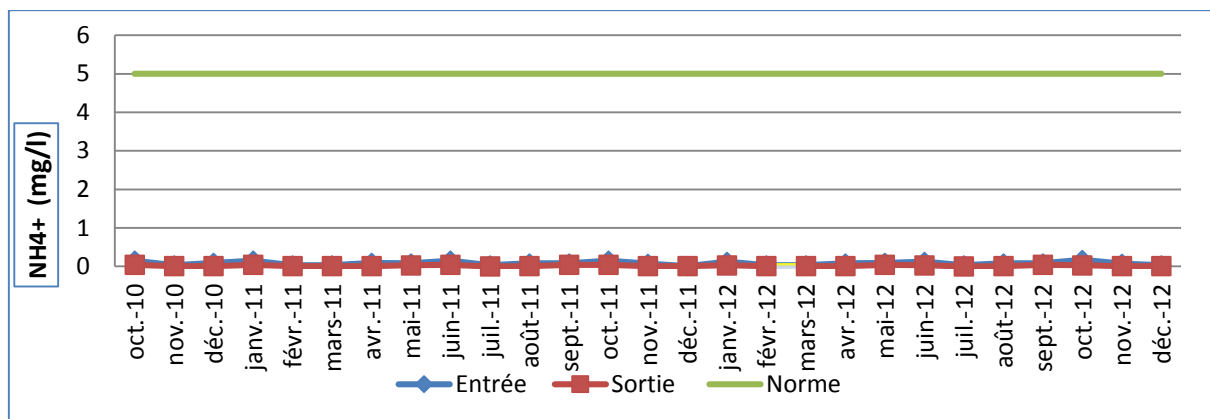


Figure V.14 : Les variations de la moyenne mensuelle de la teneur en azote ammoniacal durant la période d'octobre 2010 à décembre 2012.

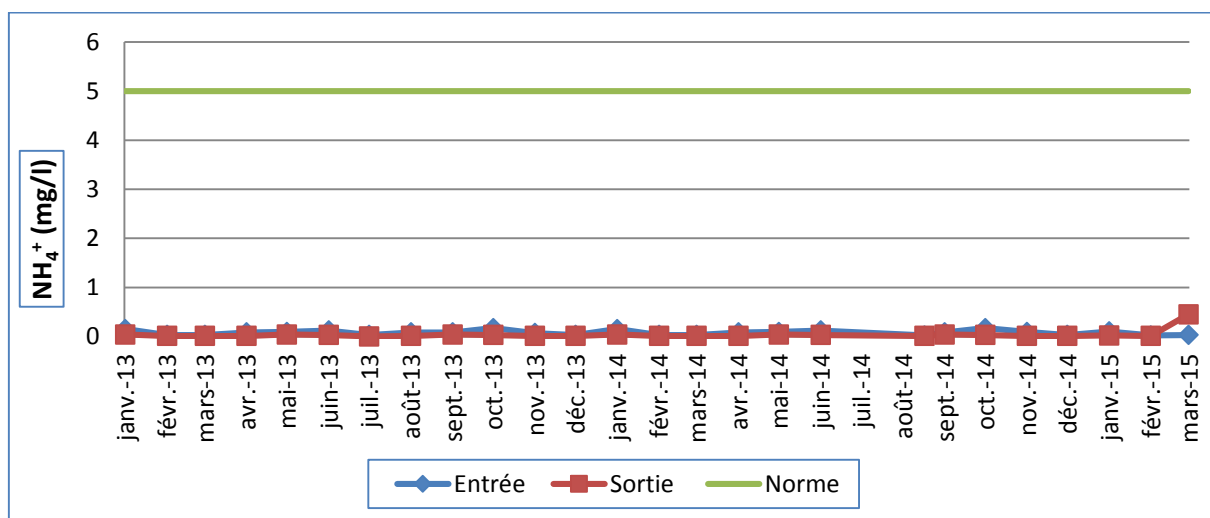


Figure V.15 : Les variations de la moyenne mensuelle de la teneur en azote ammoniacal durant la période de janvier 2013 à mars 2015.

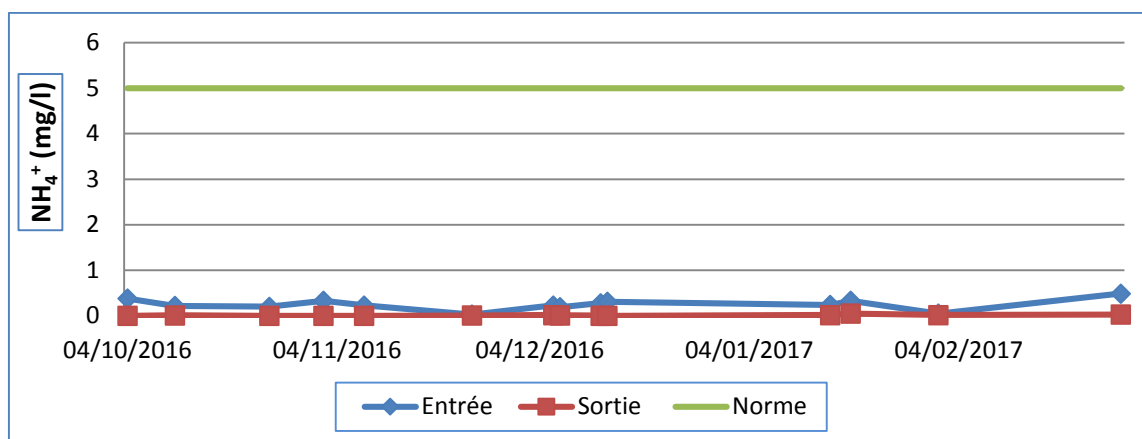


Figure V.16 : Les variations journalières de la teneur d'Azote ammoniacal présent dans les mois indiqués durant cette période de 2016-2017.

Les figures V.14, V.15, et V.16, présentent la variation de la concentration de l'azote ammoniacal NH_4^+ à l'entrée et à la sortie de la station durant les trois périodes c'est-à-dire de mars 2010 à Février 2017. Selon les résultats distingués dans ces figures on remarque que durant les trois périodes la différence de concentration d'azote ammoniacal à l'entrée et à la sortie nous renseigne sur une légère variation. A l'entrée la concentration en NH_4^+ est très faible varie de **0.01 mg/l** à **0.17 mg/l**, ceci est en fonction de qualité et l'origine domestique de cette eau usée à la faible teneur en NH_4^+ . Concernant les valeurs signalées à la sortie après traitement sont éloignées et au-dessous de la norme (<5 mg/l) variant de **0** à **0.45 mg/l**.

B) Nitrite (NO_2^-)

Les figures V.17, V.18 et V.19, montrent les résultats des variations du Nitrite, à l'entrée et la sortie de la STEP :

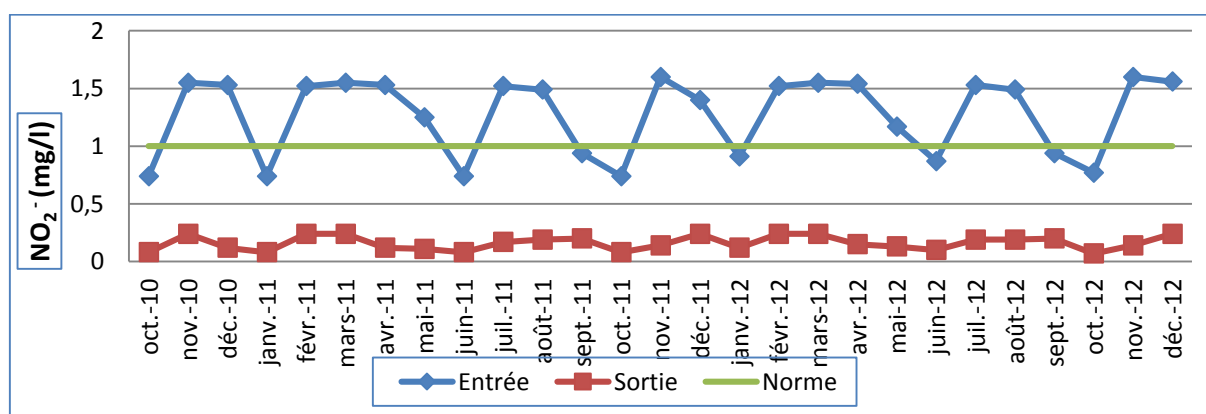


Figure V.17 : Variation de la concentration moyenne mensuelle de Nitrite (2010- 2012).

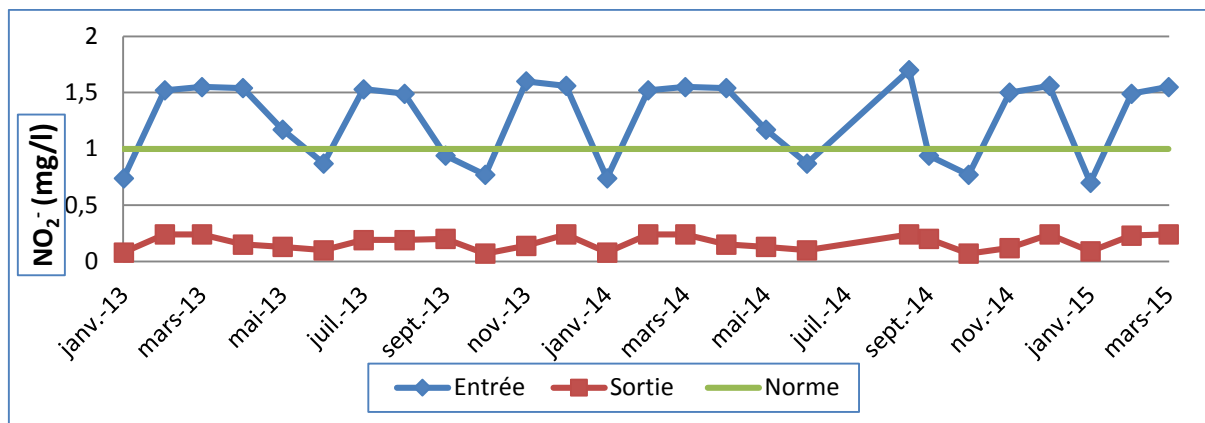


Figure V.18 : la variation mensuelle de la concentration en Nitrite enregistrée (2013- 2015).

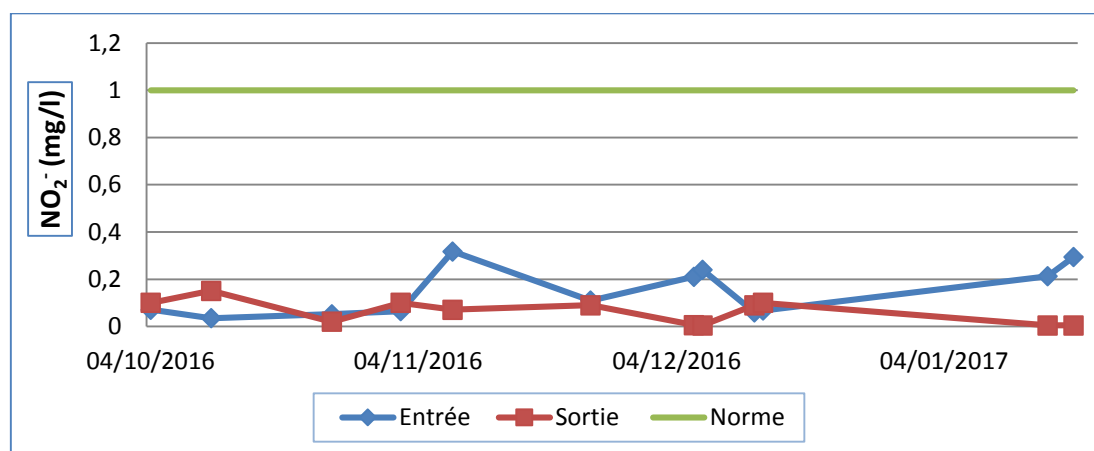


Figure V.19 : Variation de la concentration journalière de la teneur en Nitrite à la sortie-entrée de la station prise chaque mois mentionnés sur la période (2016-2017).

