

Faculté de Technologie

Département d'Hydraulique

AMDEC (Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et de leur Criticité) appliquée à la STEP d'Ain El

Houtz

Projet de fin d'étude pour l'obtention du diplôme
de master en Hydraulique

Option : Technologie de traitement des eaux

Présenté

Et soutenu publiquement par

M^{lle}. BOUKHERISSI Meryem

Devant les membres du Jury :

M. ROUISSAT. B

Président

Mr. BOUMEDIENE. M

Examineur

Mr. CHIBOUB FELLAH. A

Examineur

Mme. BOUKLI HACENE. Ch

Encadreur

Mr. BESSEDIK. M

Encadreur

Remerciements

A l'occasion de la rédaction de ce mémoire de fin d'étude

Je tiens particulièrement à remercier DIEU de m'avoir accordé la santé, le courage, la foi et la volonté pour élaborer ce travail.

*Je tiens à exprimer ma profonde gratitude et mes sincères remerciements à mes encadrateurs Madame **BOUKLI HACEN Cherifa** et Monsieur **BESSEDIK Madani** pour leurs orientations, leurs encouragements, leurs judicieux et leurs disponibilités durant toute cette étude.*

A monsieur le président de jury

Mr ROUISSAT Bouchrit ;

*Mes examinateurs **Mr BOUMEDIENE Maamar** et **CHIBOUB FELLAH Abdelghani** qui me font l'honneur de juger ce travail ;*

***Mr Hamas** chef de **STEP** d'Ain El Houtz et toute l'équipe de la station ;*

*Je remercie également toute l'équipe de la direction d'Hydraulique, et particulièrement **Mr RAZI**.*

Que tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

Dédicaces

A Dieu seul revient ma gratitude en premier et dernier lieu.

Je dédie ce modeste travail comme preuve de respect, de gratitude, et de reconnaissance à mes chers parents, qui ont éclairés mon chemin et qui m'ont encouragés et soutenues pendant mes études.

- ❖ *Ma sœur et mes frères : Zineb, Abd El Ilah, Nadir.*
- ❖ *Toute ma famille.*
- ❖ *Tous mes amis et ma promotion.*



MERTEM

Résumé

Les stations d'épurations rencontrent de temps à autres des problèmes qui pénalisent leurs fonctionnements et limitent leurs fiabilités. Complexes dans leur compréhension, leur maîtrise est parfois délicate pour les détecter. Le présent travail porte essentiellement sur l'analyse de l'ensemble des dysfonctionnements qui peuvent nuire à la continuité de service de la station d'épuration d'Ain El Houtz. Tout d'abord, nous avons étudié la variation des différents paramètres physico-chimiques et du process sur une série de données mensuelles de six ans d'exploitation (2009-2014) et nous les avons comparés avec les normes de rejets algériennes. Les résultats de l'analyse ont été présentés et discutés. Par la suite, nous avons appliqué la méthode de l'AMDEC sur les différents dépassements de ces paramètres par rapport à la norme, ce qui permet de comprendre l'origine et le problème de ces évolutions marqués, puis trouver des solutions adéquates pour y remédier. Ainsi, nous avons généralisé cette méthode sur l'ensemble des procédés de la STEP. Pour finir, nous avons proposé quelques solutions qui peuvent aider la STEP à minimiser certains problèmes et améliorer ses performances épuratoires.

Mots clés : dysfonctionnement, analyse, STEP d'Ain El Houtz, normes, AMDEC, performances épuratoires.

Abstract

Sewage treatment plants meet from time to time problems which penalize their operation and limit their reliability. Complex in their understanding, their control is sometimes difficult to detect. The present work focuses on the analysis of all malfunctions which may affect the continuity of service of the waste water treatment plant of Ain El Houtz. First, the variation of different physicochemical parameters and the process on a series of six monthly operating data (2009-2014) were studied and compared with the standards of Algerian norms. The results of the analysis were presented and discussed. Subsequently, the FMEA method of the on different overruns of these parameters in relation to the standard was applied. This allows to understanding the origin and the problem of these marked developments, then finding their appropriate solutions. Thus, this method was extended to all processes of the WWTP. Finally, some solutions were proposed which can help the WWTP to minimize the problems and improve the treatment performance.

Key words : malfunctions, analysis, waste water treatment plant of Ain El Houtz, norms, FMEA, treatment performance.

الملخص

تصادف محطات معالجة مياه الصرف الصحي من وقت لآخر مشاكل معرفقة لعملها ومساهمة في الحد من موثوقيتها. تعد هذه الأخيرة معقدة و صعبة في فهمها و في بعض الأحيان نادرة السيطرة عليها. العمل المقدم في هذه الأطروحة يركز على تحليل جميع الأعطال التي قد تؤثر على استمرارية عمل محطة عين الحوت في معالجة المياه للصرف الصحي.

أولاً، قمنا بدراسة التغيرات لمختلف العناصر الفيزيوكيميائية وسلسلة من البيانات الشهرية لمدة ست سنوات. بعد ذلك قمنا بمقارنة نتائج التحليل ومناقشتها وفقاً لمعايير الصرف الجزائري.

وفي وقت لاحق قمنا بتطبيق نظرية AMDEC على مختلف تجاوزات هذه العناصر بالنسبة إلى المعايير، مما سمح بفهم مصدر و مشكل هذه التطورات الملحوظة. و إيجاد الحلول المناسبة لها. أيضاً قمنا بتعميم هذه النظرية على كافة عناصر المحطة. أخيراً قمنا باقتراح بعض الحلول التي يمكنها أن تساعد محطة معالجة مياه الصرف للحد من بعض المشاكل و تحسين كفاءة التصفية.

الكلمات المفتاحية : الاعطال، تحليل، محطة معالجة المياه عين الحوت الصرف الصحي، المعايير، AMDEC، كفاءة التصفية.

Table des matières

Remerciements

Dédicace

Résumé

Table des matières

Liste des figures

Liste des photos

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction générale

Chapitre I : Analyse des modes de défaillances, de leurs effets et de leur criticité (AMDEC)

I.1. Introduction	4
I.2. Défaillances et modes de défaillances.....	4
I.2.1. Définition de la défaillance.....	4
I.2.2. Qu'est-ce qu'un mode de défaillance ?.....	5
I.2.3. Cause de défaillance	5
I.2.4. Effet de la défaillance	5
I.2.5. Mécanisme de défaillance.....	5
I.2.6. Taux de défaillance.....	5
I.3. Classification des défaillances.....	5
I.4. Typologie des défaillances.....	7
I.4.1. Défaillances organisationnelles	8
I.4.2. Défaillances humaines	8
I.4.3. Défaillances techniques	9

I.5. L'AMDEC et l'évaluation des risques	9
I.5.1. Définition de risque	9
I.6. Historique et domaines d'application	12
I.7. L'AMDE	13
I.7.1. L'exploitation de l'AMDE.....	13
I.7.2. Les principales caractéristiques de l'AMDE	14
I.7.3. Défaillances simples, défaillances multiples, systèmes redondants	14
I.8. De l'AMDE à l'AMDEC.....	15
I.9. L'AMDEC	16
I.10. L'exploitation de l'AMDEC.....	17
I.10.1. Le livret des points critiques	17
I.10.2. Les colonnes « modification » sur le tableau AMDEC	17
I.10.3. L'AMDEC et la (re)conception	17
I.11. Définition de l'AMDEC	18
I.12. Objectif de l'AMDEC	18
I.13. Principe de l'AMDEC.....	19
I.14. Types de l'AMDEC	19
I.14.1. L'AMDEC organisation	19
I.14.2. L'AMDEC-Produit	19
I.14.3. L'AMDEC-Processus	19
I.14.4. L'AMDEC moyen	20
I.14.5. L'AMDEC service.....	20
I.14.6. L'AMDEC sécurité.....	20
I.15. Les étapes de la méthode AMDEC	20
I.16. Conclusion	23

Chapitre II : Description de la Station d'épuration de la ville de Tlemcen

II.1. Introduction	24
II.2. Présentation de la station d'épuration d'AIN EL HOUTZ	25
II.3. Description des installations	27
La station comprend :	27
f) poste de pompage des boues	32
II.4. Réutilisation des eaux épurées	34
II.5. Valorisation des boues	35
II.6. Conclusion.....	35

Chapitre III : Etude des performances de la station d'épuration d'AIN EL HOUTZ

III.1. Introduction.....	36
III.2. Performances de la station d'épuration.....	36
III.3. Paramètres de fonctionnement du process.....	82
III.3.1 Charge massique	83
III.3.2. Charge volumique	85
III.3.3. Temps de séjour de l'eau dans le bassin d'aération	85
III.3.4. Age des boues	85
III.4. La biodégradabilité K	88
III.5. Conclusion	89

Chapitre IV : Analyse des défaillances de la STEP d'AIN EL HOUTZ

IV.1. Introduction	90
IV.2. Principaux dysfonctionnements observés dans la station d'épuration d'AIN EL HOUTZ.....	90
IV.2.1. Matières en suspension	90
IV.2.2. Demande biologique en oxygène (DBO ₅)	97
IV.2.3. Demande chimique en oxygène (DCO).....	97
IV.2.4. Biodégradabilité de l'eau	100

IV.2.5. Relation entre la demande biologique en oxygène (DBO ₅) et demande chimique en oxygène (DCO) à la sortie de la STEP	102
IV.2.6. Rapport des MES par DBO ₅	107
IV.2.7. Relation entre les matières en suspension (MES), demande biologique en oxygène (DBO ₅) et demande chimique en oxygène (DCO) à la sortie de la STEP..	109
IV.2.8. pH.....	112
IV.2.9. Température	112
IV.2.10. Oxygène dissous	112
IV.2.11. Azote ammoniacal (NH ₄ ⁺)	117
IV.2.12. Nitrites (NO ₂ ⁻).....	117
IV.2.13. Nitrates (NO ₃ ⁻)	117
IV.2.14. Orthophosphates (PO ₄ ³⁻)	121
IV.2.15. Phosphore total (Pt).....	121
IV.2.16. Conductivité.....	124
IV.2.17. Matières insolubles décantables (MID)	124
IV.3. Problèmes majeurs dans une STEP à boues activée	127
IV.3.1. Problèmes avec les bactéries filamenteuses.....	127
IV.3.2. Principaux problèmes de décantation	127
IV.3.2.1. Flocculation des boues	127
IV.3.2.2. Densité des boues	128
IV.3.2.3. Compaction des boues.....	128
IV.4. Consignes d'exploitation	128
IV.5. Incidents rencontrés dans la STEP	130
IV.6. Axes d'amélioration proposés pour la STEP d'AIN EL HOUTZ.....	130
IV.7. Conclusion	131

Conclusion générale

Bibliographie

Les annexes

Liste des figures

Figure I. 1: schéma représente les conditions réunies pour éviter les dommages	10
Figure I. 2: l'AMDEC et la re-conception	18
Figure I. 3: la démarche AMDEC	20
Figure III. 1: Variation moyenne de la concentration des matières en suspension (MES) à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2009).....	36
Figure III. 2: Variation moyenne de la demande biologique en oxygène (DBO ₅) à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2009)	37
Figure III. 3: Variation moyenne de la demande chimique en oxygène (DCO) à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2009).....	38
Figure III. 4: Variation moyenne de l'azote ammoniacal (N-NH ₃) à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2009)	39
Figure III. 5: Variation moyenne des nitrates (NO ₃ ⁻) à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2009)	39
Figure III. 6: Variation moyenne de la température de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2009).....	40
Figure III. 7: Variation moyenne du pH de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2009)	41
Figure III. 8: Variation moyenne de la concentration des matières en suspension (MES) à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2010).....	41
Figure III. 9: Variation moyenne de la demande biologique en oxygène (DBO ₅) à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2010)	42
Figure III. 10: Variation moyenne de la demande chimique en oxygène (DCO) à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2010)	43
Figure III. 11: Variation moyenne de l'azote ammoniacal (NH ₄ ⁺) à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2010)	44
Figure III. 12: Variation moyenne des nitrites (NO ₂ ⁻) à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2010)	44
Figure III. 13: Variation moyenne des nitrates (NO ₃ ⁻) à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2010)	45
Figure III. 14: Variation moyenne du phosphore à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2010)	46
Figure III. 15: Variation moyenne de la température de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2010).....	47
Figure III. 16: Variation moyenne du pH de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2010)	47
Figure III. 17: Variation moyenne de la concentration des matières en suspension (MES) à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2011).....	48

Figure III. 18: Variation moyenne de la demande biologique en oxygène (DBO ₅) à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2011)	49
Figure III. 19: Variation moyenne de la demande chimique en oxygène (DCO) à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2011)	49
Figure III. 20: Variation moyenne de l'azote ammoniacal (NH ₄ ⁺) à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2011)	50
Figure III. 21: Variation moyenne des nitrites (NO ₂ ⁻) à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2011)	51
Figure III. 22: Variation moyenne des nitrates (NO ₃ ⁻) à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2011)	51
Figure III. 23: Variation moyenne du phosphore à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2011)	52
Figure III. 24: Variation moyenne de la température de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2011)	53
Figure III. 25: Variation moyenne du pH de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2011)	53
Figure III. 26: Variation moyenne de la conductivité de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2011)	54
Figure III. 27: Variation moyenne de la concentration des matières en suspension (MES) à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2012)	55
Figure III. 28: Variation moyenne de la demande biologique en oxygène (DBO ₅) à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2012)	56
Figure III. 29: Variation moyenne de la demande chimique en oxygène (DCO) à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2012)	56
Figure III. 30: Variation moyenne de l'azote ammoniacal (NH ₄ ⁺) à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2012)	57
Figure III. 31: Variation moyenne des nitrites (NO ₂ ⁻) à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2012)	58
Figure III. 32: Variation moyenne des nitrates (NO ₃ ⁻) à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2012)	58
Figure III. 33: Variation moyenne du phosphore à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2012)	59
Figure III. 34: Variation moyenne de la température de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2012)	60
Figure III. 35: Variation moyenne du pH de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2012)	60
Figure III. 36: Variation moyenne de la conductivité de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2012)	61
Figure III. 37: Variation moyenne de l'oxygène dissous à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2012)	62
Figure III. 38: Variation moyenne de la turbidité de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2012)	62
Figure III. 39: Variation moyenne des matières insolubles décantables (MID) à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2012)	63

Figure III. 40: Variation moyenne de la concentration des matières en suspension (MES) à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2013).....	64
Figure III. 41: Variation moyenne de la demande biologique en oxygène (DBO ₅) à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2013)	64
Figure III. 42: Variation moyenne de la demande chimique en oxygène (DCO) à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2013)	65
Figure III. 43: Variation moyenne de l'azote ammoniacal (NH ₄ ⁺) à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2013)	66
Figure III. 44: Variation moyenne des nitrites (NO ₂ ⁻) à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2013)	67
Figure III. 45: Variation moyenne des nitrates (NO ₃ ⁻) à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2013)	67
Figure III. 46: Variation moyenne du phosphore à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2013)	68
Figure III. 47: Variation moyenne de la température de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2013)	69
Figure III. 48: Variation moyenne du pH de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2013)	69
Figure III. 49: Variation moyenne de la conductivité de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2013)	70
Figure III. 50: Variation moyenne de l'oxygène dissous à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2013).....	71
Figure III. 51: Variation moyenne de la turbidité de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2013).....	71
Figure III. 52: Variation moyenne des matières insolubles décantables (MID) à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2013).....	72
Figure III. 53: Variation moyenne de la concentration des matières en suspension (MES) à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2014).....	73
Figure III. 54: Variation moyenne de la demande biologique en oxygène (DBO ₅) à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2014)	74
Figure III. 55: Variation moyenne de la demande chimique en oxygène (DCO) à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2014)	74
Figure III. 56: Variation moyenne de l'azote ammoniacal (NH ₄ ⁺) à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2014)	75
Figure III. 57: Variation moyenne des nitrites (NO ₂ ⁻) à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2014)	76
Figure III. 58: Variation moyenne des nitrates (NO ₃ ⁻) à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2014)	77
Figure III. 59: Variation moyenne du phosphore à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2014)	78
Figure III. 60: Variation moyenne de la température de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2014)	78
Figure III. 61: Variation moyenne du pH de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2014)	79

Figure III. 62: Variation moyenne de la conductivité de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2014).....	80
Figure III. 63: Variation moyenne de l'oxygène dissous à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2014).....	80
Figure III. 64: Variation moyenne de la turbidité de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2014).....	81
Figure III. 65: Variation moyenne des matières insolubles décantables à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2014)	82
Figure III. 66: Variation de charge massique (Cm) dans le bassin d'aération (2009 - 2014).....	84
Figure III. 67: Variation de charge volumique (Cv) dans le bassin d'aération (2009 - 2014).....	86
Figure III. 68: Variation du temps de séjour de l'eau dans le bassin d'aération (2009 - 2014).....	87

Figure IV. 1: Variation interannuelle des matières en suspension (MES) à l'entrée et à la sortie de la STEP (2009 - 2014).....	91
Figure IV. 2: Variation interannuelle de la demande biologique en oxygène (DBO ₅) à l'entrée et à la sortie de la STEP (2009 - 2014).....	98
Figure IV. 3: Variation interannuelle de la demande chimique en oxygène (DCO) à l'entrée et à la sortie de la STEP (2009 - 2014).....	99
Figure IV. 4: Variation interannuelle des caractéristiques de la biodégradabilité de l'effluent à l'entrée de la STEP (2009 - 2014).....	101
Figure IV. 5: Comparaison entre la variation interannuelle de la demande biologique en oxygène (DBO ₅) et la demande chimique en oxygène (DCO) à la sortie de la STEP (2009 - 2014)	103
Figure IV. 6: Variation interannuelle sur la production de boue apportée par les matières en suspension (MES) à l'entrée de la STEP (2009 - 2014)	108
Figure IV. 7: Comparaison entre la variation interannuelle des matières en suspension (MES), de la demande biologique en oxygène (DBO ₅) et la demande chimique en oxygène (DCO) à la sortie de la STEP (2009 - 2014)	110
Figure IV. 8: Variation interannuelle du pH de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP (2009 - 2014)	113
Figure IV. 9: Variation interannuelle de la température de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP (2009 - 2014)	114
Figure IV. 10: Variation interannuelle de l'oxygène dissous à l'entrée et à la sortie de la STEP (2012 - 2014)	115
Figure IV. 11: Variation interannuelle en azote ammoniacal (NH ₄ ⁺) à l'entrée et à la sortie de la STEP (2010 - 2014).....	118
Figure IV. 12: Variation interannuelle des nitrites (NO ₂ ⁻) à l'entrée et à la sortie de la STEP (2009 - 2014).....	119
Figure IV. 13: Variation interannuelle des nitrates (NO ₃ ⁻) à l'entrée et à la sortie de la STEP (2009 - 2014).....	120

Figure IV. 14: Variation interannuelle en ortho phosphates (PO_4^{3-}) à l'entrée et à la sortie de la STEP (2012 - 2014).....	122
Figure IV. 15: Variation interannuelle du phosphore totale (P_t) à l'entrée et à la sortie de la STEP (2010 - 2011)	123
Figure IV. 16: Variation interannuelle de la conductivité de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP (2011 - 2014)	125
Figure IV. 17: Variation interannuelle des matières insolubles décantables (MID) à l'entrée et à la sortie de la STEP (2012 - 2014).....	126

Liste des photos

Photo I. 1: <i>Modèle « Swiss cheese » à plaques de Reason</i>	8
Photo I. 2: <i>Le modèle ALARM de Vincent</i>	9
Photo II. 1: Panoramique de la station d'épuration des eaux usées de la ville de Tlemcen	24
Photo II. 2: Situation géographique de la station d'épuration d'AIN EL HOUTZ.....	25
Photo II. 3: Déversoir d'orage	27
Photo II. 4: Grille grossière manuelle	28
Photo II. 5: Grille mécanisée	28
Photo II. 6: Déssableur – déshuileur	29
Photo II. 7: Bac de récupération des sables et graisses.....	29
Photo II. 8: Bassins d'aérations	30
Photo II. 9: La zone aérée dans le bassin d'aération.....	30
Photo II. 10: Vis de recirculation de l'eau nitrifiée vers la zone non aérée	30
Photo II. 11: Zone non aérée dans le bassin d'aération	31
Photo II. 12: Clarificateurs.....	31
Photo II. 13: Bassin de chloration.....	32
Photo II. 14: Vis de recirculation.....	32
Photo II. 15: Epaisseur.....	33
Photo II. 16: Lits de séchage.....	33
Photo II. 17: Lits de séchage +Aire de stockage des boues séchées.....	34
Photo II. 18: Réservoir de stockage des eaux usées épurées (bassin de l'ONID)	34

Liste des tableaux

Tableau I. 1: Exemple de grilles d'APR	11
Tableau I. 2: Exemple de grille d'APR	11
Tableau III. 1: Paramètres de fonctionnement des systèmes à boues activées	83
Tableau III. 2: Variation interannuelle du coefficient de biodégradabilité (Rapport DCO/DBO ₅) durant l'année 2009 au 2014	88
Tableau IV. 1: Analyse des dysfonctionnements observés avec leurs causes et quelques solutions spécifiques proposées pour les MES dans le cadre de l'AMDEC	92
Tableau IV. 2: Principaux dysfonctionnements observés avec leurs causes et quelques solutions spécifiques proposées (cas englobe la chaîne commune de la variation de DBO ₅ et DCO)	104
Tableau IV. 3: représente le phénomène de foisonnement	111
Tableau IV. 4: Les principaux dysfonctionnements observés avec leurs causes et quelques solutions spécifiques proposées (cas englobe de l'oxygène dissous).....	116
Tableau IV. 5: Récapitule des points sensibles et recommandations principales à appliquer pour l'ensemble des étapes de traitement de l'eau usée	129

Liste des abréviations

AMDEC : Analyse des Modes de Défaillance, de leurs effets et de leurs criticité

FMEA : Failure Mode and Effect Analysis

Afnor : Association Française de Normalisation

FOH : Facteurs Humains et Organisationnels

APR : Analyse Préliminaire des Risques

STEP : Station d'Épuration

MTH : Maladies à Transmission Hydrique

ONID : Office Nationale d'Irrigation et Drainage

MES : Matières en Suspension

DBO : Demande Biologique en Oxygène

DCO : Demande Chimique en Oxygène

N-NH₃ : azote ammoniacal

NH₄⁺ : azote ammoniacal

NO₂⁻ : Nitrite

NO₃⁻ : Nitrate

O₂ : Oxygène

Ph_t : Phosphore Total

PO₄³⁻ : Orthophosphates

pH : potentiel d'Hydrogène

MID : Matières Insolubles Décantables

Cm : Charge massique

Cv : Charge volumique

Ts : Temps de séjour

A : Age des boues

MVS : Matière volatiles en Suspension

K : coefficient de biodégradabilité

B.A : Bassin d'Aération

Introduction générale

On peut constater que la majorité du matériel que nous utilisons actuellement fonctionnent de manière très satisfaisante. À tel point que notre vie privée est généralement organisée à partir du principe selon lequel le radio-réveil, la voiture, le train, l'ordinateur, le distributeur de billets ..., fonctionneront convenablement lorsque nous en aurons besoin ou lorsque nous les solliciterons.