D'après les résultats obtenus sur la figure V.17, on remarque que la teneur en nitrite des eaux usées brute est très faible variant de **0.74** à **1.6** mg/l, et pour les eaux traitées à la sortie on constate qu'elle oscille entre **0.05** et **0.28** mg/l. Cependant la moyenne de la concentration des nitrites au cours de suivi est de **0.16** mg/l est inférieur aux normes algérienne (<1mg/l).

La figure V.18, donne la variation de la concentration de nitrite à l'entrée qui se situe entre **0.7** et **1.7** mg/l reste toujours faible selon la qualité des eaux usées entrante dans la station, de surcroit concernant les eaux traitée, aucune anomalie est à signalée vu que la concentration de nitrite à la sortie reste très basse vis-à-vis la norme de rejet (<1 mg/l) elle varie de **0.07** à **0.24** mg/l pour une concentration moyenne de **0.17** mg/l.

En ce qui concerne cette période, et en s'appuyant sur les résultats enregistrés sur la figure V.19, on remarque que la teneur en nitrite des eaux usées brutes et traitées est très faible ainsi proche les unes des autres notamment avec une légère différence. Les valeurs signalées

après traitement varie de **0.005** et **0.363** mg/l cependant cela est largement inférieur à la limite fixée (1/mg/l).

C) Nitrate (NO_3^-)

Les figures V.20 et V.21, montrent les résultats des variations de la moyennes mensuelles de Nitrate, à l'entrée et la sortie de la STEP durant la période qui prolonge du mois d'Octobre 2010 jusqu'au mois de Mars 2015 :

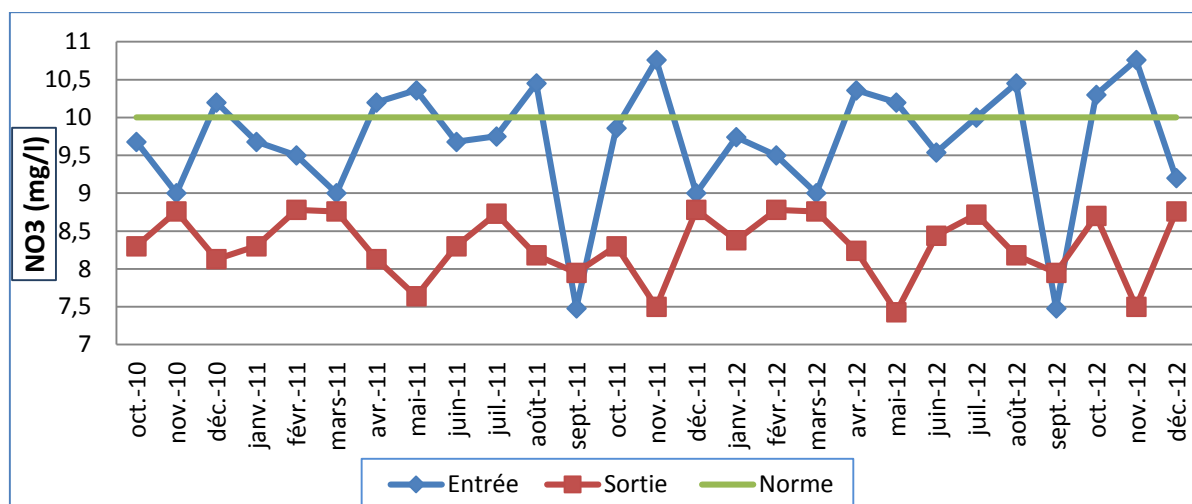


Figure V.20 : Variation moyenne mensuelle de Nitrate (2010-2012).

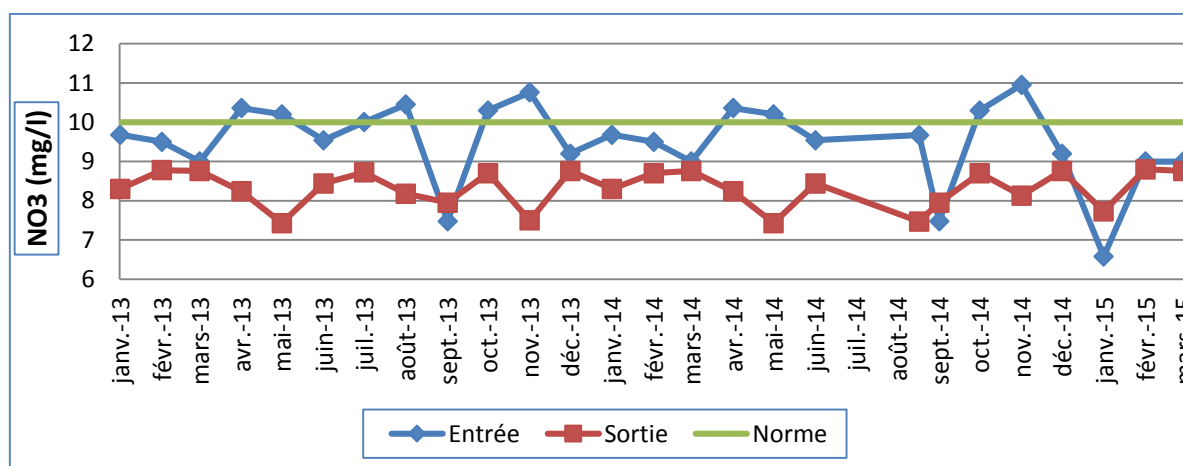


Figure V.21: Variation moyenne mensuelle de NO_3^- (janvier 2013 à mars 2015).

D'après les résultats obtenus sur la figure V.20, on remarque que la teneur des nitrates obtenus après les analyses varie de **7.48** à **10.67** mg/l à l'entrée et de **7.78** à **8.78** mg/l à la sortie avec une moyenne de **8.31** mg/l après traitement. De ce fait on déduit que les valeurs de nitrates restent respectivement au-dessous de la norme de rejet fixée de (**10** mg/l).

Dans la figure V.21, on observe les résultats des valeurs mensuelle des nitrates qui varient dans un intervalle ayant un minimum de **6.58 mg/l** et à un maximum de **10.95mg/l** pour les eaux brutes à l'entrée de la station , Ainsi entre **7.43 mg/l** à **8.8 mg/l** (soit une moyenne de **8.3 mg/l**) à la sortie de la STEP après épuration , ces valeurs resettent inferieures à la limite fixé par la norme algérienne et celle de l'OMS (soit **10 mg/l**).

V.3.7. Ortho phosphate

Les figures au-dessous montrent les résultats des variations d'Orthophosphate :

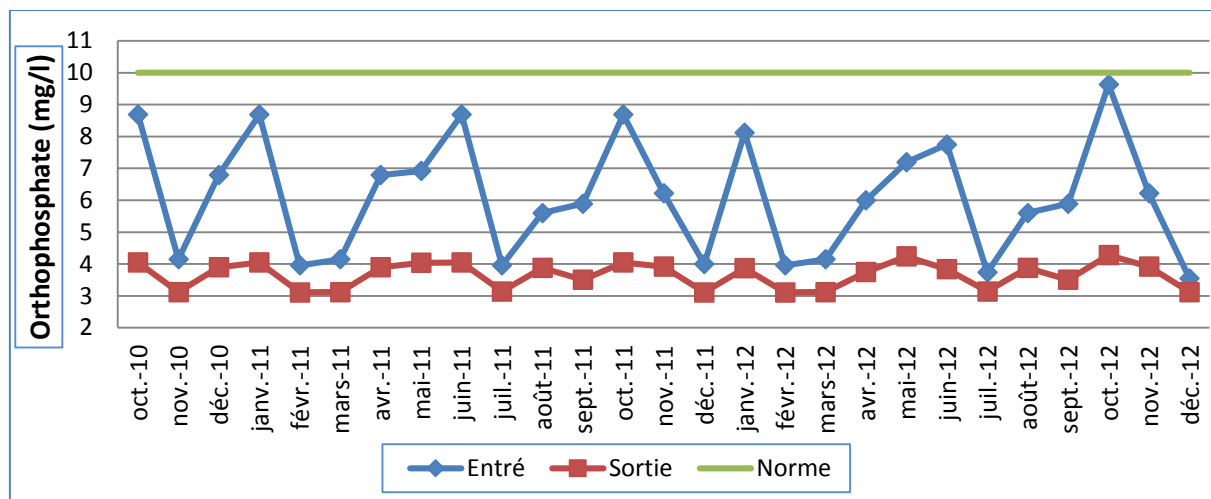


Figure V.22 : Variations mensuelles d'Ortho phosphate (octobre 2010 à décembre 2012).

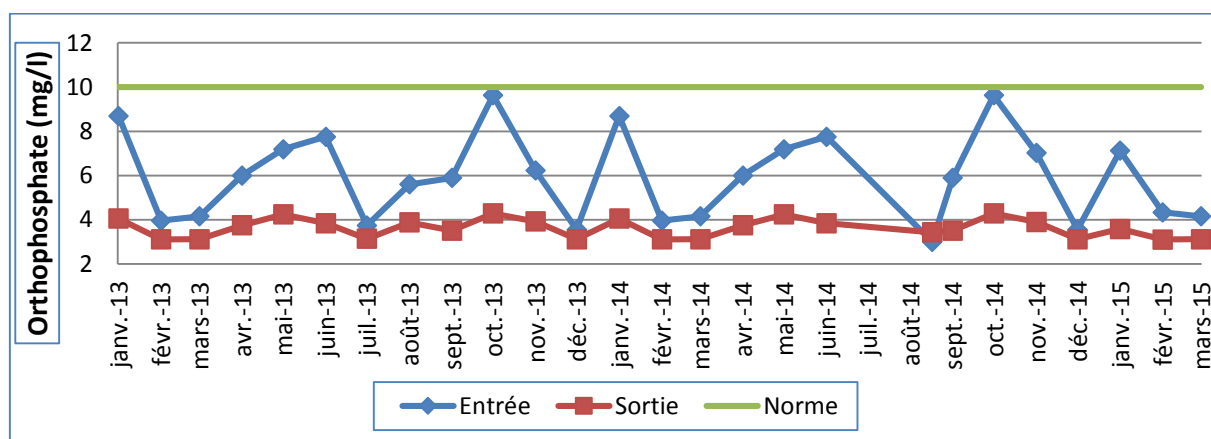


Figure V.23 : Variations mensuelles d'Orthophosphate (janvier 2013- mars 2015).

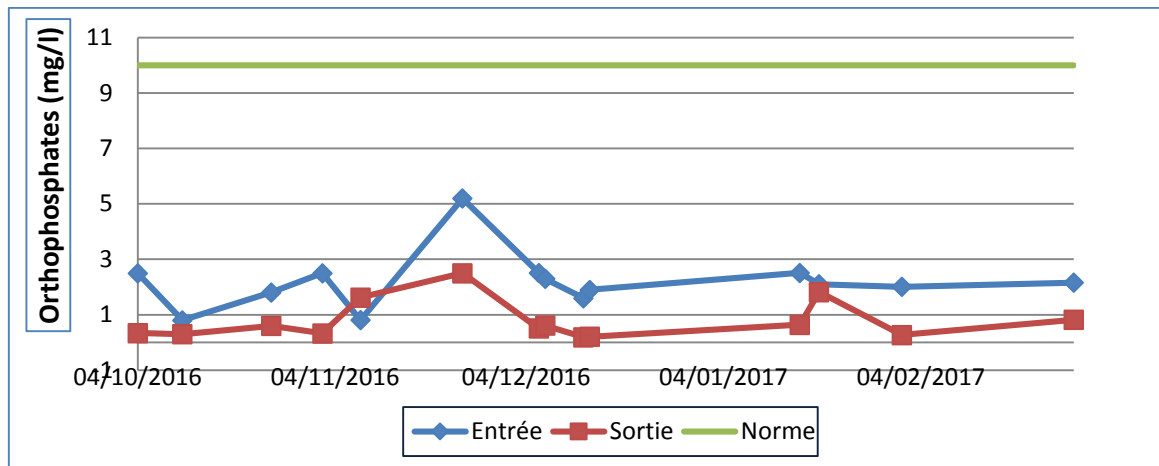


Figure V.24 : Variation journalière de la concentration d'Ortho phosphate (2016-2017).

D'après les valeurs obtenues sur la figure V.22, de la concentration d'Orthophosphate, on constate qu'en entrée les valeurs varient entre 3.55 et 9.63 mg/l pour les eaux brutes, et pour les eaux épurées les concentrations oscillent entre 3.11 et 4.28 mg/l avec une moyenne de 3.65 mg/l, ces valeurs respectent les normes algériennes comme internationales signe de bonne déphosphatation et complète dans les bassins d'aération.

Sur cette figure V.23, la concentration d'Orthophosphate à l'entrée est incluse dans un intervalle d'une valeur minimal de 3 mg/l et maximal de 9.63 mg/l, Or pour les eaux épurées les résultats sont stable et bien inférieur à la norme algérienne de rejet indiquée (<10mg/l) elles varient entre 3.1 et 4.16 mg/l avec une moyenne de 3.51mg/l, cela est signe d'une bonne déphosphoration et complète.

La figure V.24, Présente les concentrations d'Orthophosphate journalières, dont on peut distinguer que pour l'eau brute les valeurs sont comprises entre 0.8 mg/l et 5.2 mg /l, alors que pour les eaux épurées elles sont faible oscillant entre 0.19 et 2.5 mg/l avec une moyenne de 0.73 mg/l. On remarque que ces valeurs respectent les normes de rejet algérienne et internationale (<10 mg/l).

V.4. Paramètres de fonctionnement de procédé d'Oxydation Alternée

Aero-Mod

Afin d'évaluer les performances de la nouvelle station de Ain Tolba et ces capacités à éliminer la pollution contenu dans l'eau brute, on ciblera dans cette partie certains paramètres qui indiqueront le bon ou le dysfonctionnement de cette station avec ce procédé. Pour le procédé

des boues activées, il existe des problèmes qui présentent son plus grand point faible, d'ordre biologique qui tombent sous deux grandes catégories :

- Boues à sédimentation difficile ;
- Problèmes d'écume.

Ils sont liés aux micro-organismes vivant, qui limiteront la fiabilité de ce genre de station car ils ne réagissent pas nécessairement selon nos désirs hormis, la vigilance et la maîtrise de ces organismes est parfois délicate c'est pour cela l'efficacité épuratoire reste étroitement dépendante de la maintenance des paramètres de fonctionnement d'une manière rigoureuse dans les fourchettes qu'on va discuter par suite.

V.4.1. Le potentiel hydraulique dans les bassins d'aération primaire

Les figures suivantes montrent les variations du pH au sein du bassin d'aération :

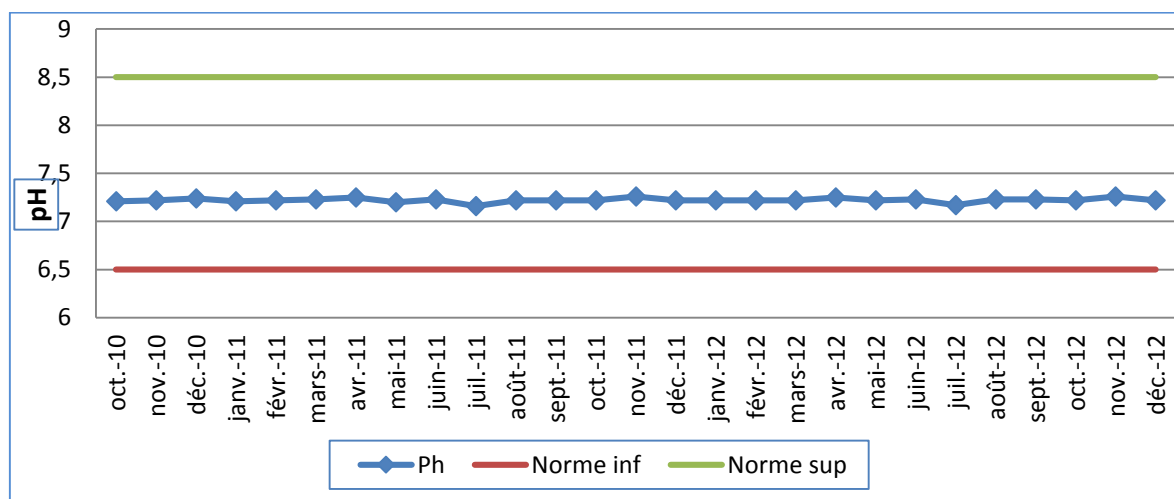


Figure V.25 : Variations des moyennes mensuelles du pH (octobre 2010-décembre 2012).

le comportement du pH dans le bassin biologique est très important, c'est un paramètre très essentielle pour le bon déroulement de processus métabolique et qui conditionnera la vitesse premièrement de la nitrification sachant que tant qu'il est maintenu dans une gamme comprise entre **7.2** et **8.5** elle ne sera pas influencé par le pH [90], ainsi si ce dernier est un peu plus acide ou un peu plus basique il peut la ralentir, bien que les bactéries puissent s'adapter à ces conditions. En deçà de **6**, la nitrification est complètement inhibée ce qui est également le cas pour les pH très basiques [89]. Dans la figure **V.25**, on remarque sur cette période que les pH varient uniformément entre **7.21** et **7.26** avec une moyenne de **7.22**, il respecte parfaitement la norme.

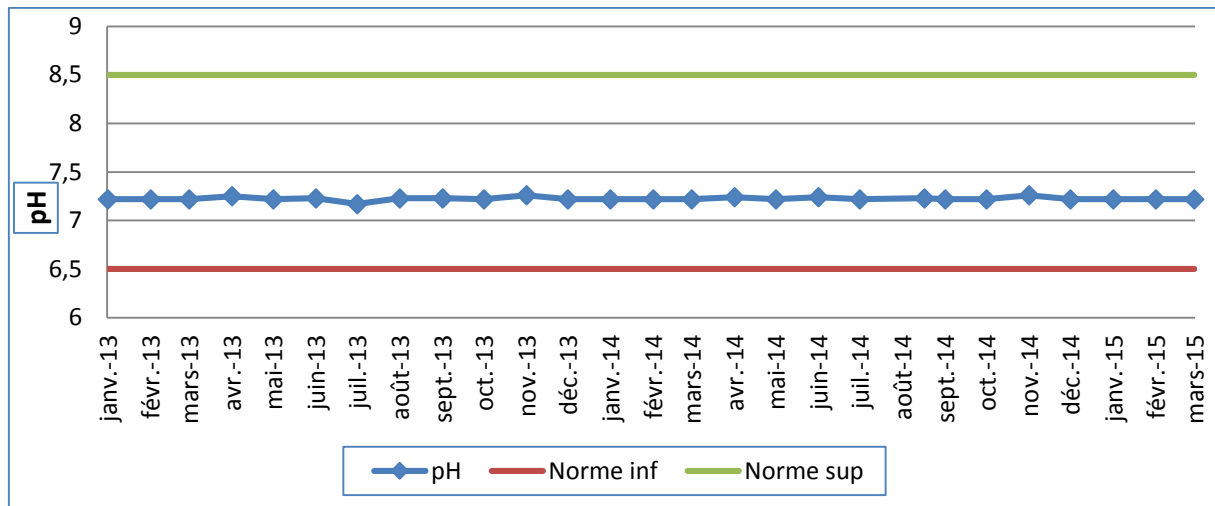


Figure V.26 : Variations de la moyenne mensuelle du pH (janvier 2013-mars 2015).

A la lumière des résultats du pH obtenus dans cette période et illustrés sur la figure V.26, on remarque une stabilité de pH dans un intervalle limité par une valeur minimal de **7.23** et valeur maximal de **7.25**, donc le critère influençant sur le processus de nitrification est respecté, en effet si la nitrification et dénitrification est complète, non spontanée, suffisante et maitrisable cela évitera le problème de matière flottante instable qui se traduit par le phénomène de dénitrification au niveau du clarificateur (due au microbulle gazeux au sein des floes de boues) [90].

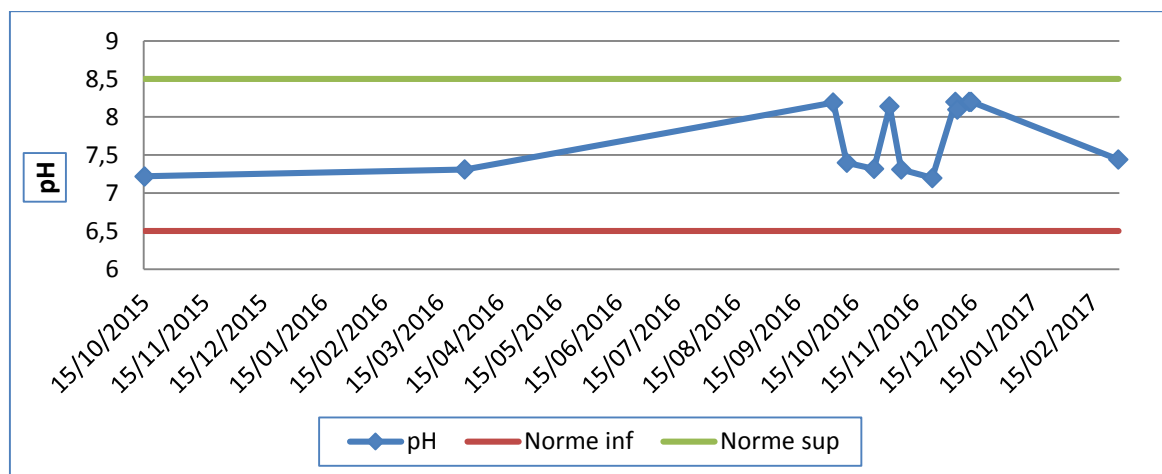


Figure V.27 : Variations du pH journalier prise chaque mois motionné durant la période (2016-2017).