Le haut niveau de service de ces équipements nous amène à leur accorder une confiance quasi-totale, et, de ce fait, nous ne nous interrogeons peut-être pas suffisamment sur les conséquences de leurs éventuels dysfonctionnements. Ces défaillances sont tellement peu envisagés que, lorsqu'ils surviennent, on constate parfois qu'il n'existe pas (ou qu'il n'existe plus) de solution palliative ou alternative.

Dans le domaine industriel et dans celui des transports, la complexité croissante des systèmes et des installations, la dangerosité de certains process, la recherche de capacités et/ou de performances de plus en plus élevées, les impératifs économiques... nous amènent à nous poser, avec peut-être encore plus d'acuité, la question du bon fonctionnement de ces systèmes. En effet, leurs défaillances ou dysfonctionnements peuvent avoir des conséquences considérables (pertes de vies humaines, atteintes à l'environnement, pertes financières...).

La question de l'épuration des eaux usées prend dans le monde d'autant plus d'importance que l'eau douce non polluée devient de plus en plus insuffisante en quantité dans diverses régions du globe. Mais, contrairement à ce qui se dit trop souvent, l'humanité, dans son ensemble, ne peut pas épuiser ses ressources en eau.

D'année en année, nous voyons apparaître des perfectionnements des procédés d'épuration, ou même de nouvelles techniques d'épuration. Il est certain que l'évolution va se poursuivre en ce domaine, où la recherche scientifique et technique trouve un surcroît d'activité, étant donné que devant l'obligation d'épurer désormais les eaux usées et les eaux résiduaires industrielles, les collectivités et les industries seront toujours très intéressées par des techniques nouvelles permettant soit d'abaisser le coût de l'épuration, soit d'assurer la sûreté de fonctionnement des installations ou d'en simplifier l'exploitation.

La complexité du fonctionnement d'une station d'épuration se trouve ainsi réduite à un ensemble de situations qui peuvent être correctement appréhendées par un esprit humain et confrontées à l'expérience. Pour cela, on peut alors concevoir une démarche qui permettra de :

- rechercher les défaillances ou les dysfonctionnements potentiels susceptibles d'affecter un équipement, un dispositif, une machine, un procédé,
- analyser les conséquences de ces défaillances, d'identifier les situations qui en résulteraient,
- évaluer le niveau de gravité, de criticité ou d'acceptabilité de ces situations,
- savoir comment et sur quoi agir, quelles mesures envisager, dans le cas où ces situations apparaissent comme inacceptables.

L'analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité (AMDEC) est une méthode qui nous permettra de répondre à ces attentes.

Les objectifs de cet travail est :

- d'apporter une aide pratique à l'identification des différents types de dysfonctionnements,
- d'appliquer la méthode AMDEC à la station d'épuration d'AIN EL HOUTZ,
- de chercher et analyser les différentes défaillances qui peuvent rencontrés dans la STEP, expliquer leurs effets, causes et leur criticité,
- de proposer des solutions préventives et curatives de lutte contre les dysfonctionnements probables et assurer une bonne continuité du fonctionnement de la STEP.

Ce travail est organisé en deux parties distinctes et complémentaires :

- ✓ Une partie bibliographique consiste à présenter la méthode AMDEC dans le premier chapitre, son historique, principe, objectif, leurs étapes, types et citer les différents modes de défaillance avec ces classifications. Un deuxième chapitre montre une description sur la STEP d'AIN EL HOUTZ.
- ✓ Une partie expérimentale rassemble deux chapitres, l'un regroupe l'étude détaillée des performances de la STEP durant une période de six ans, à partir des

analyses reliées aux variations des paramètres physico-chimiques à l'entrée et à la sortie de la STEP. L'autre aborde l'application de la méthode AMDEC à la STEP de AIN EL HOUTZ, à la base des graphes interannuels des différents paramètres (principalement sur la variation des : MES, DBO₅, DCO et l'O₂ dissous) et des interprétations correspondantes.

Enfin, une conclusion générale qui met le point sur un tel travail et ses extensions futures.

Chapitre I : Analyse des modes de défaillances, de leurs effets et de leur criticité (AMDEC)

I.1. Introduction

Parmi les outils et techniques de prévention des problèmes potentiels, la méthode AMDEC « Analyse des Modes de défaillance, de leurs effets et leur criticité » (Failure Mode and Effect Analysis, FMEA). Cette technique a pour but d'étudier, d'identifier, de prévenir ou au moins de réduire les risques de défaillance d'un système, d'un processus, d'un produit.

L'association Française de normalisation (Afnor) définit l'AMDEC comme étant « une méthode inductive qui permet de réaliser une analyse qualitative et quantitative de la fiabilité ou de la sécurité d'un système ». La méthode consiste à examiner méthodiquement les défaillances potentielles des systèmes (analyse des modes de défaillance), leurs causes et leurs conséquences sur le fonctionnement de l'ensemble (les effets). Après une hiérarchisation des défaillances potentielles, basée sur l'estimation du niveau de risque de défaillance, soit la criticité, des actions prioritaires sont déclenchées et suivies [1].

I.2. Défaillances et modes de défaillances

Un système est défini comme un ensemble de mécanismes de défaillance dépendant de l'état de chacun de ses composants constitutifs. Rappelons qu'un mécanisme de défaillance est un sous-ensemble d'élément qui, ayant tous défailli, entraînent la défaillance du système [2].

Pouvoir se servir d'un système, c'est pouvoir en disposer. C'est le qualifier de disponible. C'est le situer en état de disponibilité [3].

I.2.1. Définition de la défaillance

Une défaillance est l'altération ou la cessation de l'aptitude d'un ensemble à accomplir sa ou ses fonctions requises avec les performances définies dans les spécifications techniques [4].

Lorsqu'une valeur de défaillance a été fixée pour évaluer la dégradation d'un matériel ou d'un composant, on définit une autre valeur du même critère, en avance de la précédente, comme étant le « point de défaillance potentielle ». Cette valeur est choisie de telle sorte que si la dégradation ne l'atteint pas, le risque de défaillance avant la prochaine inspection est jugé acceptable. Il n'est donc pas nécessaire d'intervenir avant cette valeur.

Ce concept de la défaillance potentielle est à la base des techniques modernes de maintenance (conditionnelle ou prévisionnelle). Il sera utilisé comme critère de décision de restauration [5].

I.2.2. Qu'est-ce qu'un mode de défaillance ?

Le mode de défaillance est la forme observable du dysfonctionnement d'un produit, d'un outil de fabrication ou d'un processus étudié. Un mode de défaillance doit répondre aux caractéristiques suivantes :

- il est relatif à la fonction que l'on étudie.
- il décrit la manière dont le processus, le produit ou le moyen de production ne remplit pas ou plus sa fonction.
- il s'exprime en termes techniques précis (les termes « mauvais », « bon » sont à proscrire dans ce type d'étude car trop subjectifs et ne permettent pas de réaliser une analyse fine [6]).

I.2.3. Cause de défaillance

Une cause de défaillance est l'événement initial pouvant conduire à la défaillance d'un dispositif par l'intermédiaire de son mode de défaillance. Plusieurs causes peuvent être associées à un même mode de défaillance. Une même cause peut provoquer plusieurs modes de défaillance [7].

I.2.4. Effet de la défaillance

L'effet d'une défaillance est, par définition, une conséquence subie par l'utilisateur. Il est associé au couple (mode-cause de défaillance) et correspond à la perception finale de la défaillance par l'utilisateur [7].

I.2.5. Mécanisme de défaillance

Processus physique, chimique ou autre qui entraîne une défaillance [5].

I.2.6. Taux de défaillance

Le taux de défaillance $\lambda(t)$ est une probabilité conditionnelle de défaillance très utilisée en électronique. Il donne une mesure des risques pour qu'un dispositif tombe en panne pendant l'intervalle de temps $]t, t+\Delta t]$ lorsque Δt tend vers zéro sachant que ce dispositif a survécu jusqu'au temps t [8].

$$\lambda(t) = \frac{\text{Nombre de matériels défaillants pendant un intervalle de temps } \Delta t}{\text{Nombre de matériels en service au début de } \Delta t \times t} \quad (\text{I.1})$$

I.3. Classification des défaillances

a) Classification des défaillances en fonction des causes

Défaillance due à un mauvais emploi

Défaillance attribuable à l'application de contraintes au-delà des possibilités données du dispositif [5].

Défaillance due à une faiblesse inhérente

Défaillance attribuable à une faiblesse inhérente au dispositif lui-même lorsque les contraintes ne sont pas au-delà des possibilités données du dispositif [5].

Défaillance première

Défaillance d'un dispositif dont la cause directe ou indirecte n'est pas la défaillance d'un autre dispositif [5].

Défaillance seconde

Défaillance d'un dispositif dont la cause directe ou indirecte est la défaillance d'un autre dispositif [5].

b) Classification des défaillances en fonction du degré

Défaillance partielle

Défaillance résultant de déviation d'une ou des caractéristiques au-delà des limites spécifiées, mais telle qu'elle n'entraîne pas une disparition complète de la fonction requise. « Les limites correspondant à cette catégorie sont des limites spéciales spécifiées à cette fin » [5].

Défaillance complète

Défaillance résultant de déviations d'une ou des caractéristiques au-delà des limites spécifiées, telle qu'elle entraîne une disparition complète de la fonction requise. « Les limites correspondant à cette catégorie sont des limites spéciales spécifiées à cette fin » [5].

Défaillance intermittente

Défaillance d'un dispositif subsistant pendant une durée limitée, à la fin de laquelle le dispositif retrouve son aptitude à accomplir sa fonction requise, sans avoir été soumis à une action corrective externe quelconque [5].

c) Classification des défaillances en fonction de la vitesse d'apparition

Défaillance soudaine

Défaillance qui n'aurait pas pu être prévue par un examen ou une surveillance antérieure.

« Le type de défaillance ne peut pas se détecter par un examen de l'évolution des caractéristiques du dispositif » [5].

Défaillance progressive

Défaillance qui aurait pu être prévue par un examen ou une surveillance antérieure. « Ce type de défaillance peut se détecter par un examen de l'évolution des caractéristiques du dispositif » [5].

d) Classification des défaillances en fonction de la vitesse d'apparition et du degré

+ Défaillance catalectique

Défaillance qui est à la fois soudaine et complète. « En pratique le diagnostic d'une telle défaillance est souvent impossible » [5].

+ Défaillance par dégradation

Défaillance qui est à la fois progressive et partielle. « À la longue, une telle défaillance peut devenir une défaillance complète » [5].

e) Classification des défaillances par rapport aux conséquences

Les défaillances qui surviennent sur des dispositifs, systèmes et composants ont des conséquences et des effets qui peuvent avoir des degrés de gravité très divers.

On peut distinguer :

+ Défaillance mineure

« Défaillance, autre que critique, qui ne réduit pas l'aptitude d'un dispositif plus complexe à accomplir sa fonction requise ». Elle nuit au bon fonctionnement du dispositif en causant des dommages négligeables soit au système soit à l'environnement [5].

+ Défaillance majeur

« Défaillance, autre que critique, qui risque de réduire l'aptitude d'un dispositif plus complexe à accomplir sa fonction requise ». Elle est appelée également défaillance significative. Elle ne cause pas de dommage notable au système, à l'environnement ou à l'homme [5].

+ Défaillance critique

« Défaillance qui risque de causer des blessures à des personnes ou des dégâts importants aux matériels ». Cette défaillance entraîne la perte d'une(ou des) fonction(s) essentielle(s) du dispositif avec un impact sur l'environnement, les systèmes et les personnes [5].

+ Défaillance catastrophique

« Défaillance qui entraîne la perte d'une(ou des) fonction(s) essentielle(s) d'un dispositif en causant des dommages importants au dit système, à l'environnement et peut entraîner la mort d'homme » [5].

I.4. Typologie des défaillances

Il est important de noter que les défaillances ne font pas l'objet de définitions uniques et il convient de s'assurer de la bonne acceptation de ces concepts au sein d'une étude de criticité particulière [9].

I.4.1. Défaillances organisationnelles

Les défaillances organisationnelles relèvent principalement de problèmes de management car elles mettent en cause les méthodes et les procédures de travail, la communication entre les acteurs, l'organisation des équipes de travail et la fourniture des moyens humains et logistiques. Elles peuvent contribuer de façon indirecte à la défaillance d'un équipement ou à un accident majeur [9].

I.4.2. Défaillances humaines

Aujourd'hui, les facteurs humains et organisationnels (FOH) sont pris en considération dans la majorité des activités industrielles ou de services.

-La photo I.1 représente le modèle de Reason. Il utilise un système de plaques correspondant à des barrières redondantes qui s'interposent entre le danger et l'accident. L'occurrence d'un accident se produit si toutes les barrières mises en place s'avèrent défaillantes. Les points faibles d'une barrière sont représentés par « trous » d'où le surnom de la méthode

« *Swiss cheese* » ou « gruyère ». L'apparition simultanée de trous dans chacune des barrières peut alors provoquer l'accident. Le chemin ainsi défini entre le danger, les trous et l'accident est alors appelé la « trajectoire accidentelle ». Les travaux de Reason se sont penchés sur les conditions d'apparition de ces trous. Les erreurs actives correspondent aux conséquences d'erreurs commises par les opérateurs de première ligne. Selon son modèle, ces erreurs actives sont les conséquences de mauvaises décisions organisationnelles prises par le management (conception, communication, planification, etc.). Ces dysfonctionnements organisationnels sont appelés « conditions latentes » et sont les sources « d'erreurs latentes ». Ces erreurs latentes, cachées pour les opérateurs, peuvent se propager à l'intérieur du système de barrière et conduire à des erreurs actives [9].

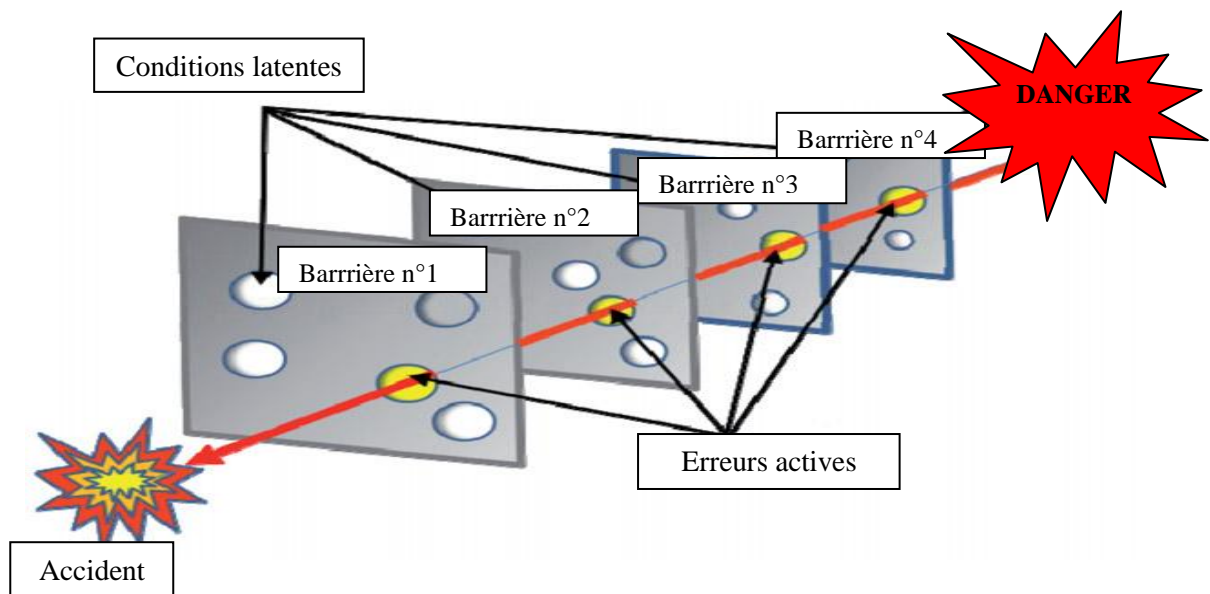


Photo I.1 : Modèle « Swiss cheese » à plaques de Reason [9]

La méthode ALARM fournit un guide pour retrouver ces erreurs latentes de l'organisation et de son management [9]. La photo I.2 illustre les principes et concepts de la méthode ALARM.

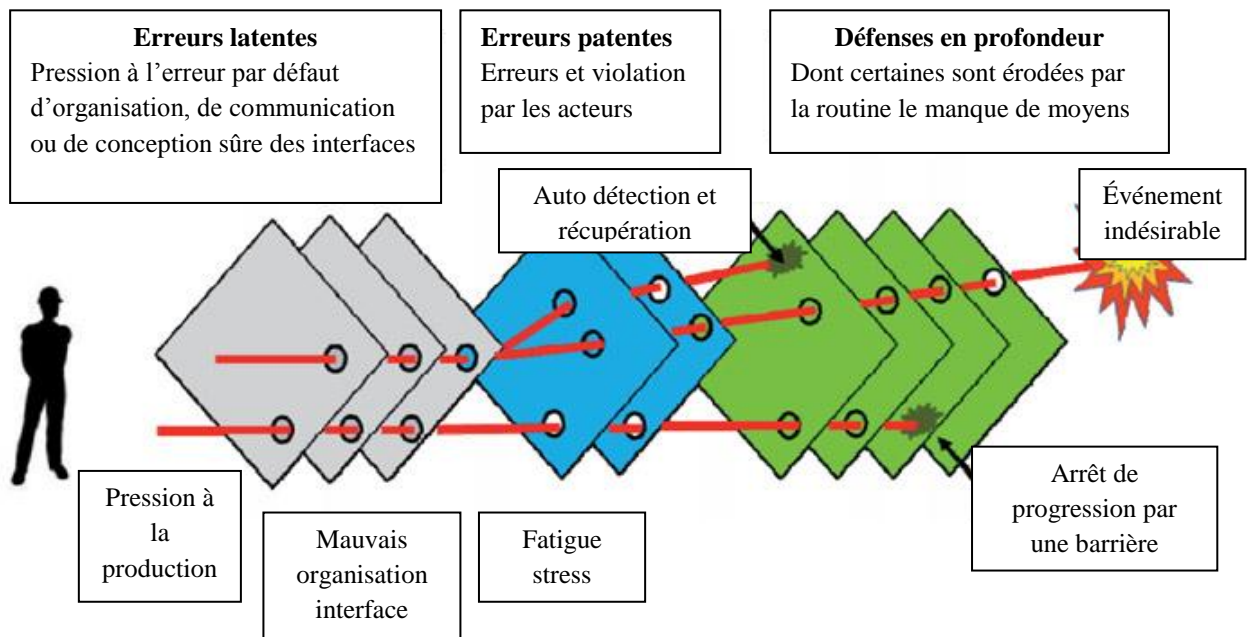


Photo I.2 : Le modèle ALARM de Vincent [9]

I.4.3. Défaillances techniques

Les défaillances techniques sont définies dans la discipline de la sûreté de fonctionnement comme la cessation de l'aptitude d'une entité à accomplir une fonction requise. La défaillance est observée à travers son mode et résulte d'une cause initiale. Elle se caractérise donc par le couple cause-mode [9].

I.5. L'AMDEC et l'évaluation des risques

La confiance que l'on peut avoir dans un projet ou dans une fabrication augmente lorsque les précautions sont accrues et les risques limités. Elle s'appuie sur une organisation, matérialisée par un manuel qui a pour but de prouver l'obtention de la qualité que l'on est en droit d'attendre [10].

I.5.1. Définition de risque

Le risque peut se définir comme la survenue d'un événement imprévu, plus ou moins nocif, fautif ou non, pouvant causer un dommage. Le préjudice subi peut faire l'objet d'une réparation, sous la forme d'une indemnisation. Il se caractérise par sa nature, sa probabilité de survenue, sa gravité.

Gérer le risque, c'est le contrôler afin de l'éliminer si possible, sinon de le réduire et de transférer l'impondérable c'est-à-dire le risque statistique inéluctable [11].

L'AMDEC a développé une méthode d'analyse des risques dans les installations. Cette analyse permet de classer tous les éléments de l'installation selon leur niveau de criticité. En fonction de ce classement, des modifications éventuelles sont apportées au projet dès la conception [12].

La méthode est qualifiée d'inductive car son point de départ est la recherche des événements élémentaires pour en déduire les conséquences finales. Par opposition, les méthodes déductives consistent à analyser la conséquence finale pour en rechercher les événements élémentaires [7].

Pour qu'un dommage à une personne puisse survenir, il faut que plusieurs conditions soient réunies (figure I.1) :

- L'existence d'un phénomène ou d'un élément dangereux (ou d'un danger, ce terme désignant plutôt une situation)
- L'exposition de la personne au phénomène ou à l'élément dangereux (ou au danger) qui la place alors en situation dangereuse (appelée aussi situation de risque)
- La survenance d'un événement déclencheur (appelé parfois, à tort, événement dangereux) qui va activer le mécanisme de l'accident
- Aucune possibilité d'évitement du dommage [13].

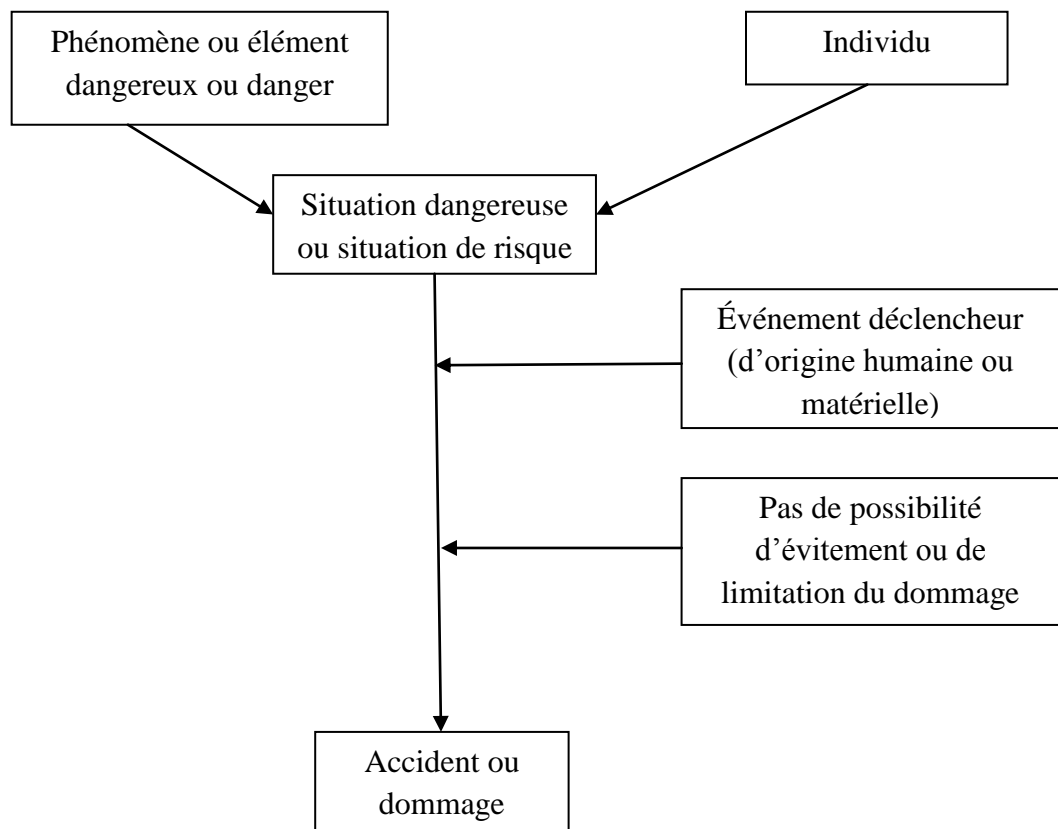


Figure I.1 : schéma représente les conditions réunies pour éviter les dommages [13]

Comme pour l'AMDEC, la démarche est formalisée dans des tableaux à colonnes. Là encore, il n'existe pas de tableaux standards, mais des principes communs.

Tableau I.1 : Exemple de grilles d'APR [13]

1	2	3	4	5	6
Système ou sous-système	Phase	Élément dangereux	Événement causant une situation dangereuse	Situation dangereuse	Événement causant un accident potentiel

7	8	9	10	11
Accident potentiel	conséquences	Classification par gravité	Mesures préventives	Application de ces mesures

Tableau I.2 : Exemple de grille d'APR [13]

1	2	3	4	5
Système ou sous-système	Élément dangereux	Raison de la situation dangereuse	Situation dangereuse	Cause de l'accident

6	7	8	9
accident	Effet de l'accident	Probabilité de l'accident	Mesures de prévention

APR : analyse préliminaire des risques

L'AMDEC est une méthode développée de l'APR.

Les termes employés dans les colonnes du tableau I.1 correspondent aux notions suivantes :

- ✓ Système ou sous-système : identification de l'ensemble étudié
- ✓ Phase : phase ou mode d'utilisation pendant lesquels certains éléments peuvent générer un risque
- ✓ Élément dangereux : élément du sous-système ou du système auquel on peut associer un danger intrinsèque
- ✓ Événement causant une situation dangereuse : événements, dysfonctionnements, erreurs..., qui peuvent transformer un élément dangereux en situation dangereuse
- ✓ Situation dangereuse : situation résultant de l'interaction de l'élément dangereux et de l'ensemble du système, suite à un événement de la colonne précédente
- ✓ Événement causant un accident potentiel : événements, dysfonctionnements, erreurs..., susceptible de transformer une situation dangereuse en accident

- ✓ Accident potentiel : accident résultant des situations dangereuses, suite à un événement de la colonne précédente
- ✓ Conséquences : conséquences des accidents potentiels lorsqu'ils se produisent
- ✓ Classification par gravité : expression qualitative de la gravité des conséquences de l'accident (par exemple : mineur, significatif, critique, catastrophique).
- ✓ Mesures préventives : mesures envisagées pour éliminer ou pour maîtriser les risques identifiés
- ✓ Application de ces mesures : remarques et informations relatives aux mesures précédente

Le tableau I.2 est similaire au précédent, avec les différences suivantes :

- ✓ L'intitulé « raison de la situation dangereuse », colonne 3 du tableau I.2, est équivalent à « événement causant une situation dangereuse », colonne 4 du tableau I.1
- ✓ L'intitulé « cause de l'accident », colonne 5 du tableau I.2, est équivalent à « événement causant un accident potentiel », colonne 6 du tableau I.1.

Dans le tableau I.1, on indique seulement la gravité des conséquences de l'accident s'il se produit, alors que dans le tableau I.2, on indiquera la probabilité de cet accident, dans l'esprit de la norme EN 1050 (les utilisateurs de ce tableau ont élaboré un système d'évaluation de cette probabilité, non présenté ici).

L'APR a pour but de déceler les risques et leurs causes, d'étudier les conséquences susceptibles d'apparaître du fait de l'existence d'éléments dangereux, de définir des règles de conception et des procédures permettant d'éliminer ou de maîtriser les situations dangereuses et les accidents potentiels ainsi mis en évidence, elle est totalement orientée « danger ».

L'APR est une démarche inductive, mais aussi déductive, qui permet de rechercher des combinaisons d'événements [13].

Déductive : la démarche est bien sûr inversé puisque l'on part de l'événement indésirable et l'on recherche ensuite par une approche descendantes toutes les causes possibles [4].

Elle ne peut pas être très complète pour des systèmes complexes, elle est réalisée au début de la phase de conception, elle doit être considérée comme une première approche des risques présentés par un système (analyse préliminaire des risques), l'AMDEC sera ensuite utilisée comme un moyen d'analyse de la fiabilité et de la sécurité du système, au fur et à mesure de l'avancement du projet [13].

I.6. Historique et domaines d'application

La méthode AMDEC à été développée aux États-Unis et utilisée depuis les années quarante en spatial et en aéronautique. Depuis sa première mise en œuvre, des adaptations ont été apportées et concernent les AMDEC : produit, procédé, machines, moyens de production et organisationnelles. De très nombreuses normes internationales, nationales et sectorielles ont vu le jour depuis plusieurs décennies [14].

L'AMDEC a été utilisée aux États-Unis par la société Mc Donnell Douglas depuis les années soixante. Elle consistait à dresser la liste des composants d'un produit et à cumuler des informations sur les modes de défaillance, leur fréquence et leurs conséquences. La méthode a été mise au point par la NASA et le secteur de l'armement sous le nom de FMEA pour évaluer l'efficacité d'un système [1].

A la fin des années soixante-dix, la méthode fait largement adoptée par Toyota, Nissan, Ford, BMW, Peugeot, Volvo, Chrysler et d'autres grands constructeurs d'automobiles. La méthode a fait ses preuves dans les industries suivantes : spatiale, armement, mécanique, électronique, électrotechnique, automobile, nucléaire, aéronautique, chimie, informatique et plus récemment, on commence à s'y intéresser dans les services [1].

Pendant les années quatre-vingt, les constructeurs français d'automobiles ont introduit des clauses de fiabilité dans les contrats avec leurs fournisseurs de composants pour les automobiles, d'une part, et avec leurs fournisseurs de machines et équipements de production, d'autre part. Dans ce dernier cas, les clauses prévoyaient généralement la réalisation d'une AMDEC. Les tableaux AMDEC et la méthode d'évaluation de la criticité qui avaient alors été élaborés pour la fourniture des équipements de production, dans ce domaine de l'automobile, ont été ensuite fréquemment utilisés dans d'autres secteurs. Cette appropriation n'a peut-être pas toujours été réalisée à bon escient (les référentiels, la façon dont la méthode est mise en oeuvre dans un cadre précis, avec des préoccupations spécifiques ainsi que les résultats auxquels on parvient, ne sont pas forcément transposables dans d'autres domaines), mais elle a vraisemblablement beaucoup contribué à propager la méthode AMDEC en France [13].

Actuellement :

- parmi les méthodes d'analyse de la fiabilité, l'AMDEC figure en bonne place
- certaines procédures définies dans le cadre d'une démarche qualité (application des normes ISO 9000, par exemple) incluent l'utilisation de l'AMDEC à différents stades du développement des produits ou des procédés
- dans ses principes, l'AMDEC est une méthode stabilisée depuis de nombreuses années: la norme NF X 60-510 «Techniques d'analyse de la fiabilité des systèmes - Procédure d'analyse des modes de défaillance et de leurs effets (AMDE)» a été publiée en décembre 1986 [13].

I.7. L'AMDE

La notion de criticité viendra compléter l'AMDE pour donner l'AMDEC. Les relations entre les défaillances et les effets qui en résultent constituent la partie AMDE, et il est fondamental de comprendre comment décrire ces relations [13].

I.7.1. L'exploitation de l'AMDE

L'AMDE a été définie comme un moyen d'identifier les modes de défaillances potentielles, en vue de les éliminer ou d'en minimiser les conséquences.

On s'intéressera prioritairement aux modes de défaillance dont les effets sont « les plus dommageable » ou « les plus grave » ou « les plus critiques », dans un domaine

particulier (qualité, production, sécurité...). On cherchera alors, dans cet ordre à éliminer ces modes de défaillance (en agissant sur leurs causes) et à en minimiser les conséquences.

Par contre, on peut admettre que certains modes de défaillance ont des effets « acceptables », et pour ceux-là, on considérera la conception comme convenable [13].

I.7.2. Les principales caractéristiques de l'AMDE

L'AMDE est une méthode d'analyse de la fiabilité des systèmes, elle procède d'une démarche inductive, qualitative, exhaustive [13].

✚ Une méthode d'analyse de la fiabilité des systèmes

La norme NF X 60-510 est intitulée « Technique d'analyse de la fiabilité des systèmes – Procédure d'analyse des modes de défaillance et de leurs effets (AMDE) »

L'AMDE est une méthode analytique (l'étude du système s'obtient par l'étude de ses composants). Elle permet d'étudier la fiabilité (ou son corollaire, la défaillance) du système à partir de l'étude des défaillances de ses composants [13].

✚ Une démarche inductive

Est une démarche a priori, pratiquée dans un objectif de prévention des défaillances [15].

Elle à une approche montante où l'on identifie toutes les combinaisons d'événements élémentaires possibles qui entraînent la réalisation d'un événement unique indésirable [4].

✚ Une méthode qualitative

L'AMDE est une des méthodes d'évaluation de la fiabilité des systèmes.

La fiabilité et d'autres préoccupations telles que : maintenance, maintenabilité, disponibilité, sécurité sont complémentaires et souvent associées.

Contrairement à d'autres méthodes ou outils de la sureté de fonctionnement, l'AMDE est une méthode uniquement qualitative [13].

✚ Une analyse exhaustive

Quels que soient le niveau de décomposition du système en composants, et la nature de ces derniers (matériels, fonction...), la qualité des résultats issus de l'AMDE sera directement liée au soin ou à la volonté que nous aurons de ne rien omettre, d'identifier tous les composants et pour chacun d'entre eux, d'identifier tous les modes de défaillance [13].

I.7.3. Défaillances simples, défaillances multiples, systèmes redondants

✚ L'AMDE, méthode d'analyse des défaillances simples

L'AMDE présente une limite : elle ne traite que les défaillances unique (simples), on dit parfois que l'on ne s'intéresse qu'à un seul mode de défaillance à la fois , en faisant l'hypothèse que tout le reste du système fonctionne correctement [13].

Systèmes simples, systèmes redondants

La notion de système simple ou de système redondant n'est pas seulement liée à l'architecture physique du système, mais également à la définition de la mission ou de la fonction attendue du système [13].

Des méthodes d'analyse des défaillances multiples

Pour traiter les défaillances multiples, l'AMDE n'est pas suffisant. Il sera donc nécessaire, pour cela, de recourir à d'autres méthodes.

➤ **Méthode des combinaisons de pannes (ou de défaillances)**

On se situe toujours dans une démarche inductive, partant des défaillances pour aller vers les effets. Lorsque l'on parle de combinaisons de défaillance, il ne peut donc s'agir que de combinaisons de défaillances appartenant à cette liste. Le principe consistera donc à considérer ces défaillances deux par deux (ou trois par trois) et à identifier les effets ou les conséquences de leur combinaison [13].

➤ **Méthode des arbres de défaillances**

La méthode des arbres de défaillances est une méthode déductive, partant des effets pour aller vers les causes.

Cette méthode s'inscrit dans cette logique en permettant de rechercher non seulement les défaillances simples ou uniques, mais aussi les combinaisons de défaillances qui peuvent être à l'origine des effets constatés ou identifier a priori [13].

Pour un système, il existe le dossier AMDE, mais il existe un arbre de défaillance associé à chaque événement indésirable.

- L'AMDE permet d'identifier les conséquences des défaillances uniques mais seulement celles-ci, or comme par définition , les systèmes redondants ne sont pas affectés par les défaillances uniques, il devient alors nécessaire de rechercher comment ces systèmes peuvent être affectés par des combinaisons de défaillances. L'AMDE sera alors généralement la première étape : elle permet de s'assurer que la conception du système répond au critère de simple défaillance et elle fournit la liste des défaillances uniques que l'on pourra traiter par d'autres méthodes [13].

I.8. De l'AMDE à l'AMDEC

Nous allons maintenant compléter l'analyse des modes de défaillance et de leurs effets (AMDE) pour l'analyse des modes de défaillance est complétée de leurs effets et de leur criticité (AMDEC).

L'AMDEC ajoute à l'AMDE la notion nouvelle de « criticité » dont l'objectif principal est de hiérarchiser ou de repérer les risques les plus importants (toujours afin de les traiter de façon préventive) [13].

I.9. L'AMDEC

a) Dans quel but utiliser l'AMDEC ?

On ne réalise pas une AMDEC pour le plaisir de « faire de l'AMDEC » ou seulement pour faire travailler ensemble un groupe de personnes. Il faut être conscient que l'AMDEC requiert des compétences et du temps. Dans le cas de systèmes complexes, comportant de nombreux composants, elle peut constituer un énorme travail.

Il convient donc de l'utiliser à bon escient, lorsque l'investissement (objectif, résultats attendus, mobilisation des personnes) le justifie [13].

b) Quand utiliser l'AMDEC ?

Le processus de conception d'un produit, d'une machine ou d'un système peut comporter différents stades (analyse fonctionnelle, avant-projet, définition) et nous verrons que l'AMDEC pourra être utilisée à chacune de ces étapes.

En ce qui concerne les systèmes existants, en phase d'utilisation ou d'exploitation, l'AMDEC peut également être très utile. On retrouvera, bien sûr, les défaillances connues (celles qui ont affecté le système et ses composants et face auxquelles on a vraisemblablement déjà apporté des modifications ou des solutions), mais surtout elle permettra de découvrir les effets des défaillances potentielles (celles qui ne sont pas encore survenues) et que les utilisateurs ou exploitants ne soupçonnaient pas [13].

c) À quoi sert l'étude AMDEC ?

L'étude AMDEC sert à évaluer de façon méthodique les défauts qui pourraient apparaître dans l'utilisation d'un moyen, un produit ou l'application d'un processus. Il est possible de faire un parallèle avec l'analyse des risques, les outils étant complémentaires.

- L'étude AMDEC n'est pas un élément figé. Il est judicieux de la revoir après un temps d'activité sur un produit, processus ou moyen de fabrication, et d'en réévaluer la cotation. C'est un outil vivant.
- Chaque fois qu'une donnée d'entrée évolue (performance produit, plainte client, etc.), il convient d'en réévaluer l'étude [6].

d) Pourquoi mettre en place l'AMDEC ?

La démarche structurée de l'AMDEC vise avant tout à :

- Identifier et évaluer les modes de défaillance et leurs effets possibles
- Identifier et classer les actions à prendre en priorité pour diminuer le risque afférant à ces modes de défaillance

- Minimiser les actions correctrices
- Consigner cette démarche par écrit [16].

I.10. L'exploitation de l'AMDEC

La méthode AMDEC comporte :

I.10.1. Le livret des points critiques

L'objectif de l'AMDEC était d'identifier les défaillances et/ou les composants critiques. Lorsqu'on a analysé un système complexe avec des centaines de modes de défaillance, il peut être nécessaire de rassembler dans un document réduit les seuls points qui sont apparus critiques.

Ce document est fréquemment désigné sous le nom de « livret des points critiques ». En pratique, il peut être constitué par une simple compilation des rubriques de l'AMDEC relatives aux points désignés comme critiques [13].

I.10.2. Les colonnes « modification » sur le tableau AMDEC

Il s'agit d'indiquer directement les modifications envisagées pour les points critiques, puis de procéder à une nouvelle évaluation de la criticité, en intégrant ces modifications, afin de vérifier qu'elles permettraient de rendre non critiques les points qui l'étaient initialement, ou au moins de diminuer leur criticité .

Cette façon de procéder peut amener à considérer que l'AMDEC va jusqu'à la recherche de solutions (voire jusqu'à la re-conception), or il existe une frontière entre l'AMDEC et cette phase ultérieure [13].

I.10.3. L'AMDEC et la (re)conception

Certaines modifications peuvent vraisemblablement être proposées par les personnes qui ont réalisé l'AMDEC(C) mais il nous paraît logique de considérer que la recherche des solutions s'apparentera souvent à une phase de re-conception.

Même si les personnes qui réalisent l'AMDEC peuvent être aussi les concepteurs, il paraît indispensable de bien positionner l'AMDEC et la conception (ou la re-conception), l'une par rapport à l'autre, en considérant l'AMDEC comme une méthode permettant de valider la conception ou d'identifier les points de conception non satisfaisants, selon le processus itératif décrit par la photo I.3 [13].

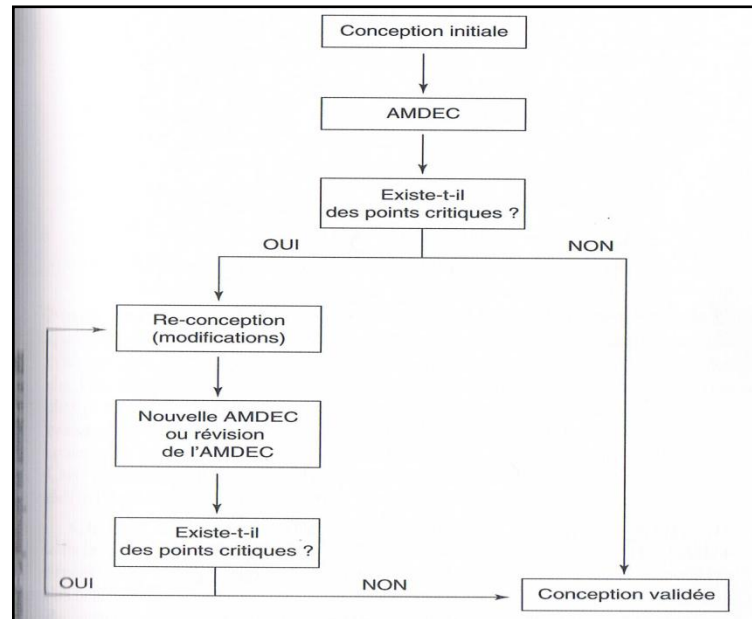


Figure I.2 : l'AMDEC et la re-conception [13]

I.11. Définition de l'AMDEC

L'AMDEC, analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité, est un outil d'analyse performant qui permet de recenser de manière exhaustive les risques de dérive d'un processus, d'un produit ou d'un moyen de production. Elle s'inscrit dans la logique de maîtrise des risques ; sa finalité est de mettre en place des plans d'actions préventives visant à éliminer ou réduire les risques liés à la sécurité de l'utilisateur, au non qualité, à la perte de productivité, à l'insatisfaction des clients [17].

L'AMDEC se définit comme une « méthode inductive d'analyse de système utilisée pour l'analyse systématique des causes, des effets des défaillances qui peuvent affecter les composants de ce système ». Cette méthode est systématique, participative et préventive [15].