Sur cette période et sur la figure V.27, on constate que la valeur maximale du pH est de **8.2** et minimale **7.2**, et une moyenne qui avoisine **7.71** cependant cela n'a aucune influence sur les processus métabolique puisque ces valeurs restent incluses dans les normes.

V.4.2. L'oxygène dissous dans le bassin biologique et bactérie filamenteuse

Partant du fait que l'une des causes principales de la mauvaise décantation est liée aux bactéries filamenteuses quand elles prédominent le milieu au sein du bassin biologique qui contribuera par suite au dysfonctionnement du procédé, sachant qu'il y a deux types de ces bactéries : *S. Natans* et le type 1701 capable de se multiplier rapidement pour donner des biomasses à corpulence prononcée, et cela est catalysé en milieu pauvre en Oxygène dissout [91]. Hormis, le fait qu'elles permettent la réduction de DBO car elles sont consommatrices des matières organiques, elles empêchent la sédimentation des boues et donnent lieu à un taux élevé de matière en suspension. En conséquence pour ce système conçu par Aero-Mod il est primordial de garder le niveau d'Oxygène dissous dans les bassins d'aération entre 1 et 3 mg/l sachant que si il est < 1 cela causera une mauvaise décantation (résulte d'un mal fonctionnement du surpresseur d'air ou forte charge organique), si il est > 3 entraînera une perte d'électricité [92]. Les figures V.27 et V.28, présentent les variations mensuelles d'oxygène dissous dans le bassin d'aération primaire d'une période qui s'étend du mois d'Octobre 2010 jusqu'au mois de Mars 2015 :

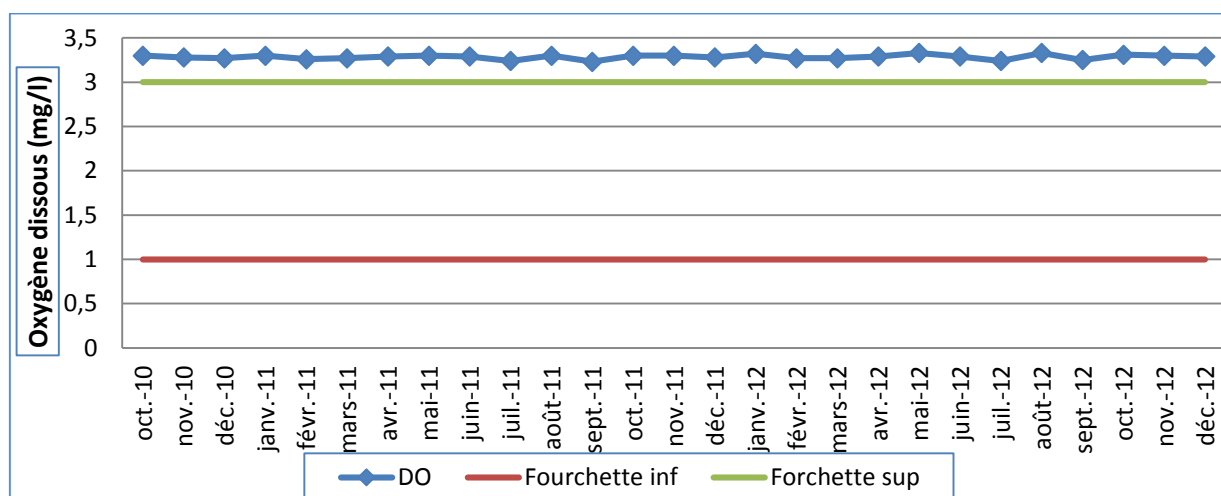


Figure V.28 : Variations moyenne mensuelle d'Oxygène dissout dans cette période.

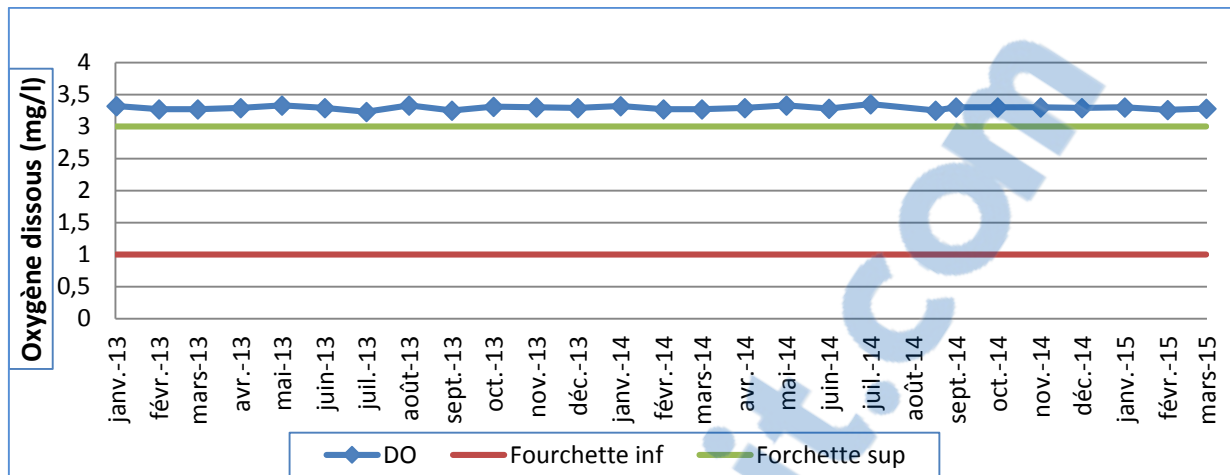


Figure V.29 : Variations moyenne mensuelle d'Oxygène dissout dans cette période.

Dans la figure V.27 et V.28, on remarque que l'Oxygène dissout varie entre 3.2 et 3.3 mg/l avec une moyenne de 3.3 mg/l, on constate un faible dépassement de la fourchette indiqué par Aero-Mod de 0.3 mg/l. Or il n'est pas loin non plus de la limitation donc il n'a aucun impact sur le traitement mais une petite perte d'énergie électrique.

V.4.3. Les matières en suspension (MESML)

Les boues activées peuvent être définies comme un mélange de micro-organismes qui digèrent la pollution biodégradable dans les eaux usées, plus précisément ce système contient des bactéries en suspension qui requièrent d'oxygène pour traiter cette eau brute [93]. En rajoutant de l'air avec des diffuseurs montés au fond du bassin d'aération, cela crée une turbulence qui mélangera les bactéries avec les matériaux organique et les maintient en suspension, cette combinaison est appelé la liqueur mixte.

Pendant le procédé, les bactéries se reproduisent, dans ce moment il n'y a plus de bactéries qu'initialement. La population de micro-organismes est alors appelé « Matière organique en suspension de la liqueur mixte » MESLM. L'expérience Aero-Mod a montré que pour obtenir un bon traitement se requiert grâce à une population optimale, c'est-à-dire une concentration optimale des MESLM [94].

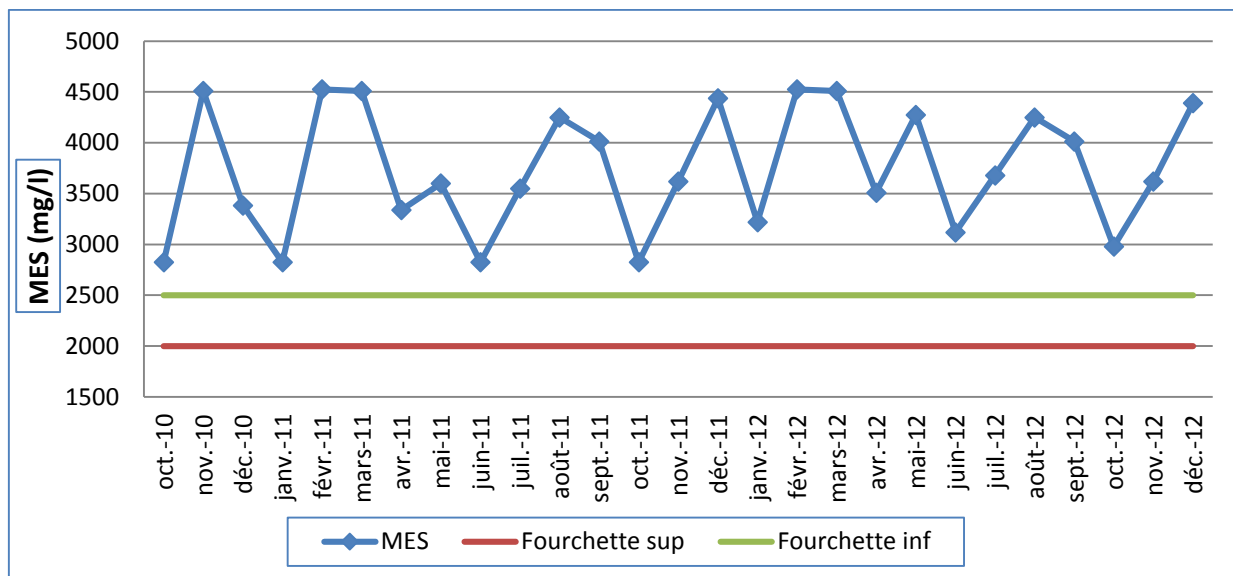


Figure V.30 : Variations moyenne mensuelles des matières en suspension dans le bassin d'aération primaire (Octobre 2010- Décembre 2012).

La figure V.30, nous donne les variations des matières en suspension de la liqueur mixte dans le bassin d'aération primaire, on constate que dans cette période les valeurs sont toutes supérieures et dépassent largement la norme indiquée par Aero-Mod pour ce procédé d'oxydation alternée qui est de **2500 mg/l**. On a une valeur minimale de **2825 mg/l**, maximale de **4525 mg/l** et une moyenne de **3745 mg/l**.

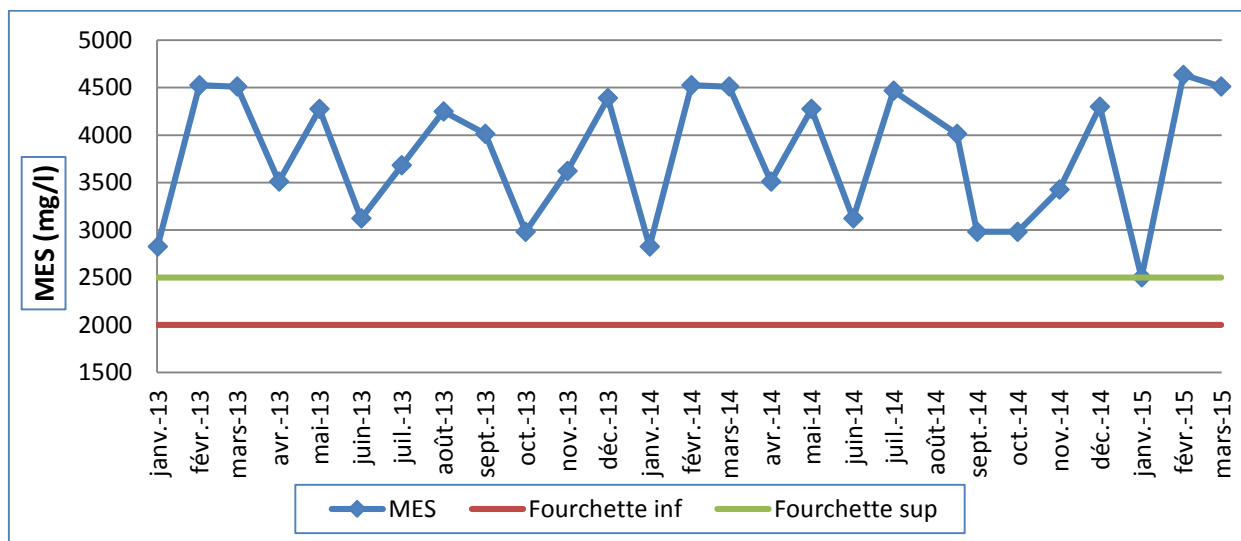


Figure V.31 : Variations moyenne mensuelle des matières en suspension dans le bassin d'aération primaire (Janvier 2013 à Mars 2015).