I.12. Objectif de l'AMDEC

L'AMDEC a pour objectif, dans une démarche inductive rigoureuse, d'identifier les défaillances dont les conséquences peuvent affecter le fonctionnement d'un système et de les hiérarchiser selon leur niveau de criticité afin de les maîtriser. On obtient en sortie l'ensemble des dysfonctionnements potentiels associés à leur criticité (fréquence d'apparition, gravité des effets et probabilité de détection de la défaillance) ainsi que les plans d'actions à mettre en œuvre afin de diminuer la criticité en faisant varier un des trois facteurs [3].

L'AMDEC est une technique qui conduit à l'examen critique de la conception dans un but d'évaluer et de garantir la sûreté de fonctionnement (sécurité, fiabilité, maintenabilité et disponibilité) d'un moyen de production [7].

Elle permet de déterminer les points faibles d'un système et d'y apporter des remèdes, de préciser les moyens de se prémunir contre certaines défaillances, de faire dialoguer les

personnes concernées par un projet, mieux connaître le système, et principalement d'étudier les conséquences de défaillance [18].

I.13. Principe de l'AMDEC

Recenser les risques potentiels d'erreur (ou les modes de défaillance) et en évaluer les effets puis en analyser les causes [19].

L'AMDEC est d'identifier et de hiérarchiser les modes potentiels de défaillance susceptibles de se produire sur un équipement, d'en rechercher les effets sur les fonctions principales des équipements et d'en identifier les causes. Pour la détermination de la criticité des modes de défaillance, l'AMDEC requiert pour chaque mode de défaillance la recherche de la gravité de ses effets, la fréquence de son apparition et la probabilité de sa détectabilité. Quand toutes ces informations sont disponibles, différentes méthodes existent pour déduire une valeur de la criticité du mode de défaillance. Si la criticité est jugée non acceptable, il est alors impératif de définir des actions correctives pour pouvoir corriger la gravité nouvelle du mode de défaillance (si cela est effectivement possible), de modifier sa fréquence d'apparition et d'améliorer éventuellement sa détectabilité [14].

I.14. Types de l'AMDEC

Il existe plusieurs types de la méthode d'analyse :

I.14.1. L'AMDEC organisation

L'AMDEC s'applique aux différents niveaux du processus d'affaires, du première niveau qui englobe le système de gestion, le système d'information, le système production, le système personnel, le système marketing et le système finance, jusqu'au dernier niveau comme l'organisation d'une tâche de travail [1].

I.14.2. L'AMDEC-Produit

Elle est utilisée pour l'aide à la validation des études de définition d'un nouveau produit fabriqué par l'entreprise.

Elle est mise en œuvre pour évaluer les défauts potentiels du nouveau produit et leurs causes. Cette évaluation de tous les défauts possibles permettra d'y remédier, après hiérarchisation, par la mise en place d'actions correctives sur la conception et préventives sur l'industrialisation [7].

I.14.3. L'AMDEC-Processus

Elle est utilisée pour étudier les défauts potentiels d'un produit nouveau ou non, engendrés par le processus de fabrication.

S'il s'agit d'un nouveau procédé, l'AMDEC-Processus en permettra l'optimisation, en visant la suppression des causes de défaut pouvant agir négativement sur le produit. S'il s'agit d'un procédé existant, elle permettra l'amélioration [7].

I.14.4. L'AMDEC moyen

Permet d'anticiper les risques liés au non-fonctionnement ou fonctionnement anormal d'un équipement, d'une machine [17].

I.14.5. L'AMDEC service

S'applique pour vérifier que la valeur ajoutée réalisée dans le service correspond aux attentes des clients et que le processus de réalisation de service n'engendre pas de défaillance [13].

I.14.6. L'AMDEC sécurité

S'applique pour assurer la sécurité des opérateurs dans les procédés où il existe des risques pour ceux-ci [1].

I.15. Les étapes de la méthode AMDEC

La méthode s'inscrit dans une démarche en huit étapes (figure I.2)

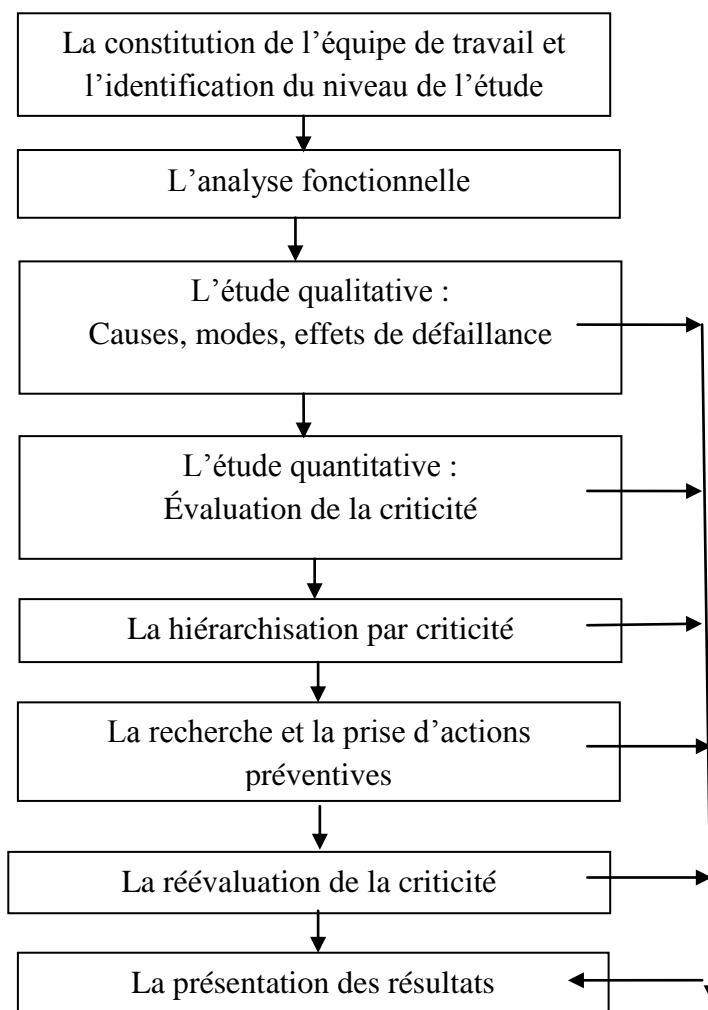


Figure I.3 : la démarche AMDEC [1]

a) Constituer l'équipe de travail :

L'AMDEC s'appuie sur le travail de groupe, la réflexion collective et l'expérience des participants. Il faut donc constituer un groupe de travail dont le choix des participants dépend de leur :

- expérience
- connaissance de la problématique
- niveau de technicité
- faculté à travailler en équipe

Le groupe de travail doit être piloté par un modérateur chargé du suivi des résultats.

Une fois le groupe de travail constitué, présenter la méthodologie qui suivie pour l'analyse [17].

b) L'analyse fonctionnelle :

Le but de l'analyse fonctionnelle est de déterminer d'une manière assez complète les fonctions principales d'un produit, les fonctions contraintes et les fonctions élémentaires.

- ❖ Les fonctions principales : sont les fonctions pour lesquelles le système a été conçu, donc pour satisfaire les besoins de l'utilisateur.
- ❖ Les fonctions contraintes : répondent aux interrelations avec le milieu extérieur.
- ❖ Les fonctions élémentaires : assurent les fonctions principales, ce sont les fonctions des différents composants élémentaires du système.

Pour réaliser correctement l'analyse fonctionnelle il faut effectuer trois étapes principales :

- ✚ Définir le besoin à satisfaire. Le principe consiste à décrire le besoin et la façon dont il est satisfait et comment il risque de ne pas être satisfait.
- ✚ Définir les fonctions qui correspondent au besoin.
- ✚ Etablir l'arbre fonctionnel afin de visualiser l'analyse fonctionnelle. Très souvent les fonctions principales comportent des sous-fonctions ou résultent d'un ensemble des fonctions élémentaires. D'où le besoin de l'arbre fonctionnel [1].

c) L'étude qualitative des défaillances

Elle consiste à faire une identification des modes de défaillances, de leurs effets et des causes conduisant au dysfonctionnement d'un élément du système.

Ces trois notions sont liées par la relation suivante : Cause → Mode → Effet [20].

d) L'étude quantitative

❖ Acceptabilité, criticité, critères de jugement

Une défaillance de « critique » si jugée à travers un ou plusieurs critères, elle nous apparaît inacceptable. La notion d'acceptabilité est une notion relative, elle n'a de sens que dans un contexte donné [13].

Le jugement que nous pouvons porter sur une défaillance peut être :

- ✚ mono-critère : dans ce cas, le critère est généralement la gravité des effets de la défaillance
- ✚ bi-critère : dans ce cas, les deux critères sont généralement la gravité des effets de la défaillance et la probabilité de survenue de cette défaillance
- ✚ multi-critère : dans ce cas, les critères sont, par exemple, la gravité des effets de la défaillance, la probabilité de survenue de la défaillance, la possibilité de détection de la défaillance, etc [13].

❖ Les échelles de jugement

La criticité ou taux de criticité, est la combinaison de la sévérité d'un effet et de la fréquence de son apparition, ou d'autres attributs d'une défaillance, comme une mesure de la nécessité d'un traitement ou d'une atténuation [21].

L'analyse de la criticité des défaillances a été effectuée à l'aide des grilles proposées par l'outil AMDEC [22].

La criticité C, déduit par le produit des trois indices nominaux F, G et D.

$$C = F * G * D$$

C: Criticité (produit de l'occurrence, la gravité et la détection permettant la prise de décision quant à des actions correctives à mettre en œuvre).

F : la Fréquence (probabilité qu'un défaut se réalise pour une cause donnée)

G : la Gravité

D : la Détection [23]

e) La hiérarchisation

La hiérarchisation suivant l'échelle de criticité permet de décider des actions prioritaires.

Elle permet de classer les modes de défaillances et d'organiser leur traitement par ordre d'importance [1].

f) La recherche des actions préventives/correctives

Après le classement des différents modes de défaillances potentielles d'après les indices de criticité, le groupe désigne les responsables de la recherche des actions préventives ou correctives [1].

g) Le suivi des actions prises et la réévaluation de criticité

Un nouvel indice de criticité est calculé de la même façon que lors de la première évaluation, en prenant en compte les actions prises. Cette valeur du nouvel indice de criticité est parfois appelée risque résiduel et peut être illustrée sous forme du diagramme Pareto.

L'objectif de cette réévaluation est de déterminer l'impact et l'efficacité des actions prises. Le nouvel indice de criticité doit donc être inférieur au seuil de criticité [1].

h) La présentation des résultats

Pour pouvoir effectuer et appliquer l'AMDEC, des tableaux conçus spécialement pour le système étudié et préparés en fonction des objectifs recherchés. Ces tableaux sont habituellement disposés en forme de colonnes et contiennent, en général, les informations nécessaires pour réaliser l'étude [1].

I.16. Conclusion

L'AMDEC peut s'appliquer à tout système ou processus présentant un nombre significatif de défaillances potentielles et dont l'amélioration du fonctionnement procure un gain significatif. Elle est totalement appropriée au secteur industriel, mais peut également être transposée aux entreprises de services.

Cette méthode exige un travail souvent important et fastidieux au stade de sa réalisation. Une des difficultés réside dans son efficacité, le respect d'un équilibre entre le coût de l'analyse AMDEC et les gains attendus.

Chapitre II : Description de la Station d'épuration de la ville de Tlemcen

II.1. Introduction

La station d'épuration de la ville de Tlemcen (photo II.1) est de type Boues activées à faible charge. Conçue pour une population de 150 000 eq/hab et d'une capacité de 30 000 m³/j, elle a été réalisée par l'Entreprise Hydrotraitement et mise en service le 05 Novembre 2005. Elle est gérée et exploitée actuellement par l'Office National de l'Assainissement [24].

La station traite aujourd'hui les rejets des eaux usées de la ville de Tlemcen ainsi qu'une partie des rejets d'Abou-Techfine, Oudjlida, une partie des rejets de la commune de Chetouane est acheminée vers la STEP à l'aide d'une station de relevage se trouvant à l'amont. Dans l'agglomération d'AIN EL HOUTZ, la station traite les eaux usées collectées par un réseau d'assainissement de 110 km de la commune de Tlemcen [24].



Photo II.1 : Panoramique de la station d'épuration des eaux usées de la ville de Tlemcen

II.2. Présentation de la station d'épuration d'AIN EL HOUTZ

La station d'épuration de Tlemcen est située à 12 km au nord du chef lieu « Tlemcen Ville », à l'ouest de Chetouane « Daïra » sur la Route de AIN EL HOUTZ, Elle s'étend sur une superficie de 17 hectares [24].

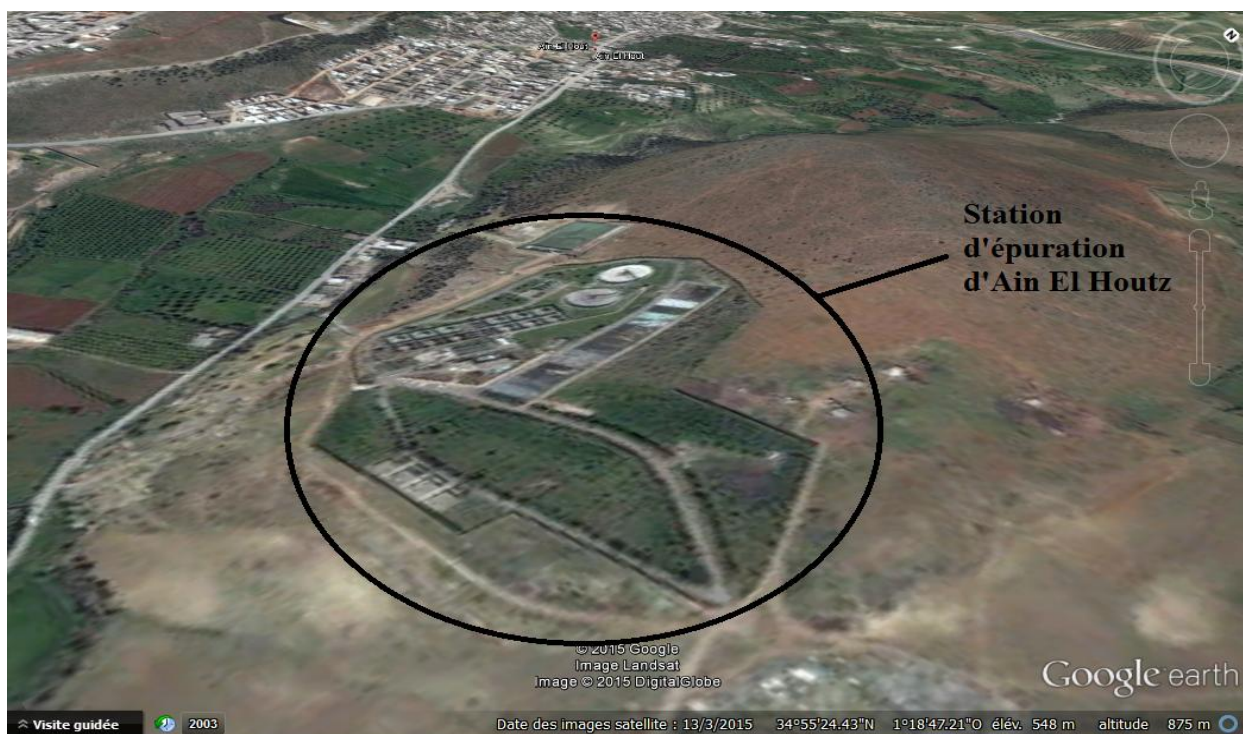


Photo II.2 : Situation géographique de la station d'épuration d'AIN EL HOUTZ

(Source : Google Earth, 13/03/2015)

-La station d'épuration d'AIN EL HOUTZ à été conçue pour :

- ❖ Lutter contre les Maladies à Transmission Hydrique (MTH)
- ❖ Protéger de l'environnement
- ❖ Préserver de la qualité des eaux du Barrage de Sekkak
- ❖ Réutilisation des eaux usées épurées dans l'irrigation du périmètre de Hennaya
- ❖ Valorisation agricole des boues issues du traitement
- ❖ Perfectionnement et formation des étudiants.

-La station d'épuration de la ville de Tlemcen a été dimensionnée sur la base des données suivantes :

- ❖ Horizon : 2005
- ❖ Type de réseau : unitaire
- ❖ Nature des eaux brutes : domestiques
- ❖ Population : 150 000 eq/hab

- ❖ Débit journalier : 30 000 m³/j
- ❖ Débit de pointe horaire admis au traitement : 3 800 m³/h
- ❖ DBO5 journalière : 9 300 kg/j
- ❖ Matière en suspension : 13 950 kg/j
- ❖ Azote à nitrifier : 1 980 kg
- ❖ L'équivalence calculée sur la DBO : 172 000 eq/hab [24].

-Les caractéristiques du rejet qui doivent être garanties par l'étude du processus sur une durée moyenne de 24 heures:

- ❖ Matière en suspension : 30 mg/l
- ❖ Matières décantables : 0.5 CC/l
- ❖ DBO : 20 mg/l
- ❖ DBO point max, en moyenne sur 2 heures : 30 mg/l
- ❖ DCO : 120 mg/l
- ❖ Azotes (N-NH₄) : 3 – 5 mg/l
- ❖ Azotes (N-NO₃) : 8 – 10 mg/l
- ❖ Huiles et graisses végétales : 20 mg/l
- ❖ Coliformes totaux : 20 000 / 100 ml
- ❖ Coliformes fécaux : 12 000 / 100 ml

Streptocoques fécaux : 2 000 / 100 ml [24].

Principe de fonctionnement

La station d'épuration de la ville de Tlemcen est de type boues activées à faible charge, avec aération prolongée à l'aide d'aérateur de surface à vitesse lente.

Le procédé à boues activées consiste en un réacteur biologique aérobie où l'on provoque le développement d'une culture bactérienne dispersée sous forme de flocons appelés bioflocs.

Le réacteur est alimenté en eau polluée et le mélange eau – bioflocs est appelé liqueur mixte. La liqueur mixte est maintenue dans un régime turbulent, par un système d'aération de surface. De l'oxygène dissous est donc introduit dans la masse de la liqueur mixte, nécessaire pour la respiration et le développement des micro-organismes aérobies [24].

La dégradation est un phénomène complexe générateur de l'énergie nécessaire à la vie des micro-organismes et ses manifestations (reproduction, croissance, déplacements, etc.). De nombreux micro-organismes permettent la dégradation des matières organiques ainsi que leur stabilisation [24].

La plupart des systèmes de traitement biologiques des rejets organiques utilisent des micro-organismes hétérotrophes qui emploient le carbone organique comme source d'énergie et pour la synthèse cellulaire. Le procédé aérobie provoque le développement de ces bactéries qui, par des actions physico-chimiques retiennent la pollution organique et s'en nourrissent [24].

L'épuration par boues activées apporte elle aussi au milieu à traiter des bactéries aérobies destinées à accélérer l'oxydation, mais alors ces bactéries sont amenées sous forme de boues (qu'on ajoute à l'effluent) très riches en faune microbienne. Après traitement, l'effluent décante des boues floculées contenant en particulier cette faune, et dont après décantation une partie importante doit être recyclée en tête de bassin pour conserver une population microbienne bien adaptée à chaque instant à l'importance des installations et au débit à traiter [25].

II.3. Description des installations

La station comprend :

- ✚ Pour la partie Eaux Usées

a) Déversoir d'orage : Il est dimensionné pour prendre en charge un maximum de 3300 m³/h (photo II.3)



Photo II.3 : Déversoir d'orage

b) Prétraitement

Le prétraitement comporte les procédés suivants :

➤ **Dégrillage :** On a deux types de dégrilleurs :

- **Grille grossière manuelle (1unité)**

- Largeur de la grille : 1,8 m
- Inclinaison : 70%
- Écartement entre les barreaux : 50 mm



Photo II.4 : Grille grossière manuelle

- **Grille mécanisée (2 unités)**

- Largeur de la grille : 1,0 m
- Profondeur du chenal : 1,5 m
- Écartement entre les barreaux : 20 mm
- Puissance du moteur : 0,37 kw



Photo II.5 : Grille mécanisée

- **Déssableur - déshuileur**

Sous forme trapézoïdale (photo II.6), le déssableur - déshuileur (2 unités) est équipé d'un pont suceur et écumeur et a pour dimensions :

- Longueur : 26 m
- Largeur : 4 m



Photo II.6 : Déssableur – déshuileur

La photo II.7 représente un bac pour récupérer les sables et les graisses issus dans le déssableur et déshuileur.



Photo II.7 : Bac de récupération des sables et graisses

c) Traitement biologique

Après le prétraitement on obtient une eau qui est débarrassée des déchets grossiers, sables et graisses et tout ce qui est flottant, le traitement se fait dans le bassin biologique (Bassin d'aération) où se trouve la boue active qui va dégrader la matière organique et par conséquent diminuée la charge polluante (DBO5, DCO et les MES) des eaux usées.

➤ Bassins d'aération

La station comporte quatre bassins, et chaque bassin a les dimensions suivantes :

- Volume : 4723 m³
- Forme rectangulaire de
- Longueur : 55,5 m

- Largeur : 18,5 m
- Profondeur d'eau : 4,6 m
- Hauteur béton : 5,6 m

Chaque bassin est muni d'une zone aérée (zone de Nitrification) et zone non aérée (zone de dénitrification).



Photo II.8 : Bassins d'aérations

- **Zone aérée**

Comporte trois aérateurs de surface pour enrichir l'eau en oxygène (photo II.9), les bactéries trouvant dans cette zone vont consommer l'oxygène introduit pour nitrifier les eaux (formation de nitrate NO_3^-).