On s'appuyant sur les résultats indiqués sur la figure V.31, on observe que les valeurs de MES varient entre **2500** et **4633.33 mg/l** avec une moyenne de **3787.83 mg/l** qui est

supérieur à **2500 mg/l**, mis à part une seule valeur en janvier 2015 qui représente aussi la valeur inférieure de cette tranche est dans la norme.

V.4.4. Indice de volume des boues (IVB)

Les figures V.32 et V.33, présentent l'indice de volume des boues durant les périodes indiquées sur chaque figure :

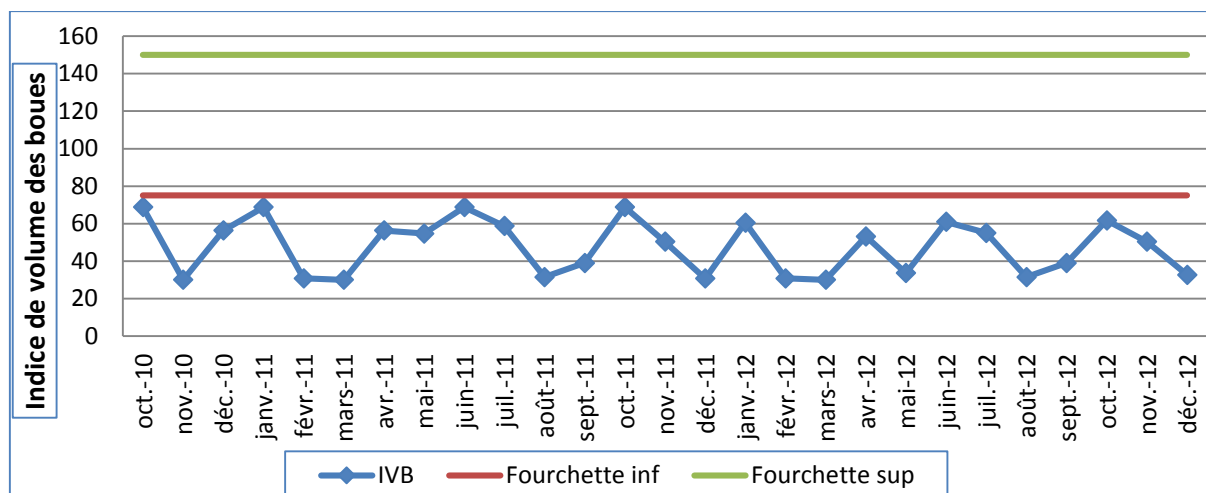


Figure V.32 : Variations mensuelle d'indice de volume des boues (2010-2012).

La figure V.32, montre la variation mensuelle de l'indice de volume des boues, pour la période (Octobre 2010 à Décembre 2012). Le résultat oscille entre **30.06** valeur minimale et **68.83** valeur maximale avec une moyenne de **47.54** qui reste considérablement inférieure à la fourchette fixée par Aero-Mod qui est de **75 < IVB < 150** [92], [94], [95].

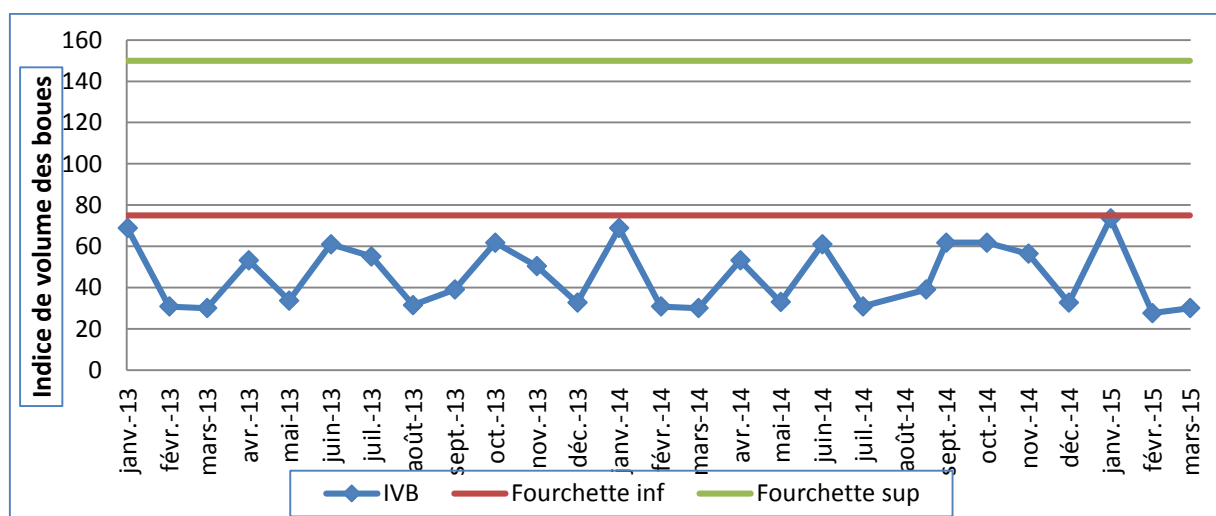


Figure V.33 : Variations mensuelle d'indice de volume des boues (2013-2015).

Pour la figure V.33, elle montre aussi les résultats de la variation mensuelle de l'indice de volume des boues pendant la tranche de temps qui varie de Janvier 2013 et Mars 2015, Les valeurs varient entre **27.62** et **73.54** avec une moyenne de **45.87** la moyenne reste inférieure de la limite de bonne fonctionnement de procédé fixé par Aero-Mod.

V.4.5. Volume des boues à 30 min

Les figures V.34, V.35 et V.36, présentent les résultats du test de décantation le volume des boues après 30 min :

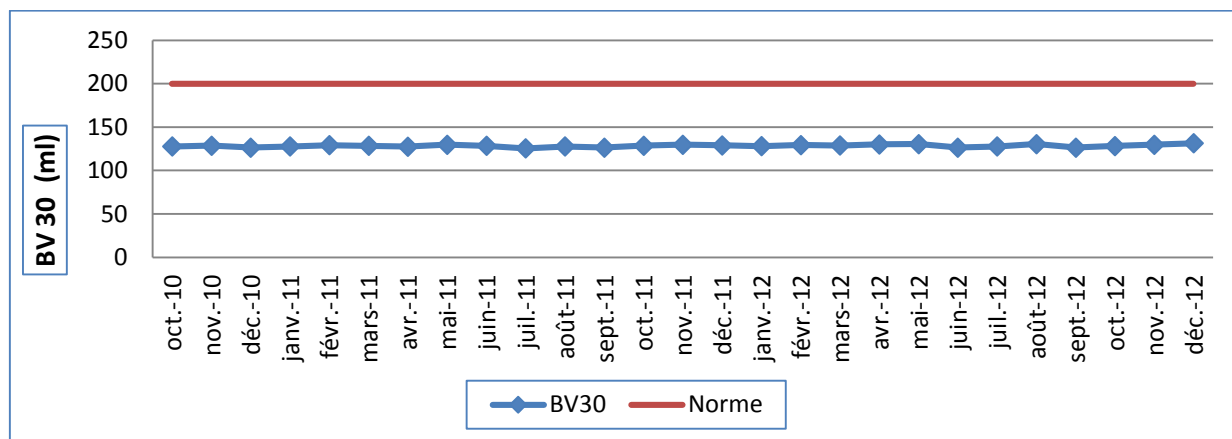


Figure V.34 : Volume des boues après 30 min (2010-Décembre 2012).

Sur la figure V.34, les résultats de volume des boues décantées après 30 min varient entre **125.6** et **131.4** ml avec une moyenne de **128.47** ml toutes ces valeurs restent très basses vis-à-vis la limite fixée de **200** ml.

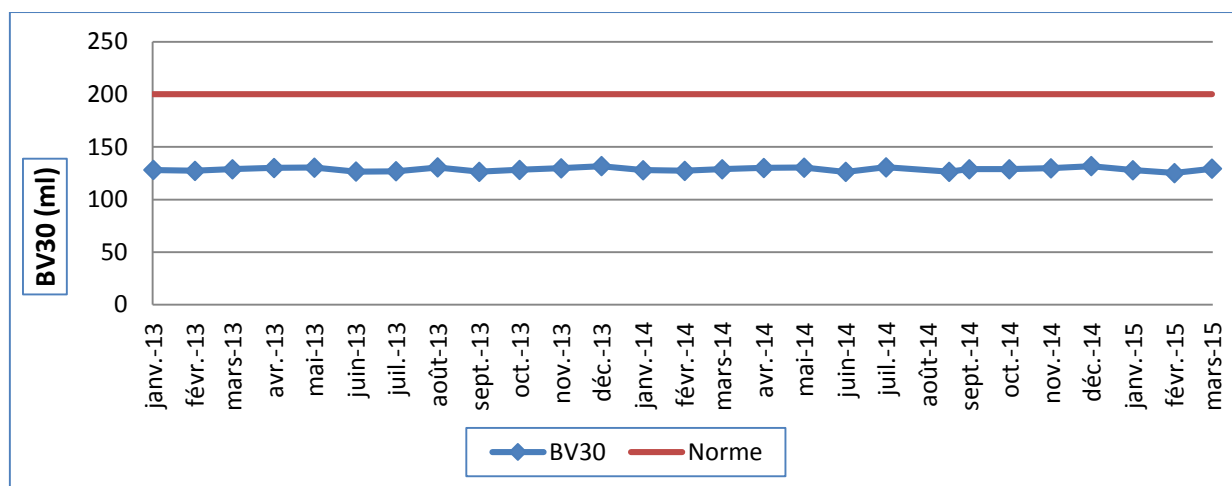


Figure V.35 : Variations de la moyennes mensuelles de Volume des boues après 30 min analysés dans le bassin d'aération primaire (Janvier 2013-Mars 2015).

Pour la figure V.35, qui traite le même paramètre durant la période de (Janvier 2013-Mars 2015) les résultats oscillent entre **123.16** et **130.74** ml et une moyenne **129.69** ml aussi des valeurs très basses par rapport à la limite indiquée par Aero-Mod (valeur proche de **200**ml).

V.5. Explication des résultats trouvés

On considère que pour avoir une bonne sédimentation de boues pour ce procédé, on cherche toujours à obtenir un volume de boues après 30 min de **200 à 300 ml**, une concentration de la liqueur mixte de **2000 mg/l** jusqu'à **2500 mg/l** et un indice de volume des boues de **100**, signe de très bonne caractéristique de fonctionnement [94]. De surcroît pour une station a oxydation alternée conçu par Aero-Mod on exige le maintien plus exactement d'indice des boues entre **75 <IVB<150** si on reste dans cette gamme on produira un effluent de bonne qualité [92], [94].

Or, on se basant sur ces paramètres qui indiqueront le bon fonctionnement de cette station et les résultats précédant des MESLM, comme l'indice de volume des boues analysés et prisent dans le bassin d'aération primaire, on s'aperçoit:

- La majorité des valeurs d'indice de volume des boues sont loin est inferieur a la gamme considérée, elles ne sont non plus pas supérieur à cette gamme pour lier ce problème à la présence des bactéries filamenteuses disant qu'il y'a une mauvaise décantation.
- En second lieu, si on vérifie les résultats des MESLM on remarque qu'ils sont supérieurs à la fourchette citée auparavant (**> 2500 mg/l**), chose qui n'est pas claire vu qu'en revenant vers les résultats des paramètres analysés à l'entrée et à la sortie de la station on remarque qu'ils respectent les normes notamment le faite qu'on avait un bon rendement d'abattement de la pollution chaque fois.

Partant de ce fait, pour expliquer ce phénomène on a fait appel à plusieurs hypothèses qui justifier cette contradiction et qui seront prouvées par la suite:

1- Pendant que les micro-organismes dans les MESLM consomment la nourriture dans les eaux usées entrantes, ils se reproduisent, accroissant bien d'autre micro-organismes, leurs quantités donc augmentent et continue à augmenter jusqu'à ou une gamme est atteinte qui correspond la production de bon traitement. En revanche pour maintenir cette gamme (**2500-3500 mg/l**) de concentration des MESLM, une quantité de solide doit être enlevée chaque jour du bassin d'aération pendant que ces derniers se reproduisent.

On parle donc d'extraction de boues de bassin d'aération vers le digesteur et relativement à ça on déduit que le problème principal qui explique cette augmentation des MESLM se trouve au niveau de ce dernier plus exactement on ciblera les aérotransporteurs de ces boues. Après investigation sur le site et réflexion on comprend que ceci est dû à un problème technique, de réglage et programmation ainsi d'automatisation, sachant que ces

aérotransporteurs de déchets solide du bassin d'aération vers le digesteur sont soumises au commandement d'un programme régulateur de temps, appelé Temporisateur d'extraction de boues (**WAS**) qui a pour but de régler le cycle de déchet.

Un cycle qui commence normalement a **8 :00** h de matin avec **90** min de temps de sédimentation, **66** min de pompage des boues vers le bassin digesteur (ce temps se calcule en fonction de la concentration des MESLM) et **5** min de temps tranquille (un temps total pour ce cycle e de **2h 41** min), cette opération se produit normalement deux fois par jour automatiquement matin est soir.

Relativement à ça on comprend que les concentrations ascendantes des MESLM sont liées au programme de commande de temporisateur, c'est-à-dire que le temps d'extraction des boues est faible, Il doit être fait deux fois par jour non pas une seul fois.

L'opérateur dans la station de Ain Tolba effectue cette opération une seul fois par jour manuellement, non pas automatiquement comme prévu et cela revient à la panne au niveau des interrupteurs situés dans le tableau de commande qui contrôle l'arrêt-marche des vannes pneumatiques de pompage des boues automatiquement suivant le programme enregistré.

La partie électrique de ces interrupteurs est endommagée dans la station, est tombe en panne ultérieurement, en creusant de plus en plus le problème on déduit que cela est à cause des suppresseurs qui fournissent l'air pour commander l'ouverture et la fermeture des vannes. Ces derniers ne sont pas équipées d'un appareil qui fait sécher l'humidité d'air, avant de le transité vers la partie électrique (il transporte notamment air+ l'eau) et cela fait griller et éclater cette partie responsable de contrôle des vannes pneumatiques de pompage des boues donc de la concentration des MESLM dans le bassin d'aération.



Figure V.36 : La photo de surpresseur d'air chargé d'eau.

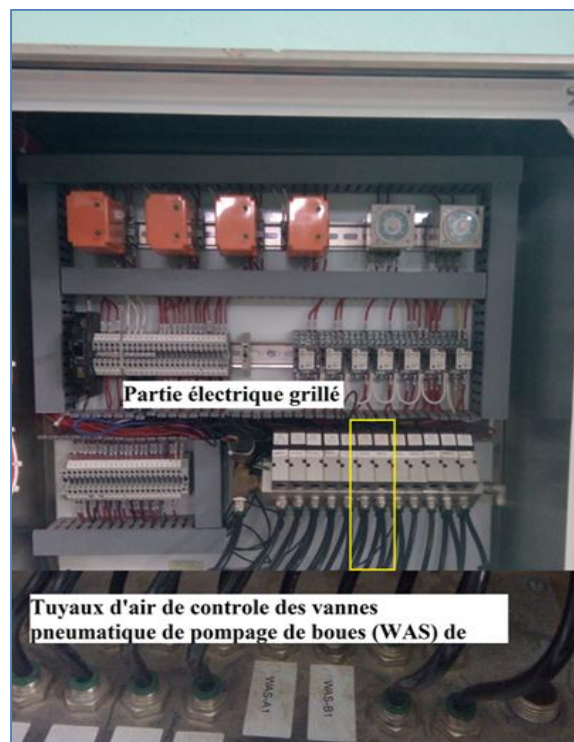


Figure V.37: Photo qui indique la source du problème qui affecte la partie électrique qui commande les vannes pneumatique

2- En second lieu, pour expliquer le fait qu'on a un bon rendement d'élimination de la pollution à la sortie de la station de AIN TOLBA malgré ce qui se passe au sein des bassins d'aération primaire, et après avoir vérifié plusieurs suppositions on arrive en fin à résoudre ce problème en suivant le raisonnement décrit ci-dessous :

Sachant que ce système d'Oxydation alternée a été conçu par Aero-Mod pour qu'il fonctionne automatiquement selon deux programmes par le panneau de commande automatique Sequox™ Modèles **SQC-100,200, 300 et 400** qui ont trois fonctions :

- Contrôle de déchets de matière solide (extraction de boues) du bassin d'aération au digesteur (A) voir la figure V.2 ;
- L'Alternance de l'aération pour l'opération Sequox (B) ;
- Contrôle de de taux de retour des boues activées (RAS) (C).

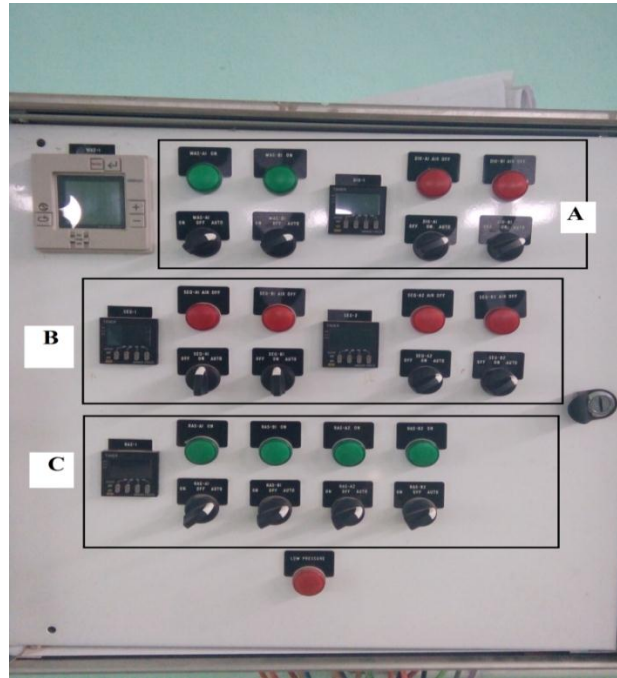


Figure V.38 : Photo de tableau de commande de la station.

Pour ces fonctions il existe trois temporisateurs responsables de leurs réglages suivant deux programmes, et comme on a constaté précédemment la panne principale était au niveau de temporisateur qui contrôle des déchets de matière solide de bassin d'aération vers digesteur, pour le second problème est pour mêmes causes (suppresseurs d'air), la panne est repéré au niveau de temporisateur de l'Alternance de l'aération dans les bassins de deuxième étages qui sont endommagés, ce qui implique que cette opération ne se réalisera pas automatiquement mais manuellement.

A vrai dire, cette alternance (les diffuseurs d'aire en arrêt pendant 2 h pour assurer la dénitrification dans les bassins de deuxième étages) se fait pendant la présence d'opérateur est ses horaires de travail (de 8 :00 de matin vers 17 :00h), ce dernier va manipuler les vannes d'aire dans ces bassins manuellement chaque 2 heures.

Or, pour remédier à ce problème d'alternance le contrôleur ouvre les vannes d'aire dans les bassins de dénitrification avant son départ, pour avoir une aération prolongée toutes la nuit jusqu'au le lendemain, c'est-à-dire d'une autre part le volume d'eau chargé en liqueur mixte se partage entre les bassins d'aérations primaire et secondaire pour en avoir quatre bassin aérés continuellement toutes la nuit, qui vont assurer la nitrification. Le lendemain de bon heure (8 :00 h) à l'arrivée de l'opérateur la première tâche à laquelle il va s'en charger c'est de couper les vannes d'aire dans les bassins d'aération secondaire pour effectuer une dénitrification d'eau

qui a été nitrifier toutes la nuit dans ces bassins, pour un temps de deux heures en conséquence cela va équilibrer le bon déroulement d'épuration.

V.6. Conclusion

D'après les résultats obtenus dans la station de AIN TOLBA qui fonctionne avec le procédé d'Oxydation Alternée conçu par Aero-Mod, on constate que la STEP présente de bon résultats conformes aux normes Algérienne, malgré l'existence de plusieurs lacunes techniques et pannes au sein de temporisateur d'extraction des boues de bassin d'aération vers le digesteur qui a pour fonction d'équilibrer la concentration ascendante des MESLM.

Cela nécessitera à l'avenir une augmentation de temps de pompage de boues pour remédier à ça, en revanche on déduit que cela n'influera pas sur les étapes de traitement en aval vu que la panne a été corrigée et la faille comblée de telle manière qu'on avait la possibilité de manipuler le processus biologique (nitrification/dénitrification) et le stabiliser manuellement à partir de temporisateur de l'alternance de l'aération, au sein des bassins d'aération secondaire. On l'occurrence il sera souhaitable dorénavant, d'accomplir des tests routiniers de concentrations de la liqueur mixte ainsi de sédimentation dans les bassins d'aération secondaire, afin de mieux suivre et contrôler le processus d'Aero-Mod, et pour d'autres stations qui sont au cours de construction fonctionnant avec le même procédé il sera judicieux d'équiper les surpresseurs avec un système de séchage d'air pour éviter les problèmes techniques d'automatisation comme à la station de AIN TOLBA.