Photo II.9 : La zone aérée dans le Bassin d'aération



Photo II.10 : Vis de recirculation de l'eau nitrifiée vers la zone non aérée

- **Zone non aérée**

Contient un mélangeur pour homogénéiser les eaux nitrifiées avec la boue, en l'absence d'oxygène dissous, de nombreuses bactéries hétérotrophes sont contraintes d'utiliser une autre source d'oxygène. Elles utilisent alors l'oxygène combiné, c'est-à-dire celui contenu dans le nitrate NO_3^- d'utilisation complète de l'oxygène du nitrate produise l'azote gazeux N_2 (photo II.11).



Photo II.11 : Zone non aérée dans le bassin d'aération

d) Décanteurs secondaires

La station comporte deux décanteurs chacun est équipé de :

- Pont racleur à vitesse de rotation 0,04 m/s
- Sont de forme circulaire
- Diamètre : 46 m
- Surface : 1661 m³
- Profondeur d'eau : 4 m en périphérie



Photo II.12 : Clarificateurs

e) **Bassin de chloration** : Il est en béton armé et d'un volume de l'ordre de 700 m^3 .



Photo II.13 : Bassin de chloration

✚ Pour la partie **Boues**

f) **poste de pompage des boues**



Photo II.14 : Vis de recirculation

g) Épaisseur

Il est en béton armé et à un pont support de la tête tournante avec moteur et réducteur -

Diamètre : 14 m

- Hauteur utile : 04 m

- Pente de fond : 1/10



Photo II.15 : Epaisseur

➤ Lits de séchage

Quatorze lits de séchage, et chaque lit aux dimensions suivantes :

- Longueur : 30 m

- Largeur : 15 m



Photo II.16 : Lits de séchage

➤ Aire de stockage

Un espace libre pour stocker les boues sèches et faciliter leurs transports vers les agricultures (photo II.17).



Figure II.17 : Lits de séchage +Aire de stockage des boues séchées

II.4. Réutilisation des eaux épurées

Les eaux une fois épurées vont être dirigées vers un réservoir de stockage qui a été réalisé en aval de la STEP de Tlemcen.

Ce réservoir est d'une capacité de 9300 m³, est réalisé par l'ONID pour assurer l'irrigation du périmètre de Hennaya d'une superficie de 912 ha constitué exclusivement d'arboriculture [24].



Photo II.18 : Réservoir de stockage des eaux usées épurées (bassin de l'ONID)

II.5. Valorisation des boues

Les boues après séchage vont être vendues pour les agriculteurs et réutilisée à des fins agricoles, permettant ainsi d'enrichir les sols sans recourir à des engrais chimiques.

II.6. Conclusion

Ce chapitre nous a permis de donner une vision détaillée sur le système fonctionnel utilisé dans la station d'AIN EL HOUTZ, ainsi le fonctionnement de chaque procédé issu dans l'épuration des eaux usées, à savoir : les prétraitements, traitement biologique et décantation. Mais aussi, la station est équipée par un épaisseur et des lits de séchages pour le traitement des boues.

Chapitre III : Etude des performances de la station d'épuration d'AIN EL HOUTZ

III.1. Introduction

Dans ce chapitre, les performances épuratoires de la station d'épuration d'AIN EL HOUTZ pour les années sont analysées pour les périodes 2009, 2010, 2011, 2012, 2013 et 2014.

Les paramètres de pollution analysés sont présentés dans la série successive des années étudiées. En parallèle, les variations dans l'évolution du pH et de la température de l'eau (brute et traitée) ont été également enregistrées.

III.2. Performances de la station d'épuration

🚩 Année 2009

Les paramètres de pollution analysés pour contrôler le fonctionnement des procédés de traitement de la station d'épuration d'AIN EL HOUTZ sont : MES, DBO₅, DCO, N-NH₃, NO₃⁻, Température et pH.

Ces paramètres sont mesurés à l'entrée et à la sortie de la STEP. Les résultats obtenus à partir les analyses expérimentales sont présentés comme suit :

a) Matières en suspension (MES)

La figure III.1 présente la variation moyenne de la concentration en (MES) à l'entrée et à la sortie de la STEP.

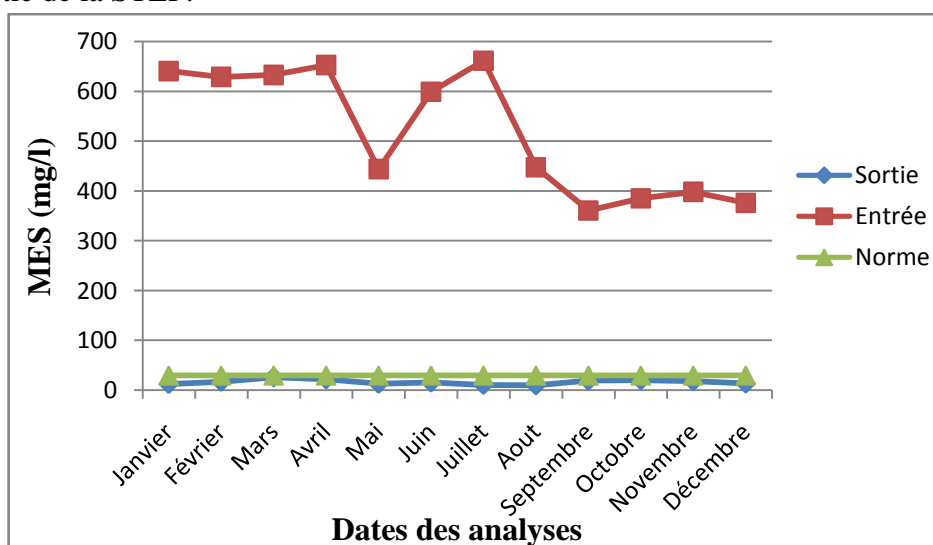


Figure III.1 : Variation moyenne de la concentration des matières en suspension (MES) à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2009)

Les MES représentent les matières qui ne sont ni à l'état dissous ni à l'état colloïdales, donc filtrable. Elles sont organiques et/ou minérales et permettent une bonne évaluation du degré de pollution d'une eau [26].

Les valeurs des MES dans les eaux usées à l'entrée de la STEP sont comprises entre 361 mg/l et 661,42 mg/l avec une moyenne de 511,2 mg/l. Ces valeurs enregistrées dues à une instabilité de la qualité des eaux polluées.

Le taux des matières en suspension après traitement est compris entre 10 mg/l et 26,05 mg/l avec une moyenne de 18 mg/l qui est inférieure à la norme de rejet (30 mg/l) ce qui implique une bonne décantation.

b) Demande biologique en oxygène (DBO₅)

La figure III.2 présente la variation moyenne de la concentration en (DBO₅) à l'entrée et à la sortie de la STEP.

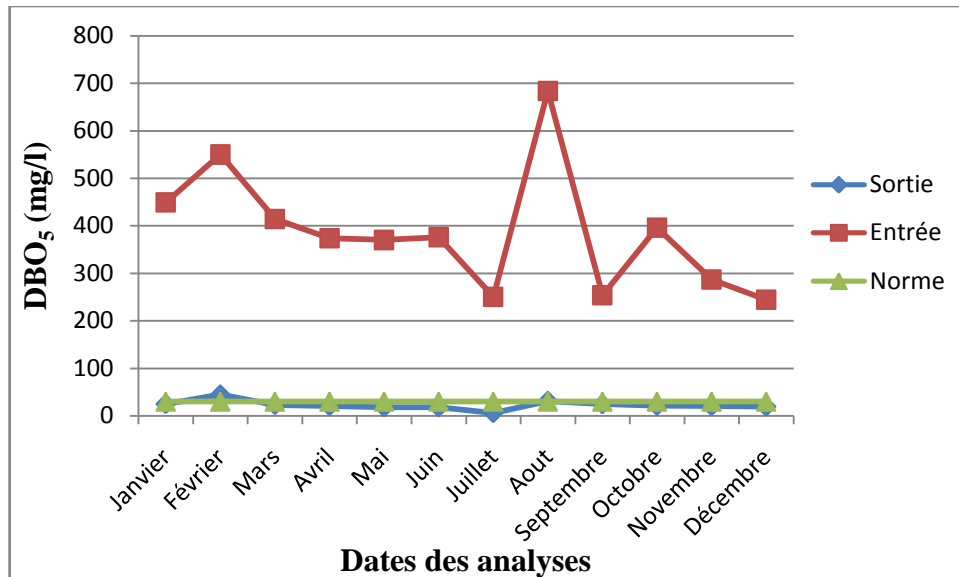


Figure III.2 : Variation moyenne de la demande biologique en oxygène (DBO₅) à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2009)

La DBO₅ est la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction ou à la dégradation des matières organiques par les microorganismes du milieu, Elle est exprimée en mg d'oxygène par litre [27].

A partir de la figure III.2, on observe une forte concentration en DBO₅ de l'eau brute à l'entrée de la STEP durant le mois du février qui connue d'importantes quantités de pluie chargée en pollution, et durant le mois d'août qui atteint une valeur maximum de 684 mg/l avec une moyenne de 464 mg/l, qui est due à la qualité chimique de l'eau usée.

Concernant l'effluent traité, les valeurs de la DBO₅ à la sortie de la STEP sont comprises entre 6 mg/l et 45 mg/l avec une moyenne de 25,5 mg/l, valeur qui reste au dessous de la norme.

c) Demande chimique en oxygène (DCO)

La figure III.3 présente la variation moyenne de la concentration en (DCO) à l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP.

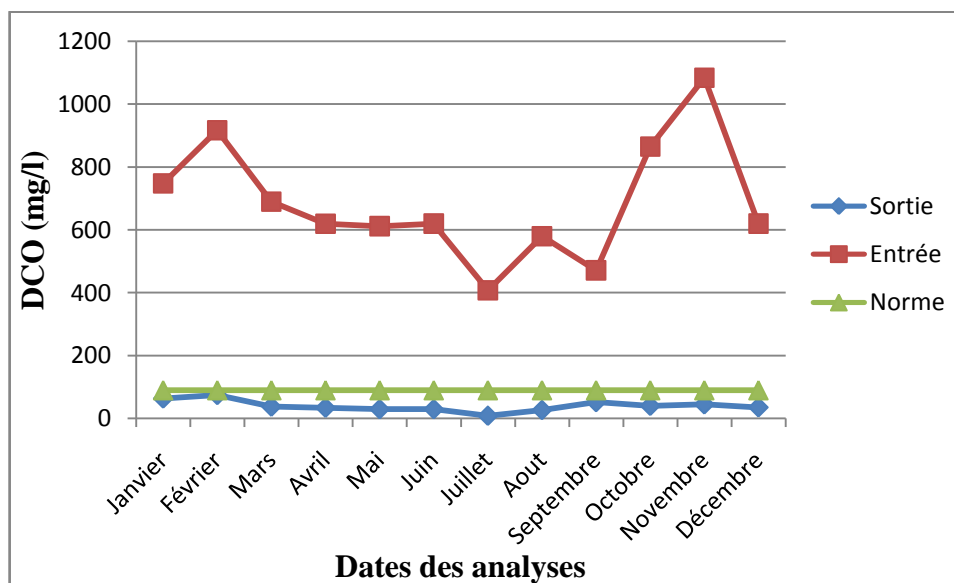


Figure III.3 : Variation moyenne de la demande chimique en oxygène (DCO) à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2009)

C'est la mesure de la quantité d'oxygène nécessaire qui correspond à la quantité des matières oxydables par oxygène renfermé dans un effluent [27].

En examinant les résultats trouvés, on remarque qu'à l'entrée de la STEP, les valeurs de la DCO varient de 408 mg/l à 1084 mg/l avec une moyenne de 746 mg/l due à une variation instable de la qualité chimique de l'eau brute.

A la sortie, on note des concentrations compris entre 9 mg/l et 75 mg/l qui restent au dessous de la norme de rejet fixée qui est 90 mg/l.

d) Les matières azotées

L'azote des eaux usées est essentiellement constitué d'azote organique réfractaire appelé azote dur (sous forme soluble et particulaire) et d'azote ammoniacal.

Les charges et les concentrations de NH_4^+ , NO_2^- et NO_3^- sont exprimées en unités de N [28].

➤ **L'azote ammoniacal (N-NH₃)**

La figure III.4 présente la variation moyenne de la concentration en (N-NH₃) à l'entrée et à la sortie de la STEP.

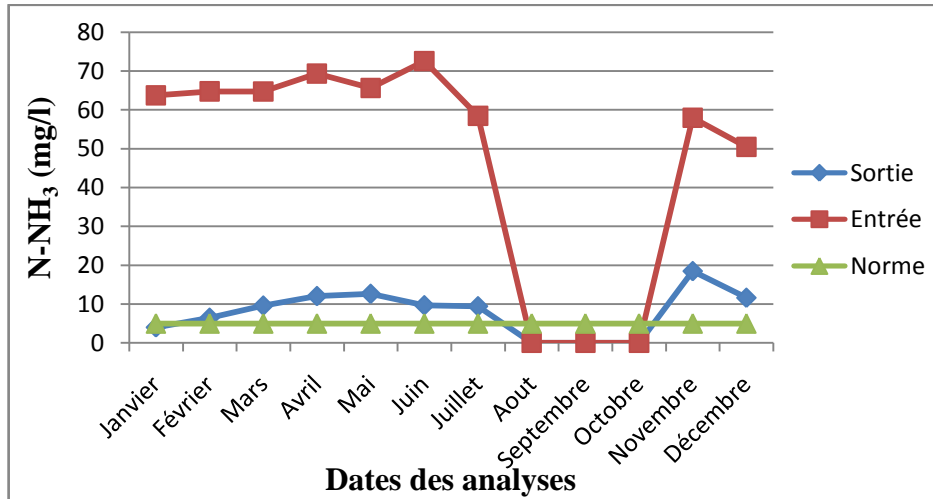


Figure III.4 : Variation moyenne de l'azote ammoniacal (N-NH₃) à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2009)

Selon les résultats présentés sur la figure III.4, on remarque que les teneurs de l'azote ammoniacal dans l'eau brute varient entre 50,49 mg/l et 72,63 mg/l avec une moyenne de 61,6 mg/l. des valeurs constantes durant les mois d'août, septembre, octobre sont dus à une absence des analyses.

Cependant à la sortie de la STEP, les valeurs du N-NH₃ dans l'eau traitée sont dans l'ensemble supérieures à la norme de rejet qui est 5 mg/l ce qui s'explique par la présence d'un problème au niveau le traitement biologique.

➤ **Nitrate (NO₃⁻)**

La figure III.5 présente la variation moyenne de la concentration en nitrates à l'entrée et à la sortie de la STEP.

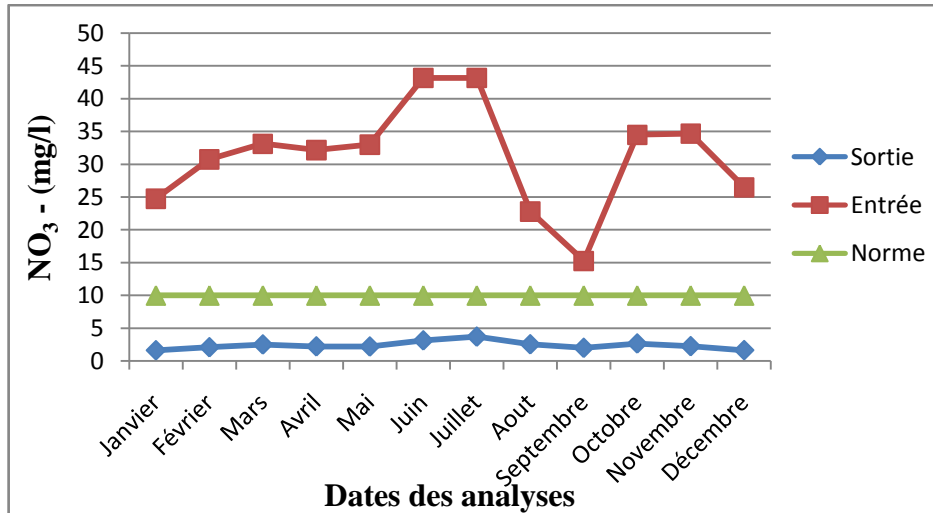


Figure III.5 : Variation moyenne des nitrates (NO_3^-) à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2009)

Les nitrates (NO_3^-) sont des composés chimiques constitués d'azote et d'oxygène [29].

Les valeurs des nitrates obtenus dans les eaux usées à l'entrée de la STEP varient entre 50,49 mg/l et 72,63 mg/l avec une moyenne de 61,6 mg/l.

Dans les eaux traitées, on remarque que les teneurs en nitrates enregistrées sont comprises entre 1,63 mg/l et 3,7 mg/l restent au-dessous de la norme de rejet ce qui implique à une bonne oxydation de l'ammoniac.

e) Température

La figure III.6 indique la variation moyenne de la température de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP.

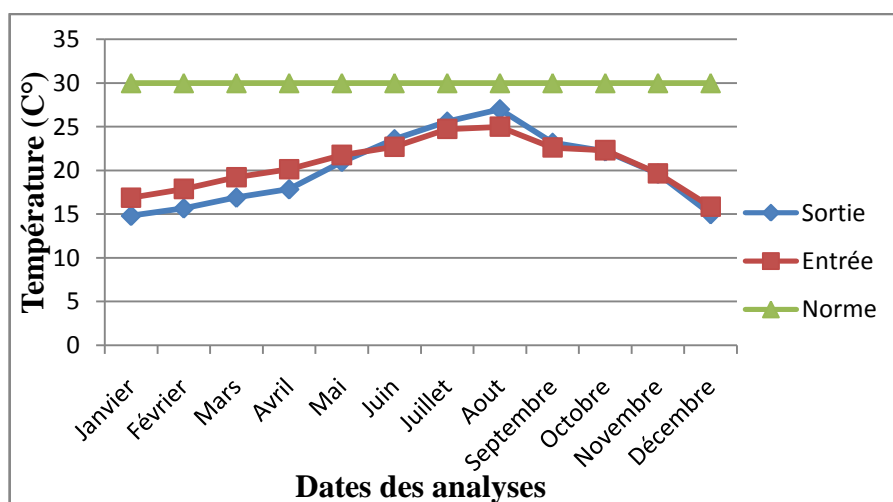


Figure III.6 : Variation moyenne de la température de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2009)

L'analyse de ce paramètre est très importante, car elle conditionne de nombreux paramètres, tels que la conductivité électrique, l'oxygène dissous et le pH, ainsi que les réactions de dégradation et minéralisation de la matière organique [30].

La température est un facteur écologique important. Elle joue un rôle important dans la nitrification et la dénitrification biologique.

D'après le graphe III.6, les valeurs de la température analysées au cours de l'année sont très proches. Elles se situent dans un intervalle de 15,87 C° à 25 C° pour l'eau brute et entre 14,83 C° à 27 C° pour l'eau épurée, avec une moyenne de 20,9 C°. La variation de la température au cours du temps est influencée par le changement saisonnier et la température atmosphérique.

f) pH

La variation moyenne du pH de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP est indiquée sur la figure III.7.

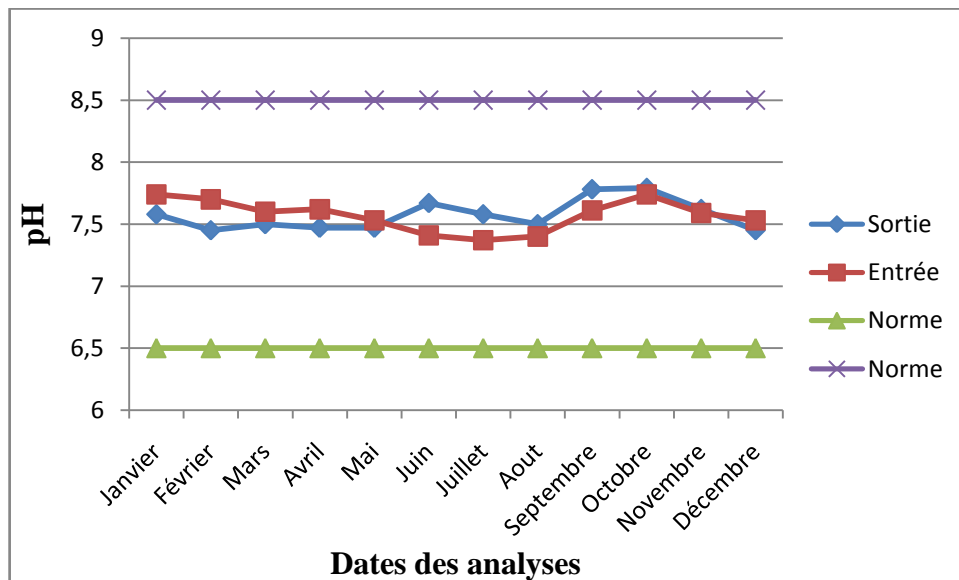


Figure III.7 : Variation moyenne du pH de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2009)

Selon les résultats indiqués, les valeurs de pH des eaux usées sont comprises entre 7,37 et 7,74 avec une moyenne de 7,6.

Le pH des eaux traitées, oscille entre 7,45 et 7,79 avec une moyenne de 7,6. La variation du pH est dans les normes (6,5 – 8,5).

+ Année 2010

Pour cette année, les paramètres avec lesquelles les performances épuratoires ont été étudiées sont : MES, DBO₅, DCO, NO₂⁻, NO₃⁻, P_t, NH₄⁺, la température et le pH.

a) Matières en suspension (MES)

La figure III.8 montre la variation moyenne de la concentration en MES à l'entrée et à la sortie de STEP.

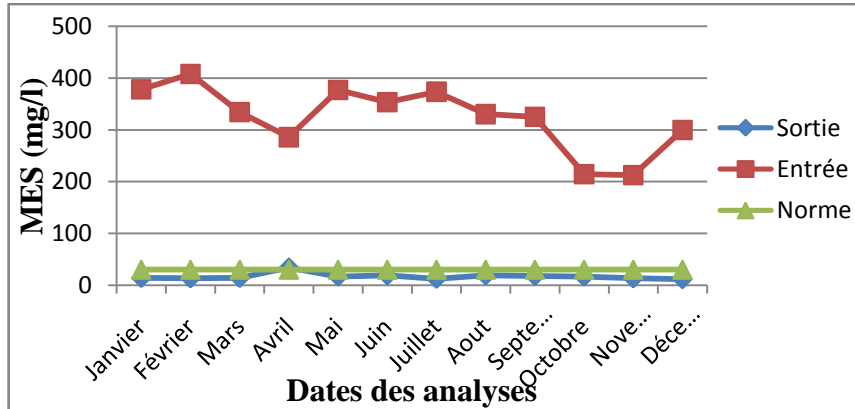


Figure III.8 : Variation moyenne de la concentration des matières en suspension (MES) à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2010)

La figure III.8 montre que la variation des MES à l'entrée de la station d'épuration est généralement comprise entre 212,94 mg/l et 407,83 mg/l avec une moyenne de 310,4 mg/l, ces eaux usées sont à caractère domestique (la plage de la concentration des MES à l'entrée ne dépassent pas 600 mg/l pour les eaux usées domestiques).

Concernant les valeurs à la sortie de la STEP varie entre 11,62 mg/l et 33,95 mg/l avec une moyenne de 22,8 mg/l ce qui confirme à une bonne décantation.

b) Demande biologique en oxygène (DBO₅)

La variation moyenne de la concentration en (DBO₅) à l'entrée et à la sortie de la STEP est indiquée sur la figure III.9.

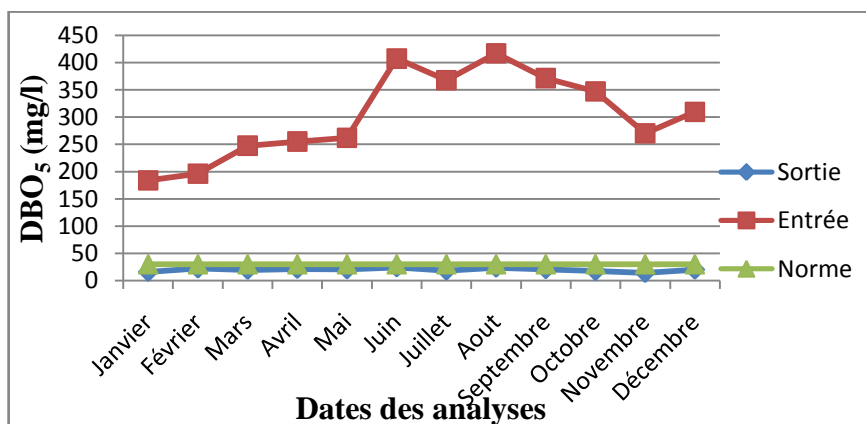


Figure III.9 : Variation moyenne de la demande biologique en oxygène (DBO₅) à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2010)

On remarque que les valeurs de la DBO₅ de l'eau brute sont variables selon les mois, elles oscillent entre 183,6 mg/l et 416,8 mg/l avec une moyenne de 300,2 mg/l. cette valeur montre une teneur importante en matières organiques biodégradables.

Cependant à la sortie de la STEP, les valeurs du DBO₅ dans l'eau traitée sont comprises entre 13,88 mg/l et 24,13 mg/l, restent inférieures à la norme de rejet qui égale à 30 mg/l.

c) Demande chimique en oxygène (DCO)

La figure III.10 présente la variation moyenne de la concentration en (DCO) à l'entrée et à la sortie de la STEP.

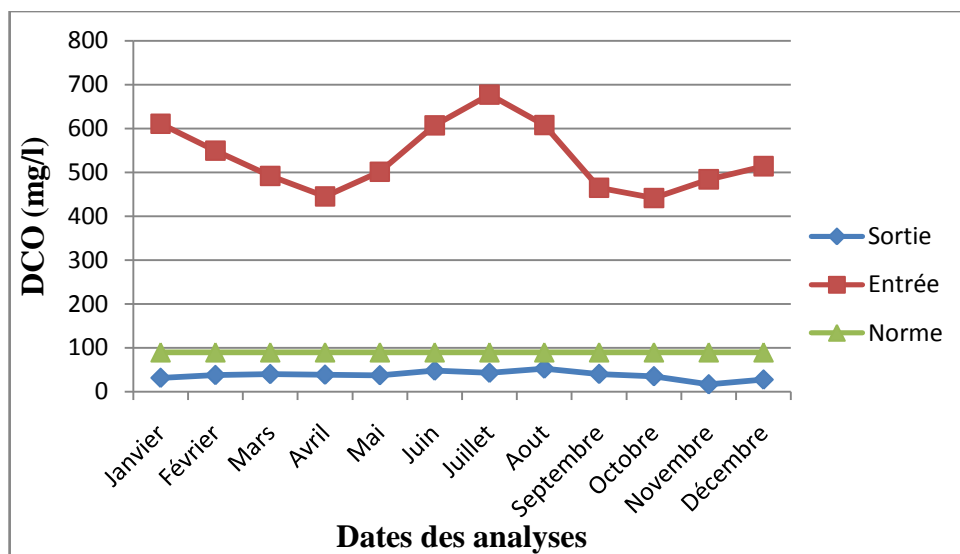


Figure III.10 : Variation moyenne de la demande chimique en oxygène (DCO) à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2010)

La demande chimique en oxygène (DCO) représente la quantité d'oxygène nécessaire pour obtenir une bonne oxydation des matières organiques et minérales présentes dans l'eau.

Les résultats obtenus pour les échantillons analysés sont compris entre 441,5 mg/l et 677 mg/l avec une moyenne de 559,3 mg/l. Ce qui est montre que les rejets sont chargés en matières organiques.

Les teneurs en DCO enregistrées au niveau des eaux épurées de la station sont variés entre 16,8 mg/l et 52,6 mg/l (restent au-dessous de la norme de rejet 90 mg/l).

d) Les matières azotées

➤ **L'azote ammoniacal (NH_4^+)**

La variation moyenne de (NH_4^+) à l'entrée et à la sortie de la STEP est indiquée sur la figure III.11.

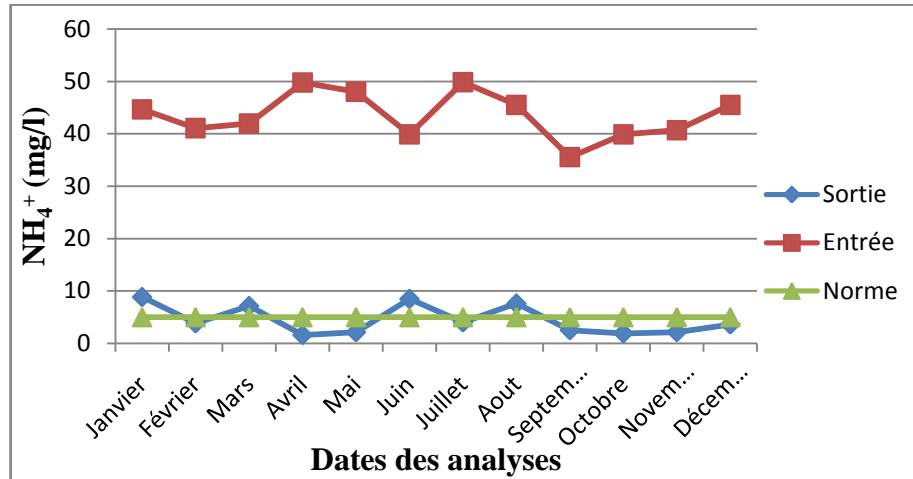


Figure III.11 : Variation moyenne de l'azote ammoniacal (NH_4^+) à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2010)

L'azote ammoniacal est présent sous deux formes en solution, l'ammoniac NH_3 et l'ammonium NH_4^+ , dont les proportions relatives dépendent du pH et de la température.

En milieu oxydant, l'ammonium se transforme en nitrites puis en nitrates, ce qui induit une consommation d'oxygène [26].

Les résultats d'analyses obtenues montrent que les teneurs en (NH_4^+) à l'entrée de la STEP sont comprises entre 35,6 mg/l et 49,9 mg/l avec une moyenne de 42,8 mg/l.

Concernant les eaux traitées, on observe une variation instable durant les mois qui varie entre 1,56 mg/l et 8,82 mg/l. Cette variation est due à la nature des produits rejetés.

➤ **Nitrite (NO_2^-)**

La figure III.12 présente la variation moyenne de la concentration en nitrites dans l'eau brute et l'eau épurée.

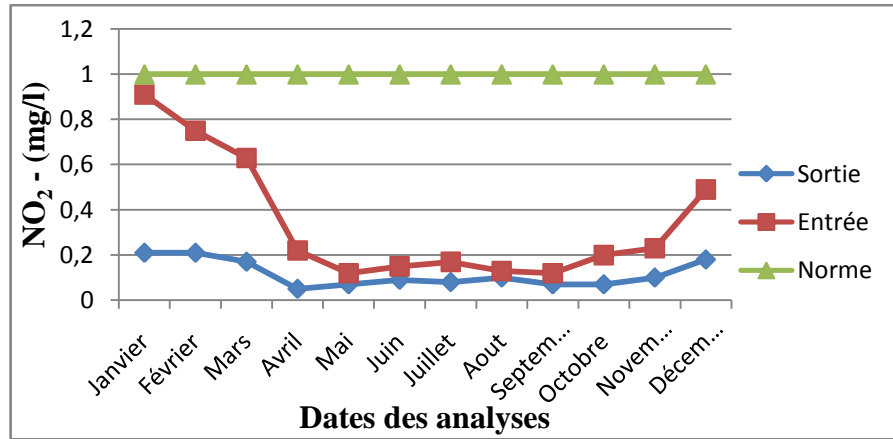


Figure III.12 : Variation moyenne des nitrites (NO_2^-) à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2010)

D'après la figure, on observe que les teneurs en nitrites sont variables et instables durant la période humide, elles varient entre 0,12 mg/l et 0,91 mg/l, ceci est dû à la présence d'une pollution azotée dans les eaux brutes.

À la sortie de la STEP, les valeurs de nitrites sont comprises entre 0,05 mg/l et 0,21 mg/l (sont inférieurs à la norme de rejet 1 mg/l).

➤ **Nitrate (NO_3^-)**

La figure III.13 présente la variation moyenne de la concentration en nitrates à l'entrée et à la sortie de la STEP.

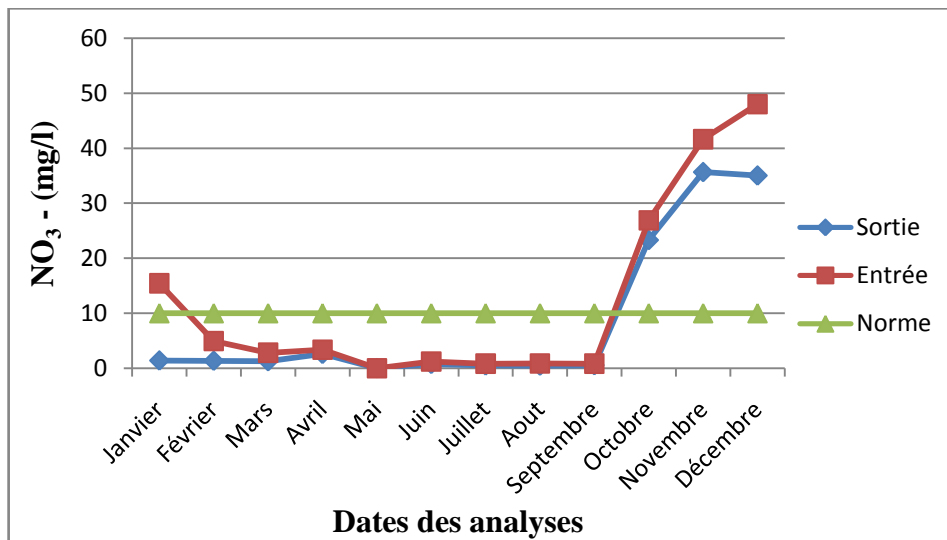


Figure III.13 : Variation moyenne des nitrates (NO_3^-) à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2010)

La présence de nitrates dans les eaux est un signe de pollution.

Les résultats d'analyses obtenus montrent que les valeurs de nitrates à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration sont très proches.

On remarque que les teneurs en nitrates dans l'eau brute ont atteint une valeur maximale de 48 mg/l, cette valeur montre que les rejets sont chargés en nitrates. La valeur maximale enregistrée dans l'eau épurée égale à 35,6 mg/l.

e) Phosphore total (Ph_t)

La variation moyenne du phosphore à l'entrée et à la sortie de la STEP est indiquée sur la figure III.14.

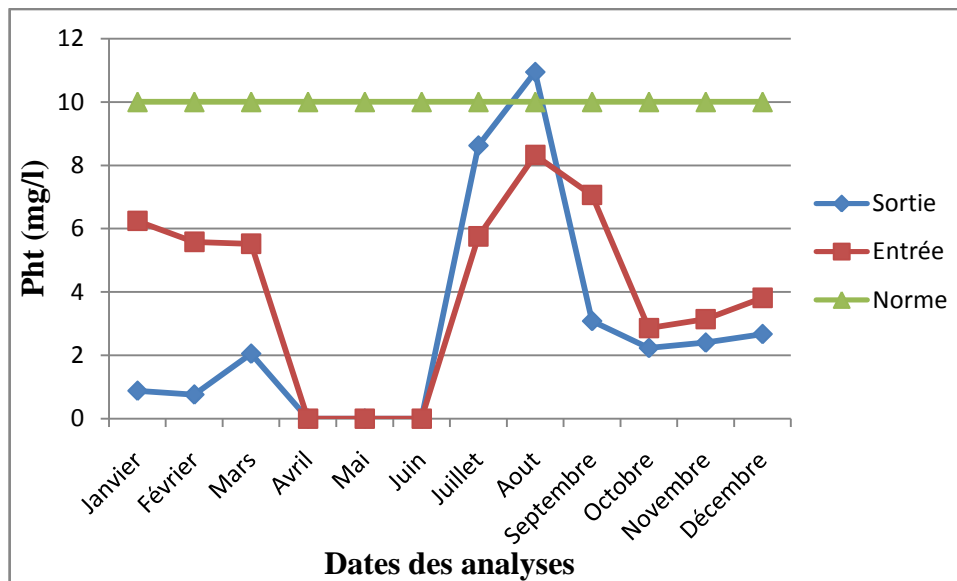


Figure III.14 : Variation moyenne du phosphore à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2010)

Le phosphore (P) est largement répandu dans la nature : c'est le onzième élément le plus abondant parmi les éléments de la croûte terrestre (0,12 %). Il existe dans la nature à l'état combiné dans un grand nombre de minéraux [31].

Le phosphore des eaux usées, particulaire ou soluble, est essentiellement constitué :

- * Phosphore inorganique (essentiellement des poly phosphates) et des ortho phosphates
- * Phosphore organique : phospholipides, esters, poly nucléotides [32].

En examinant les résultats trouvés, on remarque qu'à l'entrée de la STEP, les valeurs de Phosphore sont comprises entre 2,86 mg/l et 8,32 mg/l avec une moyenne de 5,6 mg/l. En effet, durant les mois d'avril, mai et juin, on observe que les teneurs en phosphore sont constantes, ce qui est due à une absence d'analyse.

Concernant les eaux traitées à la sortie de la STEP, un pic de 10,94 mg/l à été enregistré durant le mois d'aout est probablement dû à des erreurs dans le dosage, avec une moyenne de 5,9 mg/l.

f) Température

La figure III.15 présente la variation moyenne de la température de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP.

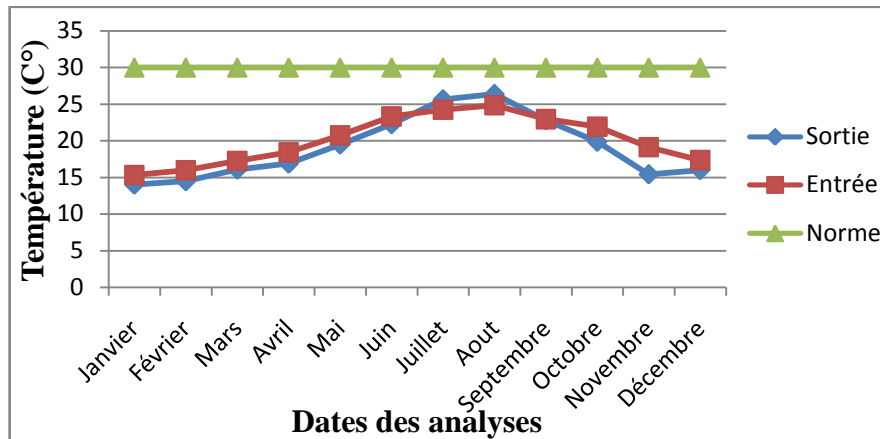


Figure III.15 : Variation moyenne de la température de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2010)

La température est un facteur très important dans l'activité bactérienne qui est le fonctionnement des procédés biologiques.

Les valeurs de la température mesurées sont très proches, elles sont variées entre de 15,33 C° et 24,85 C° dans les eaux brutes et entre 14,01 C° et 26,36 C° dans les eaux épurées, avec une moyenne de 20,2 (soit inférieure à la norme de rejet 30 C°).

g) pH

La figure III.16 présente la variation moyenne du pH de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP.

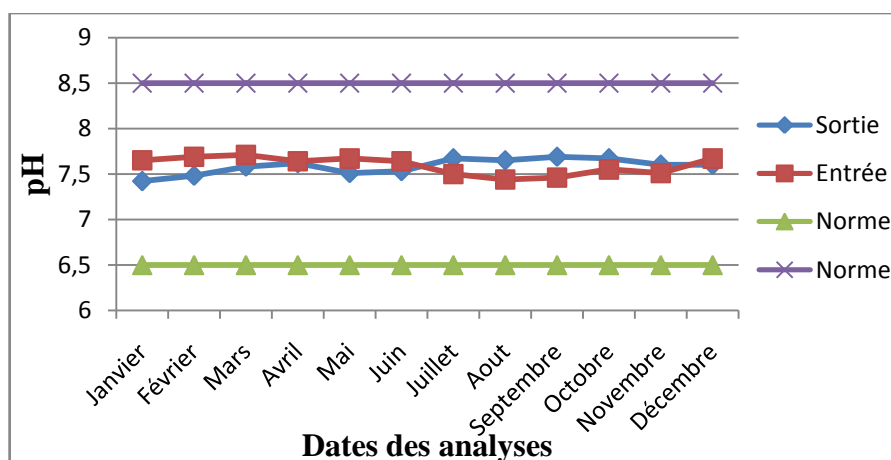


Figure III.16 : Variation moyenne du pH de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2010)

Les valeurs du pH mesurées sont comprises entre de 7,44 et 7,71 avec une moyenne de 7,6. Ces valeurs s'inscrivent dans la fourchette des valeurs généralement observées pour les eaux usées urbaines à caractère ménager.

Cependant, le pH des eaux épurées varie entre 7,42 et 7,69.

Année 2011

Les résultats expérimentaux des paramètres suivants : MES, DBO₅, DCO, NH₄⁺, NO₂⁻, NO₃⁻, P_t avec la variation de température, pH et de la conductivité, sont présentes par l'année 2011:

a) Matières en suspension (MES)

La figure III.17 indique la variation moyenne de la concentration en (MES) à l'entrée et à la sortie de la STEP.

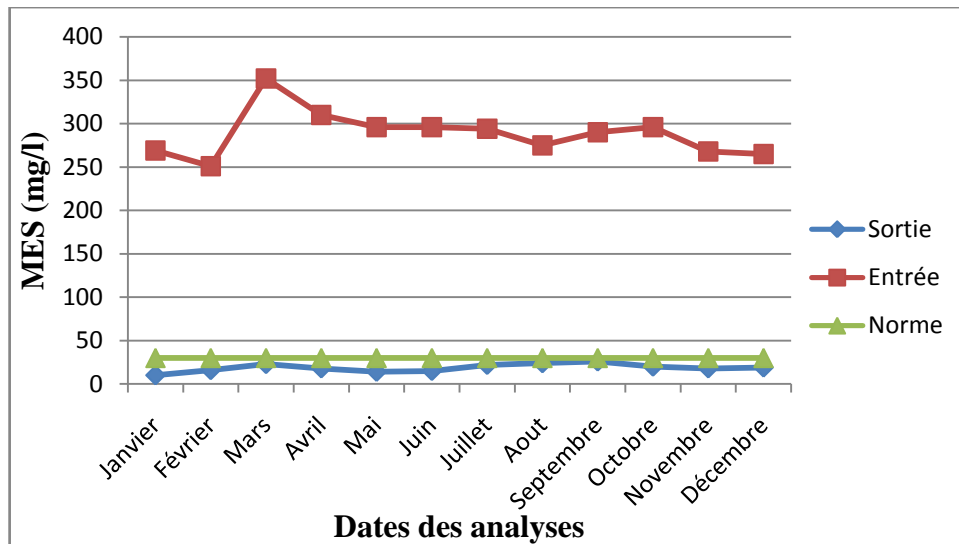


Figure III.17 : Variation moyenne de la concentration des matières en suspension (MES) à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2011)

Les résultats d'analyses obtenues montrent que les teneurs en MES oscillent entre 251 mg/l et 352 mg/l avec une moyenne de 301,5 mg/l, cette valeur montre que les rejets sont chargés en matières solides en suspension.