Conclusion générale

Conclusion générale

Afin de remédier aux problèmes de pénurie d'eau qui ont affecté l'Algérie ces dernières décennies, et dans un souci de préservation des ressources d'eau encore saines, et de protection de la santé publique d'une part, et de l'environnement contre toute pollution engendrée par les eaux usées d'autre part, le gouvernement Algérien a consacré de sérieux efforts, non seulement en adoptant un riche programme en matière d'épuration des eaux usées par la mise en service de plusieurs stations de traitement or, aujourd'hui notre pays cible de nouveaux procédés d'épuration et s'investit dans de nouvelles technologies tel que la filière d'Oxydation Alternée utilisée dans la station de AIN TOLBA qui fonctionne avec le procédé d'Oxydation Alternée d'Aero-Mod qui a fait l'objet de notre étude.

Ce système est une modification du procédé conventionnel des boues activées qui repose sur l'activité d'une culture bactérienne aérobie maintenue en suspension qui va dégrader la pollution notamment pour ce type de traitement. Il existe deux problèmes d'ordre biologique qui présentent le principal point faible de ce procédé :

- Boues à sédimentation difficile ;
- Problèmes d'écume.

Ils sont liés aux micro-organismes vivants, qui limiteront la fiabilité de ce genre de station car ils ne réagissent pas nécessairement selon nos désirs hormis, la vigilance et la maîtrise de ces organismes est parfois délicate c'est pour cela l'efficacité épuratoire reste étroitement dépendante de la maintenance de plusieurs paramètres de pollution incluse et d'une manière rigoureuse dans les normes.

L'analyse des paramètres de pollution (DBO_5 , DCO, NO_3^- , NO_2^- , PO_4^{3-} , NH_4^+ , VB30, IVB, MESML) est faite selon les normes en vigueur. Notre étude a montré que les valeurs obtenues à la sortie de la station de AIN TOLBA, présentent de bons résultats conformes aux normes de rejet Algérienne, et aux normes de la réutilisation des eaux épurées en irrigation.

- L'abattement de la DBO_5 , DCO, et des MES avec des rendements moyens globaux en se basant sur toute la période d'analyses depuis la mise en marche de la STEP sont respectivement de **96,36%**, **88,15%** et **94,81%** ;
- Concernant la concentration moyenne d'Azote ammoniacal (NH_4^+), les Nitrite (NO_2^-), les Nitrate (NO_3^-) et d'Orthophosphate enregistrées à la sortie de la STEP sont respectivement de (**0.45 mg/l**, **0.24 mg/l**, **8.3mg/l**, **3.6mg/l**) elles sont toutes conformes aux normes de rejets et de la réutilisation en irrigation ;
- Or, pour les résultats trouvés au sein du bassin d'aération primaire, les valeurs des MESML sont supérieures à **2500 mg/l**, volume des boues décantées à 30 min sont éloignées et inférieures à **200 ml**, pour les valeurs de l'indice de volume des boues ne sont pas incluses dans la plage de norme recommandées par Aero-Mod et restent inférieures à **75**, ils ne respectent point les critères de bon fonctionnement du procédé.

Après plusieurs hypothèses et investigation sur terrain, on est arrivé à détecter le problème au sein du bassin d'aération primaire, il s'est avéré que cela revient à l'existence d'une panne au niveau d'extraction des boues de bassin à partir de ces bassins de premier étage vers les bassins digesteur aérobie, et pour équilibrer ce phénomène (concentrations ascendantes des MESLM) à l'avenir nous recommandant l'adaptation du temps de pompage de boues à la concentration des MESLM en l'augmentant pour remédier à ça.

En outre, grâce à la configuration rectangulaire de la technologie d'Aero-Mod, qui va réduire la dimension totale de l'usine en lui donnant un aspect compact, par conséquent il aura une réduction de tous ce qui est longueur de canalisation, les filages électrique, le nombre de station de pompage de transfert, ce qu'il en résulte une économie substantielle en terme d'énergie ainsi de cout d'investissement.

D'autre part ce procédé peu mécanique qui ne possède pas de pièces mobiles et facile à manipuler nous a permis de corriger les pannes qui ont affecter la station de AIN TOLBA, (convertir le commandement automatique en manuel pour stabiliser le processus biologique nitrification/dénitrification à partir de temporisateur de l'alternance de l'aération au sein des bassins d'aération secondaire).

Cependant, on déduit que même en ayant des problèmes au niveau du bassin d'aération primaire cela n'a pas influencé sur les étapes de traitement en aval vu que la panne a été corrigé.

En définitive, la station de AIN TOLBA donne de bon rendement épuratoire, en l'occurrence il sera souhaitable d'accomplir des tests routiniers de concentrations de la liqueur mixte ainsi de sédimentation dans les bassins d'aération secondaire, afin de mieux contrôler et suivre le processus d'Aero-Mod, et pour d'autre stations qui sont au cours de construction fonctionnant avec le même procédé il sera judicieux d'équiper les surpresseur avec un système de séchage d'aire pour éviter les mêmes pannes à la station de AIN TOLBA.

BIBLIOGRAPHIE

Références bibliographiques

- [1] **Mozas & Alexis G.** : État des lieux du secteur de l'eau en Algérie Morgan Octobre 2013.
- [2] **Ministère des Ressources en Eau** : Rapport interne ; 2006.
- [3] **Mouhouche B.** : Maîtrise de la pratique de l'aridoculture comme palliatif au manque d'eau en Algérie Ecole Nationale Supérieure Agronomique (ENSA ex INA), El-Harrach, Alger, Département de Génie Rural, Laboratoire de Maîtrise de l'Eau en Agriculture ; cours 2012.
- [4] **Kessira M.** : Algérie politiques de soutien et cadre institutionnels Ministre de l'agriculture et de développement rural : valorisation des eaux usées épurées en irrigation ; rapport 2013.
- [5] **Ministère des Ressources en Eau et de Direction de l'Exploitation et de la Maintenance-** Bilan d'Exploitation de l'Année, l'Environnement ; 2016.
- [6] **Abibsi N.** : Reutilisation des eaux usées épurées par filtres plantes (PHYTOEPURATION) pour l'irrigation des espaces verts, application a un quartier de la ville de Biskra, mémoire de master université Mohamed Khider- Biskra 2010.
- [7] **Gaid A.** : Épuration biologique des eaux usées urbaines tome I, édition OPU, Alger 1984.
- [8]
<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:8ewRmLGHet8J:www.safewater.org/PDFS/resourcesknowthefacts/traitement%2Beaux%2Busees.pdf+&cd=3&hl=fr&ct=clnk&client=firefox-b> (Consulté le 02/01/2017 à 03 :45).
- [9] **Yahiatene S. et Tahirime E.** : Réflexion sur la caractérisation physico-chimique des effluents liquides rejetés dans la grande sebkha d'Oran, université d'Oran - Licence bâtiment 2010.
- [10] **Bengouga K.** : Contribution à l'étude du rôle de la végétation dans l'épuration des eaux usées dans des eaux usées dans les régions arides, université Mohamed Khider Biskra- mémoire de master 2010.
- [11] **Wahiba D.** : Traitement des eaux usées urbaines par boues activées au niveau de la ville de Bordj Bou Arreridj en Algérie effectué par la station d'épuration des eaux usées ONA, Université Mohamed El Bachir Elibrahimi - Master de chimie et microbiologie de l'eau 2012.
- [12] **El aloui R. et Taoussi I.** : L'impact du Chrome VI sur le traitement des eaux usées dans la station d'épuration de Marrakech (Université Cadi Ayyad) Laboratoire Géo ressource Unité de Recherche Associée Au CNRST (URAC 42).
- [13] **Richarde C.** : les eaux; les bactéries; les hommes et les animaux); Edition Elsevier; Paris 1996.

- [14] **Tekfi K.** : Etude des performances épuratoires d'une station d'épuration des boues activées, département hydraulique université Tlemcen-mémoire pour l'obtention de diplôme de DEUA 2006.
- [15] **Raissi O.** : Réutilisation des eaux épurées et des boues résiduelles des stations d'épuration 2005.
- [16] **Baumont S., Camard J. P., Lefranc A., Franconi A.** : Réutilisation des eaux usées: Risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France, Rapport ORS, p 220, 2004.
- [17] **Traité de l'environnement**, Technique de l'ingénieur, Volume G1210.
- [18] **Vaillant J. R.** : Perfectionnement et nouveautés pour l'épuration des eaux résiduelles: eaux usées urbaines et eaux résiduelles industrielles, Edition, Eyrolles, Paris, 1974.
- [19] **Rodier J.** : L'analyse de l'eau naturelle, eaux résiduelles, eaux de mer, 8^{ème} Edition DUNOD technique, Paris, p 1008-1043, 2005.
- [20] **Aoulmi S.** : Conception de la station d'épuration dans la ville d'Eddine (W. Ain Defla), thèse de l'école nationale supérieure de l'hydraulique 2007.
- [21] **Mizi A.** : Traitement des eaux de rejets d'une raffinerie des corps gras région de BEJAIA et valorisation des déchets oléicoles, Université de Badji Mokhtar. ANNABA- Thèse de doctorat. 2006.
- [22] **Alain B., Laurence B.** : Pollution de l'eau et santé humaine. Laboratoire de biogénotoxicologie et mutagenèse environnementale. Université Euro Méditerranée TEHYS 2001.
- [23] **BELOKDA W.** : Contribution à une gestion des effluents liquides hospitaliers, Université Chouaib Doukkali el jadida - master génie de l'environnement et santé 2009.
- [24] **GAÏD A.** : Traitement des eaux usées urbaines Ingénieur Procès, Direction technique -Omnium de Traitement et de Valorisation (OTV) ; Mise à jour du texte de J. SIBONY et B. BIGOT paru en 1993.
- [25] **BETTACH A.** : Traitement des eaux usées domestiques par biodénitrification : Effet du nitrate Université Chouaib Doukkali - Maroc - Licence 2013.
- [26] **BAOK G.** : Pollution des eaux et rivières et impact sur les populations riveraines: cas de la rivière Mgoua dans la zone industrielle de Douala-Bassa Université de Dschang-FASA - Master en gestion de l'eau option environnement 2007.
- [27] **Zeghoud M. S.** : Etude de système d'épuration des eaux usées urbaines par lagunage naturel de village de Méghibra, mémoire de master- université D'EL-OUED 2014.
- [28] **Rachid H. et EL RHAZI O.** : Impact sanitaire de la réutilisation des eaux usées, Université Cadi Ayyad Marrakech - Licence SV 2007.

[29] **TFYECHE L. :** Suivi De la qualité physico-Chimique et bactériologique des eaux usées d'Ouargla au cours de leur traitement, mémoire de master-université Kasdi merbah Ourgla, 2014.

[30] **BENELMOUAZ A. :** Performance épuratoire d'une STEP : cas de la STEP de Maghnia Université de Tlemcen, faculté de science et technologie, département hydraulique- mémoire de master 2015.

[31]
<http://www2.gnb.ca/content/dam/gnb/Departments/hs/pdf/fr/MilieuxSains/eau/Coliformf.pdf>
(Consulté 04/02/2017 à 08:07).

[32] Centre d'expertise et de référence en santé publique, institut national de santé publique QUEBEC (INSPQ).