À la sortie de la STEP, les valeurs enregistrées sont comprises entre 10 mg/l et 26 mg/l, elles sont inférieures à la norme de rejet fixée 30 mg/l.

b) Demande biologique en oxygène (DBO₅)

La variation moyenne de la concentration en (DBO₅) à l'entrée et à la sortie de la STEP est indiquée sur la figure III.18.

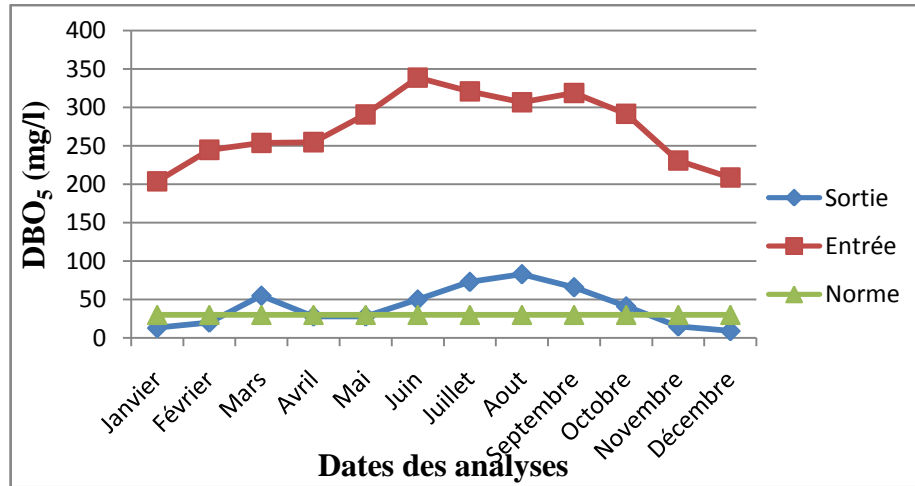


Figure III.18 : Variation moyenne de la demande biologique en oxygène (DBO₅) à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2011)

Les valeurs de la DBO₅ obtenus pour les eaux usées sont comprises entre 204 mg/l et 339 mg/l, avec une moyenne de 271,5 mg/l. cette valeur montre une teneur importante en matières organiques biodégradables.

En revanche, on constate que les valeurs de la DBO₅ à la sortie de la STEP (eaux traitées) sont pratiquement au-dessus à la norme de rejet, elles sont comprises entre 9 mg/l et 83 mg/l avec une moyenne de 46 mg/l, ce qui est due à une mauvaise décomposition de la matière organique au niveau du bassin d'aération.

c) Demande chimique en oxygène (DCO)

La figure III.19 montre la variation moyenne en (DCO) à l'entrée et à la sortie de la STEP.

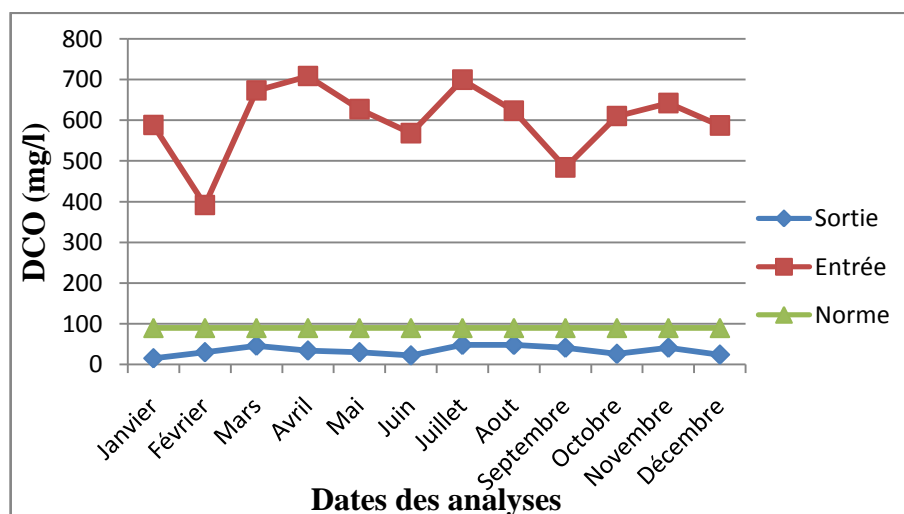


Figure III.19 : Variation moyenne de la demande chimique en oxygène (DCO) à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2011)

Selon la figure III.19, on observe une variation instable sur la concentration en DCO qui oscille entre 392 mg/l et 708 mg/l dans les eaux brutes, avec une moyenne de 550 mg/l, ce qui est due à un changement de la nature des produits chimiques rejetés. Les valeurs enregistrées au niveau de l'eau traitée, restent au-dessous de la norme de rejet (90 mg/l). Elles sont comprises entre 15 mg/l et 48 mg/l avec une moyenne de 31,5 mg/l.

d) Les matières azotées

➤ L'azote ammoniacal (NH_4^+)

La figure III.20 montre la variation moyenne de la concentration en (NH_4^+) à l'entrée et à la sortie de la STEP.

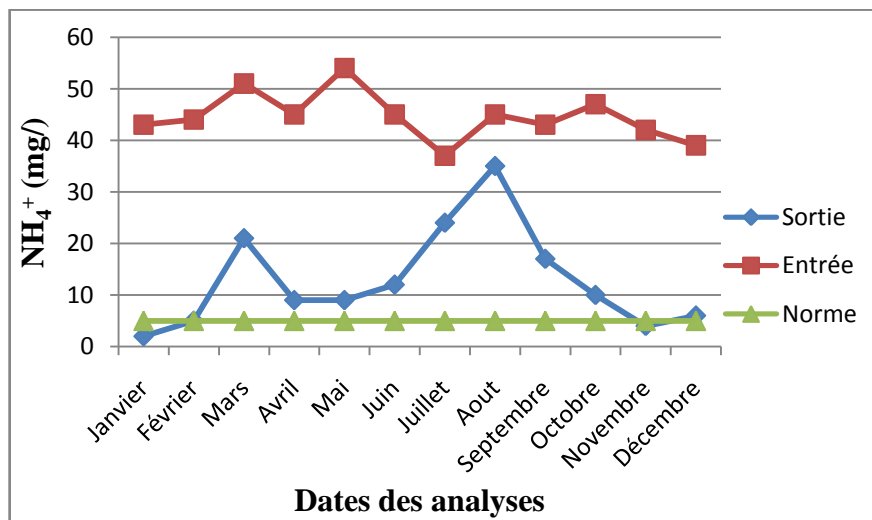


Figure III.20 : Variation moyenne de l'azote ammoniacal (NH_4^+) à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2011)

On remarque que les teneurs en azote ammoniacal varient entre 37 mg/l et 54 mg/l dans les eaux usées, avec une moyenne de 45,5 mg/l.

Les résultats obtenus à la sortie de la station d'épuration pour l'eau traitée montrent une variation instable de la concentration en NH_4^+ , ce qui implique une mauvaise oxydation de l'azote ammoniacal dans la phase de nitrification (problème d'oxygénation).

Dans l'ensemble, ces valeurs dépassent la norme de rejet. On enregistre un pic de 35 mg/l avec une moyenne de 18,5 mg/l.

➤ Nitrite (NO_2^-)

La variation moyenne de la concentration en nitrites à l'entrée et à la sortie de la STEP est indiquée sur la figure III.21.

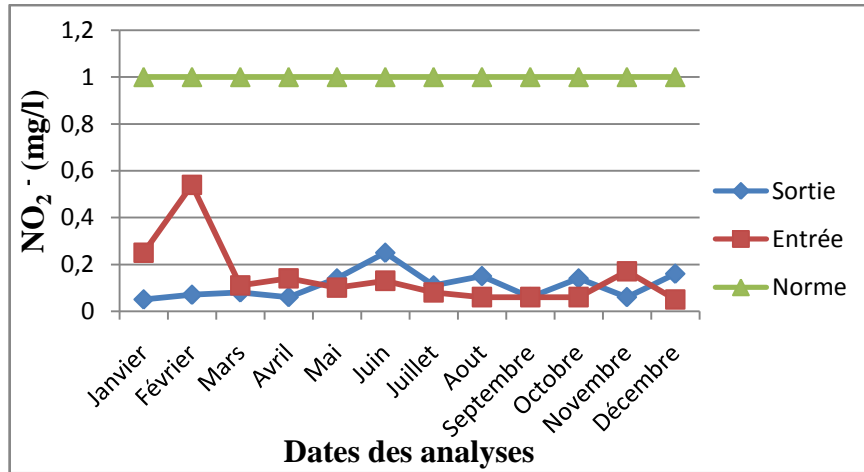


Figure III.21 : Variation moyenne des nitrites (NO_2^-) à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2011)

D'après la figure III.21, on observe que la teneur en nitrites des eaux, à savoir brutes ou traitées est très faible. Ainsi, la différence de ces valeurs à l'entrée et à la sortie de la STEP nous renseigne sur une légère variation, dont les valeurs se situent entre 0,05 mg/l et 0,54 mg/l au niveau des eaux brutes. Qui est due à la nature de l'eau usée.

Concernant les eaux épurées, les valeurs sont comprises entre 0,05 mg/l et 0,25 mg/l avec une moyenne de 0,2 mg/l.

➤ **Nitrate (NO_3^-)**

La figure III.22 montre la variation moyenne en nitrates à l'entrée et à la sortie de la STEP.

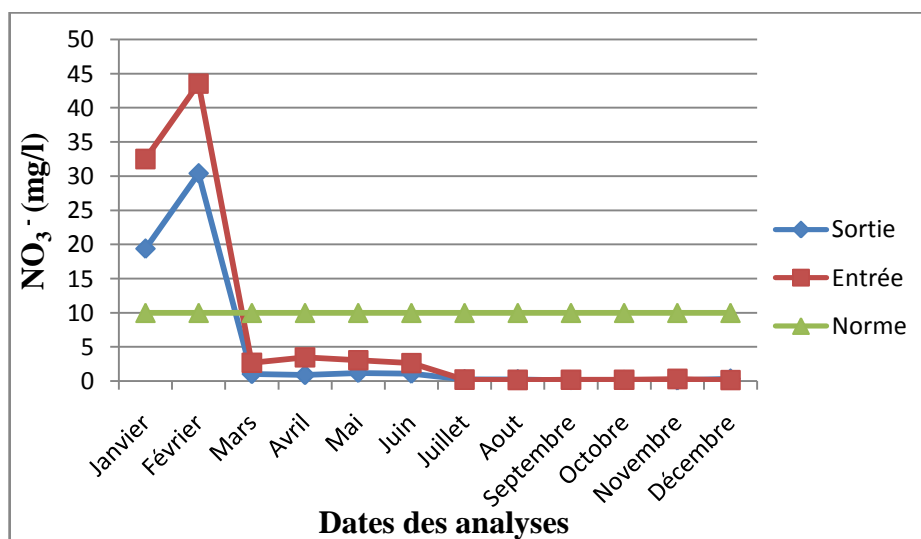


Figure III.22 : Variation moyenne des nitrates (NO_3^-) à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2011)

On observe un pic de 43,5 mg/l durant le moins du février qui est dû à une forte concentration en nitrates dans les eaux usées brutes, avec une moyenne de 21,9 mg/l. Les faibles valeurs enregistrées après ce pic soient dans les eaux brutes et les eaux traitées s'expliquent par une dilution.

À la sortie de la STEP, les résultats de la concentration en nitrates oscillent entre 0,12 mg/l et 30,4 mg/l, avec une moyenne de 15,3 mg/l.

e) Phosphore total (Ph_t)

La figure III.23 présente la variation moyenne du phosphore à l'entrée et à la sortie de la STEP.

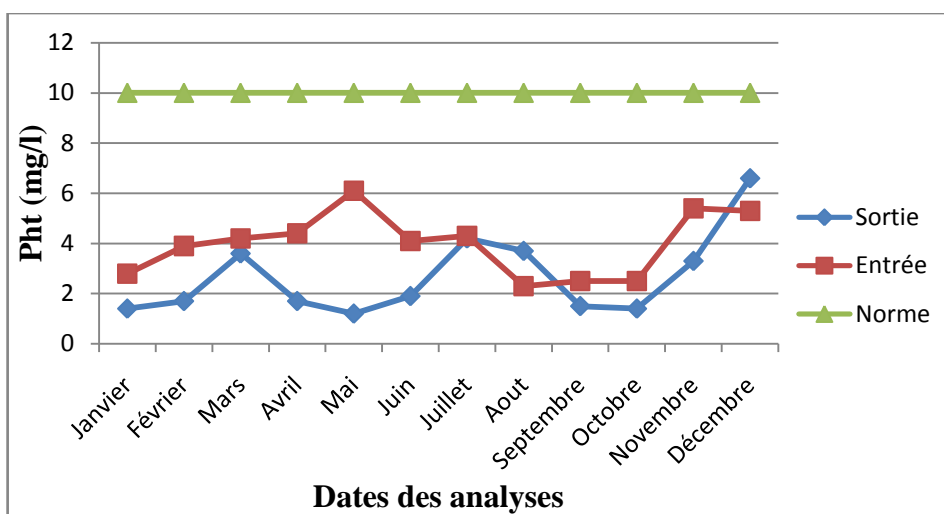


Figure III.23 : Variation moyenne du phosphore à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2011)

Les valeurs enregistrées à l'entrée de la station d'épuration, montrent que la concentration du phosphore est très faible. Elles varient entre 2,3 mg/l et 6,1 mg/l avec une moyenne de 4,2 mg/l.

Selon les eaux épurées, les teneurs en phosphore sont comprises entre 1,2 mg/l et 6,6 mg/l, avec une moyenne de 3,9 mg/l qui est au-dessous à la norme de rejet.

f) Température

La figure ci-dessous montre la variation moyenne de la température de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP.

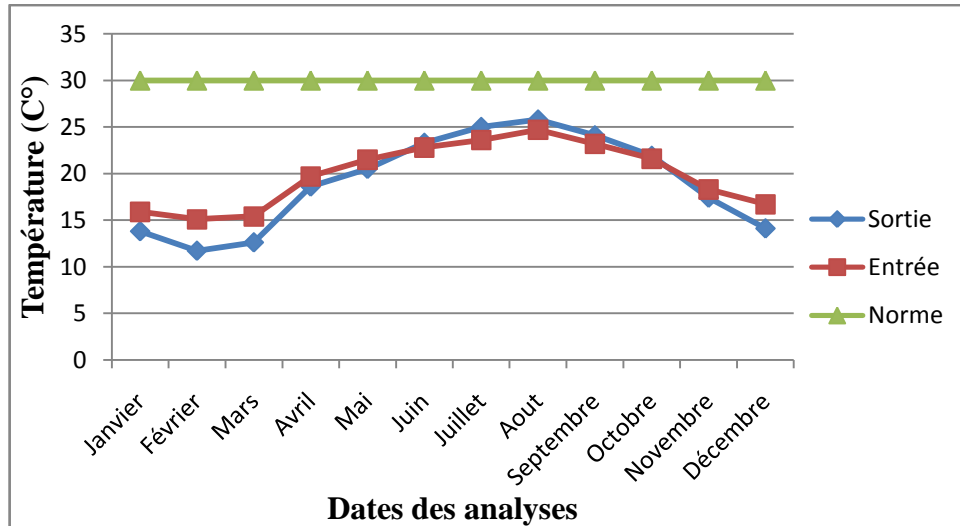


Figure III.24 : Variation moyenne de la température de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2011)

La gamme des valeurs enregistrées soient dans les eaux brutes et les eaux épurées, elle est au-dessous de la norme fixée (30 C°) ce qui favorise la croissance des micro-organismes d'où une bonne activité biologique.

À l'entrée de la STEP, on obtient des valeurs qui sont comprises entre 15,1 C° et 24,7 C°. Pour les eaux traitées, les valeurs varient entre 11,7 C° et 25,8 C°, avec une moyenne de 18,8 C°.

g) pH

La variation moyenne du pH de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP est indiquée sur la figure III.25.

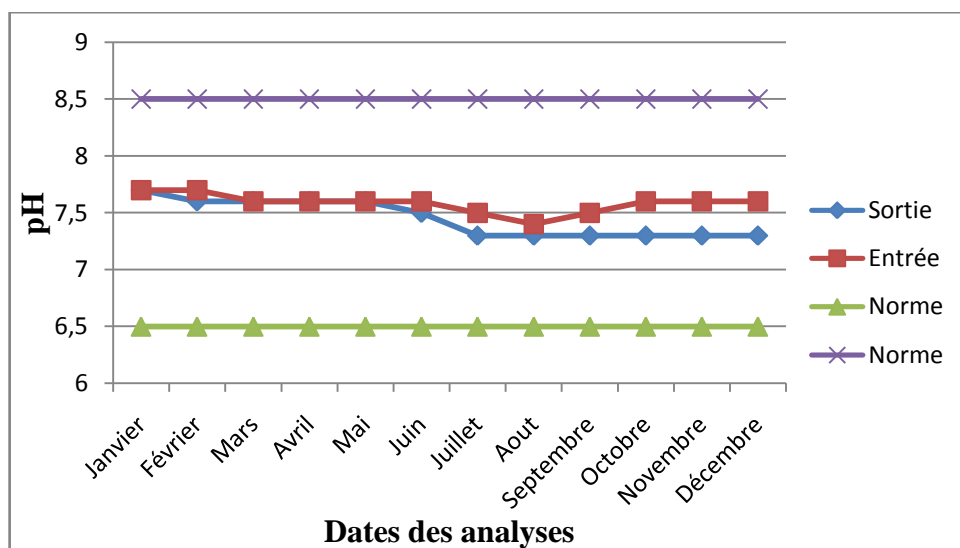


Figure III.25 : Variation moyenne du pH de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2011)

Le pH donne une indication de l'acidité d'une substance. Il est déterminé à partir de la quantité d'ions d'hydrogène hydronium (H⁺) ou d'ions hydroxyde (OH⁻) contenus dans la substance [33].

On remarque à l'entrée de la STEP que les valeurs du pH sont comprises entre 7,4 et 7,7 avec une moyenne de 7,6.

Concernant les eaux à la sortie de la STEP, les valeurs de pH oscillent entre 7,3 et 7,7 avec une moyenne de 7,5 qui est au-dessous à norme de rejet (6,5 – 8,5).

h) Conductivité

La figure III.26 présente la variation moyenne de la conductivité de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP.

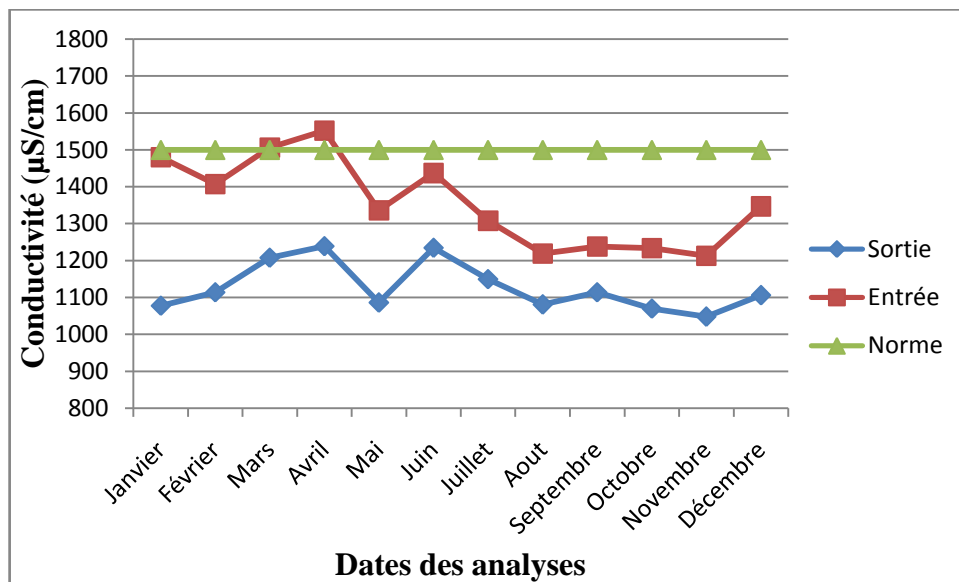


Figure III.26 : Variation moyenne de la conductivité de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2011)

La conductivité de l'eau mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. La plus part des matières dissoutes dans l'eau se trouve sous forme d'ions chargés électriquement. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité des sels dissous dans l'eau [34].

À l'entrée de la STEP, Les valeurs mesurées sont comprises entre 1213 µS/cm et 1552 µS/cm, avec une moyenne de 1500 µS/cm, ce qui est due à une faible concentration en sels dissous.

Concernant les eaux traitées, on obtient des valeurs qui varient entre 1048 µS/cm et 1239 µS/cm avec une moyenne de 1143,5 µS/cm.

✚ Année 2012

Les paramètres analysés et a suivis sont comme suit : MES, DBO₅, DCO, NH₄⁺, NO₂⁻, NO₃⁻, PO₄³⁻, matières inorganiques dissoutes (MID), conductivité, turbidité, pH, température et O₂ dissous.

a) Matières en suspension (MES)

La variation moyenne des MES est représentée dans la figure III.27.