[33] **Bordjah A. :** Analyse physico-chimique et microbiologie de lait UHT demi-écrémé Centre de formation professionnelle El Hidhab Sétif Algérie - BTS en contrôle de qualité dans les industries agroalimentaires – mémoire de master 2011.

[34] Journal officiel de la république Algérienne N°26, 24 Rabie El Aouel 1427, 23 Avril 2006.

[35] **Fateh T. :** Détermination de la pollution résiduelle d'une station d'épuration par lagunage naturel "cas de la lagune de béni-messous", Institut des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral - DEUA 2007).

[36] L'école de l'eau ; station d'épuration, agence de l'eau Artois-Picardie.
<http://ecoledeleau.eau-artois-picardie.fr/spip.php?rubrique65>. (Consulté 01/02/2017 à 3 :00).

[37] Institut national de recherche et de sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles Point des connaissances ED 5026 paru dans Travail et Sécurité, novembre 2004 – INRS.

[38] **ALLAOUI K. :** Modélisation hydraulique d'un bassin d'aération des stations d'épuration des eaux usées UNIVERSITE BADJI MOKHTAR-ANNABA, mémoire pour l'obtention du diplôme de magister 2009.

[39] <http://www.fbprocedes.com/> (Consulté 06/02/2017 à 00 : 54).

[40] <http://www.ca-ajaccien.fr/les-grands-projets/les-realisations/la-station-d-epuration-de-campo-dell-oro/presentation-de-louvrage/traitement-des-eaux/le-dessablage> (Consulté Le 04/02/2017 à 02 :08).

[41] <http://step.ouvaton.org/tech3.htm> (Consulté le 06/02/2017 à 07 :54).

[42] SUEZ WATER HANDBOOK Memento decrement[®] de SUEZ.
<https://www.suezwaterhandbook.fr/> (Consulté le 06/02/2017 à 08 :10).

[43] Université de Picardie Jules Verne, beauchamp, conférences _ assainissement collectif Rapport au Conseil économique et social des Nations Unies (10 décembre 2004).

- [44] **CARDOT C.** : Les traitements de l'eau – Procédés physico-chimiques et biologiques. Paris : Ellipses, 1999, 247 p.
- [45] **Bassompierre C.** : Procédé à boues activées pour le traitement d'effluents papetiers : de la conception d'un pilote à la validation de modèle, 4 Feb 2007.
- [46] **BEDOUH Y.** : Évaluation de la toxicité des eaux usées traitées par la station d'épuration de Guelma et son impact sur l'oignon « *Allium cepa* » (UNIVERSITE BADJI MOKHTAR-ANNABA 2013/2014).
- [47] **METAHRI M. S.** : Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées par procédés mixtes, cas de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou - Thèse de doctorat- 2012.
- [48] CNRST, 2002. Traitement et réutilisation des eaux usées urbaines. Centre National pour la Recherche Scientifique et Technique du Maroc, Marrakech, Maroc, 82 p.
- [49] **EL HAITE H.** : Traitement des eaux usées par les réservoirs opérationnels et réutilisation pour l'irrigation, l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne N° d'ordre: 2010 EMSE 0569 -12 - Avril 2010.
- [50] ABT traitement des eaux résiduaire Décantation primaire et filtre bactérien. <http://abt.fr/techniques/decantation-primaire-et-filtre-bacterien/> (**Consulté le 12/01/2017 à 19 :50**).
- [51] **Hamon**, WATER SOLUTIONS spécialiste de la gestion de l'eau, traitement des eaux usées support lit bactérien <http://www.hamon-watersolutions.com/medias/telechargement/Lits-bacteriens---CROSSPACK22-7-1.PDF> (**Consulté le 13/03/2017 à 10 :32**).
- [52] **Vigne E.** : Étude et modélisation dynamique d'un procédé par bio filtration en nitrification tertiaire Philosophiædoctor (Ph.D.) (Université Laval Doctorat en génie civil) ; 2007.
- [53] Assainissement Autonome Etablissements scolaires, Écrit par Service Communication NEVE Environnement le 18 novembre 2014.
- [54] Association suisse des professionnels de la protection des eaux [/nc/fr/glossar/term/disque_biologique/](http://nc.fr/glossar/term/disque_biologique/) (**Consulté 12/01/2017 à 04 :04**).
- [55] **Bouhoum K.** : Devenir des œufs d'helminthes au cours d'un traitement expérimental d'épuration par bassin de stabilisation. Thèse de doctorat -Université de Marrakech, 1987, Maroc, 159 p.
- [56] <https://epnac.irstea.fr/eaux-usees/bassins-dinfiltration-percolation/> (**Consulté 12/01/2017 à 0 :31**)
- [57] Les Bassins d'Infiltration Percolation, Eléments de diagnostic Auteur(s): Mission d'Assistance à la Gestion de l'Eau de la Loire (MAGE 42) Date de Publication: 2007 nb de pages : 21 Edition: Conseil Général de la Loire.

- [58] **Paulus A.** : Le filtre planté de roseaux. Le versant vert de l'épuration des eaux usées. Edition du Rouergue, Collection : ROUERQUE LITTER. 2011, 237 p.
- [59] **Pandolfi D.** : Caractérisation morphologique et physiologique de la biomasse des boues activées par analyse d'images, Institut National Polytechnique de Lorraine -Thèse du doctorat 2006.
- [60] **Dhaouadi H.** : Traitement des eaux usées urbaine-Les procédés biologique d'épuration. Université Virtuelle de Tunis 2008, http://pf-mh.uvt.rnu.tn/295/1/traitement_des_eaux_usees_urbaines.pdf (**Consulté le 09/03/2017 à 17 :50**).
- [61] **Asano T.** Wastewater reclamation and reuse. Water quality management library, 1998, p. 911-923.
- [62] <http://eau.seine-et-marne.fr/library/679acf00-5e38-42d3-9954-623efe39aef1-Fiche-Technique---Boue-activ-e.pdf> (**Consulté le 18/02/2017 à 14:00**).
- [63] **TEKFI K.** : Etude des performances épuratoires d'une station à boues actives-Mémoire de DEUA, université de Tlemcen 2006.
- [64] <https://www.annabac.com/annales-bac/la-station-d-epuration> (**Consulté le 12/02/2017 à 10 :43**).
- [65] <https://www.suezwaterhandbook.fr/procedes-et-technologies/floculateurs-decanteurs-flottateurs/les-decanteurs/les-decanteurs-a-recirculation-de-boues> (**Consulté le 19/04 /2017 à 11 :13**).
- [66] Equipement pour l'enseignement technique CE 705 procédé à boues activées http://www.gunt.de/images/download/CE705_flyer_french.pdf (**Consulté le 19/04 /2017 à 12 :19**).
- [67] **Chaisemartin D.** : Les 3 grands types d'exploitation des bassins à boues activées- Rubrique : Assainissement Article publié le 5 décembre 2005.
- [68] <http://hmf.enseeiht.fr/travaux/bei/beiere/content/2015/procede-boues-actives> (**Consulté le 14/03/2017 à 11 :12**).
- [69] **G .Abdelkader** « épuration biologique des eaux usées » 1984 Tom1.
- [70] **Bassompierre C.** : Procédé à boues activées pour le traitement d'effluent Papetier, Institut national polytechnique de Grenoble- Thèse de doctorat 2007.
- [71] **BOUMEDIENE M. E.** : Bilan de suivi des performances de fonctionnement d'une station d'épuration a boues activées cas de la STEP de Ain el Hout 2013.
- [72] **Mabrouk A.** : Application de la nitrification dénitrification dans le traitement des eaux usées Université Chouaib Doukkali - Licence d'étude fondamentale 2009.

- [73] **Dincer A. R. and Kargi F.:** Coupling wetland treatment to land treatment - An innovative method for nitrogen stripping. *Water Science and Technology*.;29(4):141-149. 2000.
- [74] <http://www.aeromod.net/> (**Consulté 12/01/2017 à 07:12**).
- [75] Mode opératoire Projet de réalisation, assistance à la mise en service et exploitation de la station d'épuration des eaux usées SOGERHWIT- Document de l'entreprise SOGERHWIT-Tlemcen.
- [76] **CHACHOUA M. , Derfouf F. :** Etude critique descriptive de la station d'épuration par oxydation alternée projetée a Ain Tolba – Mémoire de fin d'étude master 2006.
- [77] <http://www.aftinc.com/products/brochures/AEROMOD-Brochure.pdf> (**Consulté le 24/04/2017 à 03 :05**).
- [78] <http://studylib.net/doc/5789006/nutrient-removal-and-power-savings-in-wastewater-treatment> (**Consulté le 26/04/2017 à 04:56**).
- [79] <http://www.aeromod.net/franqais/brochures/ClarAtor.pdf> (**Consulté 25/04/2017 à 6:32**).
- [80] Manuel d'exploitation, Projet de réalisation, assistance à la mise en service et exploitation de la station d'épuration des eaux usées SOGERHWIT- Document de l'entreprise SOGERHWIT-Tlemcen.
- [81] L'étude préliminaire d'une station d'épuration à Ain Tolba, document de bureau d'étude NEE.
- [82] <https://fr.hach.com/dr900-colorimetre-portable-et-robuste-avec-enregistrement-des-donnees/product?id=26374622089> (**Consulté 12/02/2017 à 17 :29**).
- [83] <http://fr.hach.com/bod-trak-ii-appareil-de-determination-manometrique-de-la-dbo-avec-accessoires/product-details?id=24929167926> (**Consulté 03/03/2017 à 02 :45**).
- [84] <http://www.laboandco.com/ltv082-99-40001-drb-200-1-bloc-chauffant-hach-lange.html#div-description> (**Consulté 03/03/2017 à 02 :45**).
- [85] <http://fr.hach.com/drb-200-2-thermostat-chauffant-noir-avec-deux-blocs-separes/product-details?id=26370683765> (**Consulté 03/03/2017 à 02 :18**).
- [86] http://www.myronl.com/products/ultrameter_II.htm (**Consulté 03/03/2017 à 03:55**).
- [87] <http://www.servilab.fr/go/hach%C2%AE/hq30d99301000.htm> (**Consulté 03/03/2017 à 03 :09**).
- [88] <http://www.afpssu.com/wp-content/uploads/2013/08/LaSecuriteEnTP.pdf> (**Consulté le 12/05/2017 à 17 :16**).
- [89] Notions techniques et pratiques sur l'épuration de l'eau et l'évacuation des boues, Ecologie, © BIOMA Agro Ecology CO A, Switzerland 2006.

[90] Document élaboré par le GIS-BIOSTEP, Coordination – Jean-Pierre Canler, Dysfonctionnements biologiques des stations d'épuration : origines et solutions, Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, FNDAE n° 33, Document technique. <http://www.fndae.fr/documentation/PDF/fndae33.pdf> (**Consulté le 02/04/2017 à 02 :18**).

[91] **Michael H. Gerardi.** : Wastewater Biology: The microlife : a special publication

Manuals of practice for water- Edition Water Pollution Control Federation 1990, 196p.

[92] Installation Aero-Mod, Instructions générales, problèmes courants et solutions- Document technique.

[93] Simplified Laboratory Procedures for Wastewater Examination, WPCF 1983, 3th Edition.

[94] Aero-Mod Operation and maintenance Manual Document technique Aero-Mod.

[95] National Safety Council Supervisors Safety Manual Chapter 17, 8th Edition.