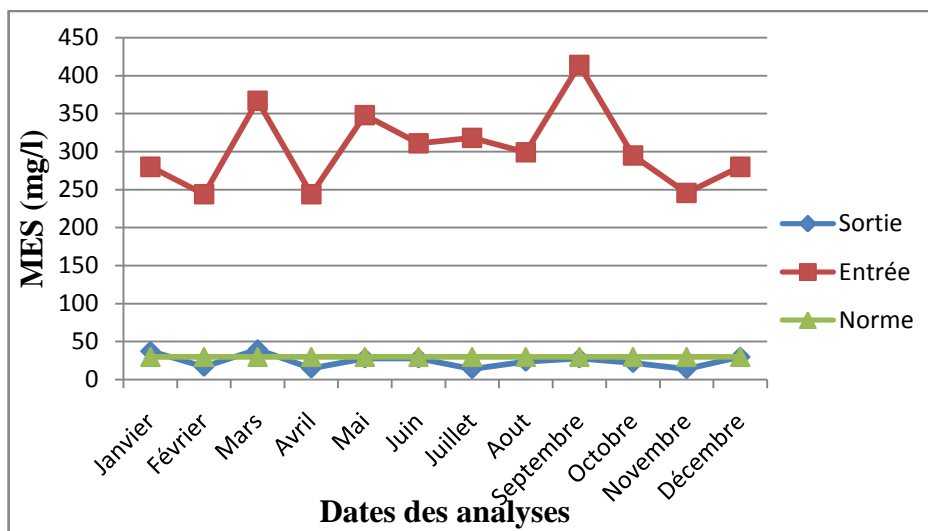


Figure III.27 : Variation moyenne de la concentration des matières en suspension (MES) à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2012)

En examinant les résultats trouvés, on remarque à l'entrée de la STEP que les valeurs des MES varient entre 244 mg/l et 414 mg/l avec une moyenne de 329 mg/l. Ces valeurs observées s'inscrivent bien dans la plage des valeurs admises pour une eau usées à caractère domestique.

À la sortie de la STEP, les teneurs en MES sont comprises entre 14 mg/l et 39,7 mg/l avec une moyenne de 26,9 mg/l, ces valeurs dans les normes.

b) Demande biologique en oxygène (DBO₅)

La figure III.28 présente la variation moyenne en (DBO₅) à l'entrée et à la sortie de la STEP.

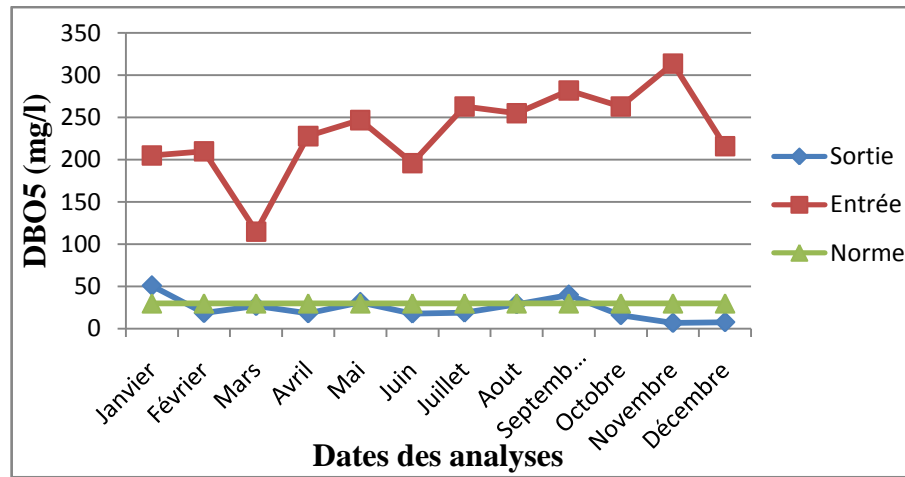


Figure III.28 : Variation moyenne de la demande biologique en oxygène (DBO_5) à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2012)

D'après la figure, on observe une variation instable concernant les eaux brutes qui oscille entre 115 mg/l et 314 mg/l, avec une moyenne de 214,5 mg/l, qui est due à un changement instable de la concentration en matières biodégradables dans les eaux usées.

Concernant les eaux traitées à la sortie de la STEP, on a enregistré une forte concentration de 50,9 mg/l durant le mois du janvier avec une moyenne de 28,9 mg/l, qui s'explique par la nature des eaux à l'entrée de la STEP (suite à des événements pluvieux).

c) Demande chimique en oxygène (DCO)

La figure III.29 présente la variation moyenne en DCO à l'entrée et à la sortie de la STEP.

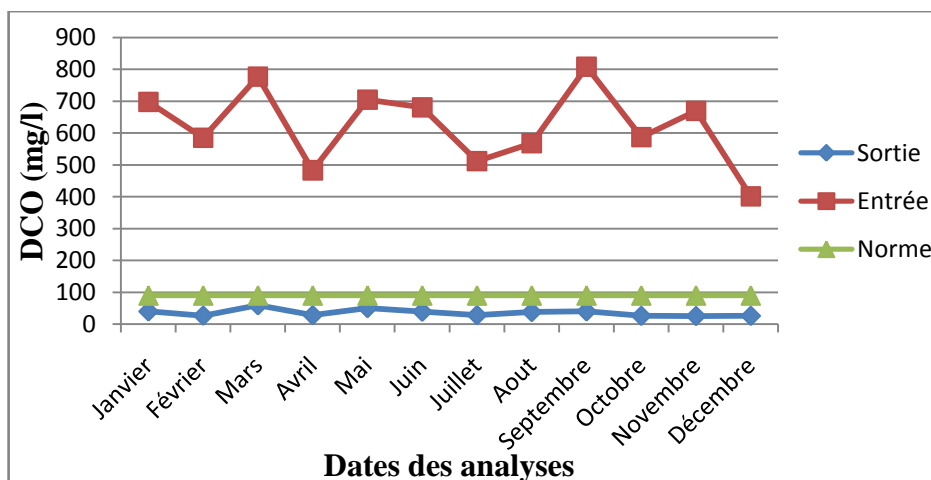


Figure III.29 : Variation moyenne de la demande chimique en oxygène (DCO) à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2012)

On remarque que les valeurs de la DCO de l'eau brute sont variables selon les mois, elles oscillent entre 401 mg/l et 809 mg/l avec une moyenne de 605 mg/l.

Concernant l'effluent traité, les valeurs enregistrées sont largement inférieures à la norme de rejet, elles varient entre 26 mg/l et 59 mg/l avec une moyenne de 42,5 mg/l, ce qui confirme la présence d'une faible concentration des matières organiques dans les eaux usées.

d) Les matières azotées

Dans l'eau, l'azote se trouve en solution sous forme combinée: nitrates (NO_3^-), nitrites (NO_2^-), azote ammoniacal (NH_3 , NH_4^+), azote organique [35].

➤ L'azote ammoniacal (NH_4^+)

La figure III.30 montre la variation moyenne de la concentration en NH_4^+ à l'entrée et à la sortie de la STEP.

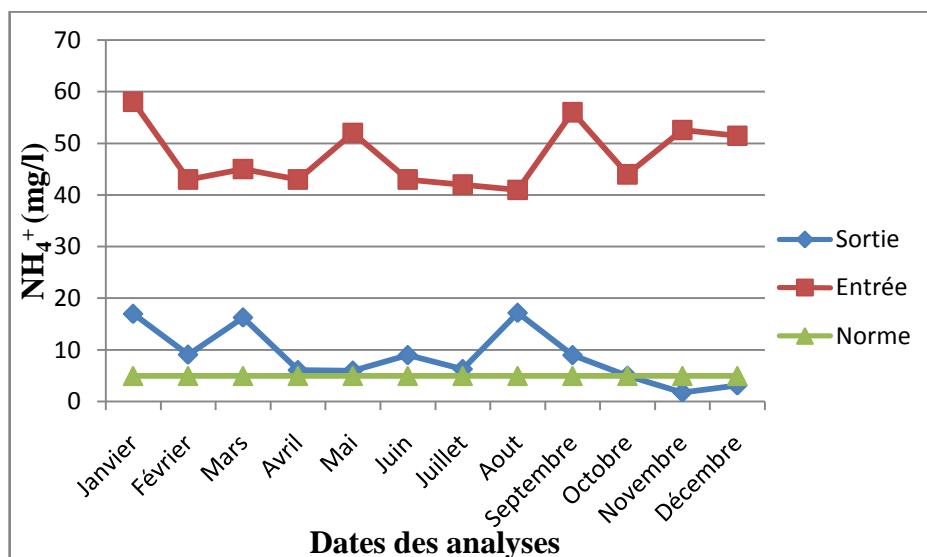


Figure III.30 : Variation moyenne de l'azote ammoniacal (NH_4^+) à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2012)

Les résultats d'analyses montrent que les teneurs en azote ammoniacal dans les eaux brutes sont comprises entre 41 mg/l et 58 mg/l avec une moyenne de 49,5 mg/l.

Concernant les eaux traitées à la sortie de la STEP, on observe une variation instable qui dépasse la norme de rejet fixée, ce qui indique à un processus de dégradation incomplète de la matière organique due à une insuffisante d'oxygénation au niveau du bassin d'aération, avec une moyenne de 9,5 mg/l.

➤ Nitrite (NO_2^-)

La figure III.31 présente la variation moyenne en nitrites à l'entrée et à la sortie de la STEP.

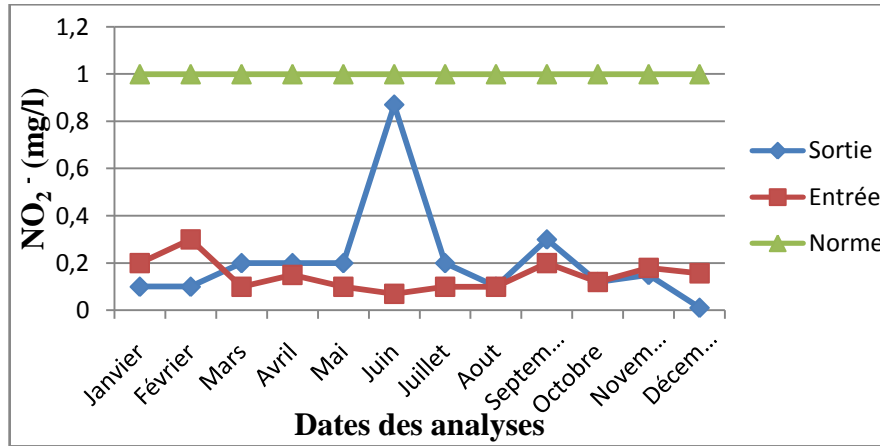


Figure III.31 : Variation moyenne des nitrites (NO_2^-) à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2012)

D'après la figure III.31, on observe une faible concentration en nitrites à l'entrée de la STEP, qui est due à la nature de l'effluent brut. Les valeurs sont comprises entre 0,1 mg/l et 0,3 mg/l avec une moyenne de 0,2 mg/l.

À la sortie de la STEP, un pic de 0,9 mg/l à été enregistré, est s'expliquer par des erreurs dans les analyses effectuées.

➤ Nitrate (NO_3^-)

La variation moyenne de la concentration en nitrates à l'entrée et à la sortie de la STEP est indiquée sur la figure III.32.

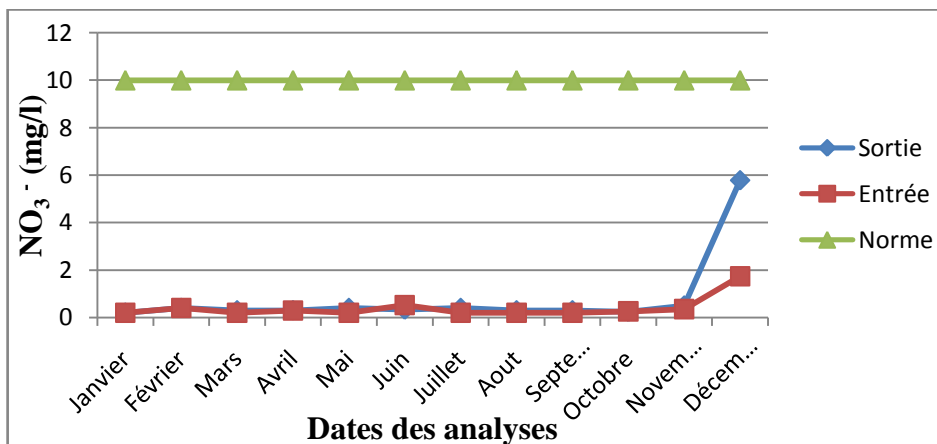


Figure III.32 : Variation moyenne des nitrates (NO_3^-) à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2012)

Les valeurs des nitrates obtenues, oscillent entre 0,2 mg/l et 1,7 mg/l pour les eaux brutes et entre 0,2 mg/l et 5,8 mg/l, avec une moyenne de 3 mg/l pour les eaux épurées. On observe que teneurs en nitrates ont augmenté considérablement dans les eaux traitées par rapport aux eaux usées (figure III.32).

Les faibles concentrations en nitrates dans les eaux brutes sont dues à l'origine de l'azote présent dans l'eau.

e) Orthophosphates (PO_4^{3-})

La figure III.33 présente la variation moyenne en (PO_4^{3-}) à l'entrée et à la sortie de la STEP.

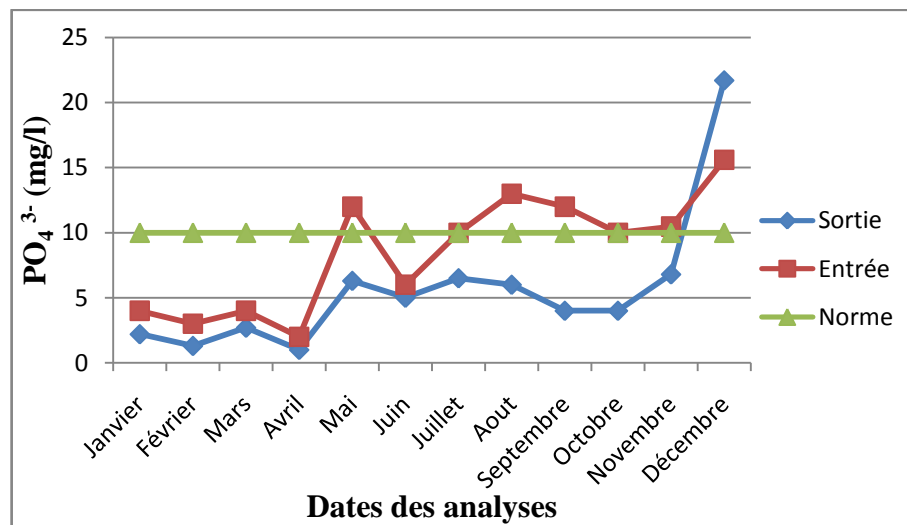


Figure III.33 : Variation moyenne du phosphore à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2012)

Les résultats d'analyses montrent que les teneurs en orthophosphates à l'entrée de la STEP sont comprises entre 2 mg/l et 16 mg/l, avec une moyenne de 9 mg/l. Ceci montre que le rejet est riche en orthophosphates.

À la sortie de la STEP, on remarque un dépassement par rapport aux eaux usées qui atteint une valeur égale 21,7 mg/l sur la concentration de (PO_4^{3-}), avec une moyenne de 11,4 mg/l qui est dépassée la norme de rejet fixée. Cette valeur est due à une mauvaise déphosphatation au niveau du bassin d'aération.

f) Température

La figure III.34 montre la variation moyenne de la température de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP.

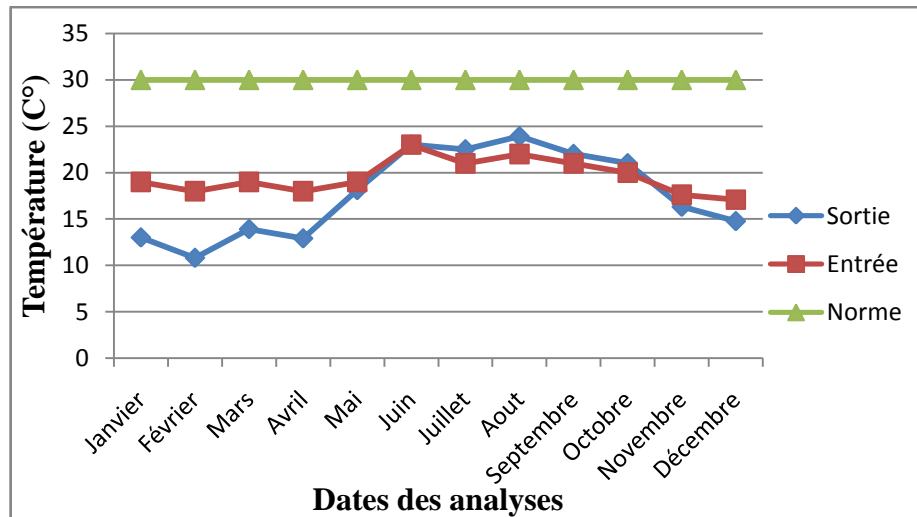


Figure III.34 : Variation moyenne de la température de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2012)

D'après les résultats obtenus et représentés dans la figure III.34, les valeurs de la température sont très proches. Elles se situent dans un intervalle de 17 C° à 23 C° pour les eaux brutes et de 11 C° à 24 C°, avec une moyenne de 17,5 C° pour les eaux épurées. Ces valeurs sont inférieures à 30 C°, donc dans les normes de rejet.

g) pH

La figure III.35 présente la variation moyenne du pH de l'eau à l'entrée et à la sortie de STEP.

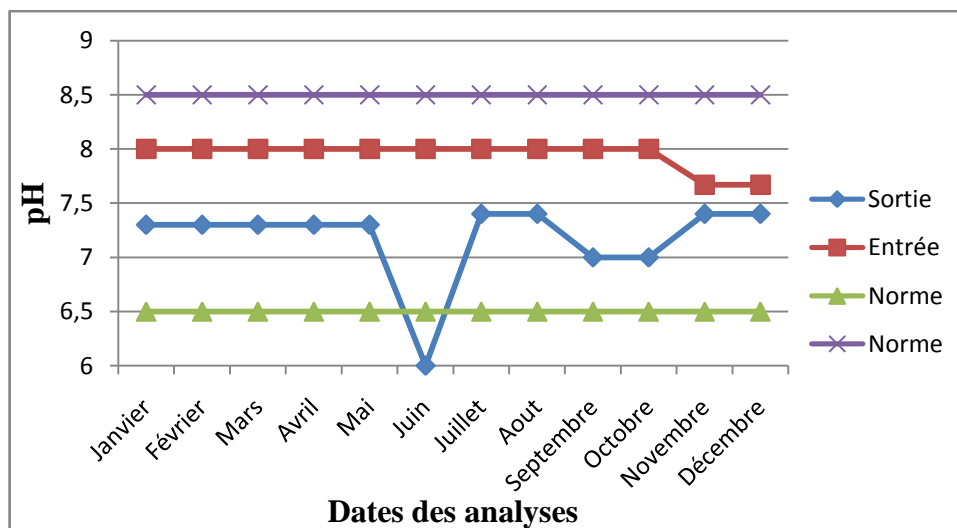


Figure III.35 : Variation moyenne du pH de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2012)

Les valeurs du pH mesuré à l'entrée de la STEP sont comprises entre 7,8 et 8 avec une moyenne de 7,9 qui est une caractéristique des eaux résiduaires, dont le pH est plus favorable à l'action microbienne.

Concernant les eaux à la sortie de la STEP, les valeurs enregistrées varient entre 6 et 7,4 avec une moyenne de 6,7. Durant le mois du juin, on remarque un dépassement par rapport à la norme de rejet qui dû à des erreurs pendant l'analyse.

h) Conductivité

La figure III.36 présente la variation moyenne de la conductivité de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP.

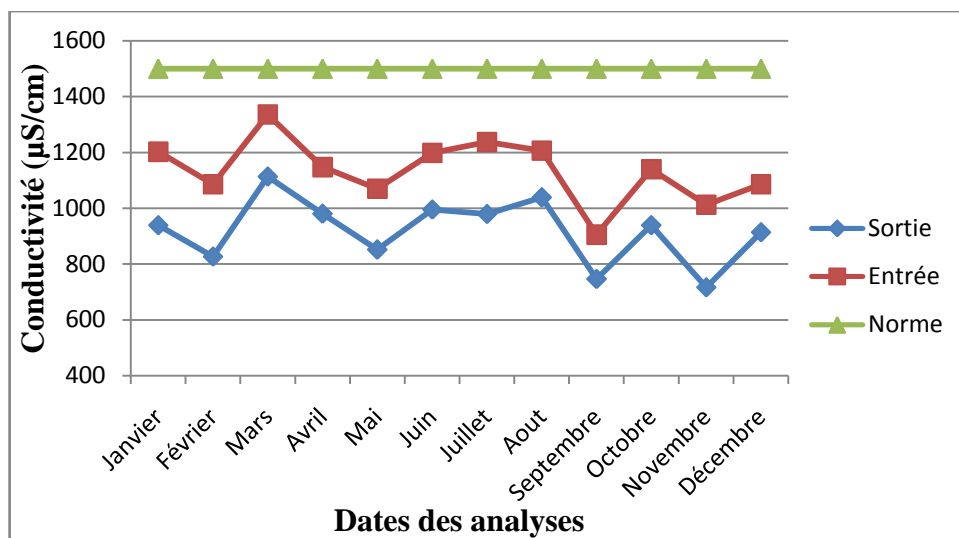


Figure III.36 : Variation moyenne de la conductivité de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2012)

Les valeurs de la conductivité enregistrées au sein de la station d'épuration oscillent entre 905 µS/cm et 1336 µS/cm avec une moyenne de 1120,5 µS/cm. Une haute teneur en sel influe sur le bon fonctionnement des processus biologiques.

À la sortie de la STEP, les valeurs mesurées sont comprises entre 716 µS/cm et 1113 µS/cm avec une moyenne de 914,5 µS/cm.

i) O₂ dissous

La variation moyenne de la concentration en oxygène dissous à l'entrée et à la sortie de la STEP est indiquée sur la figure III.37.

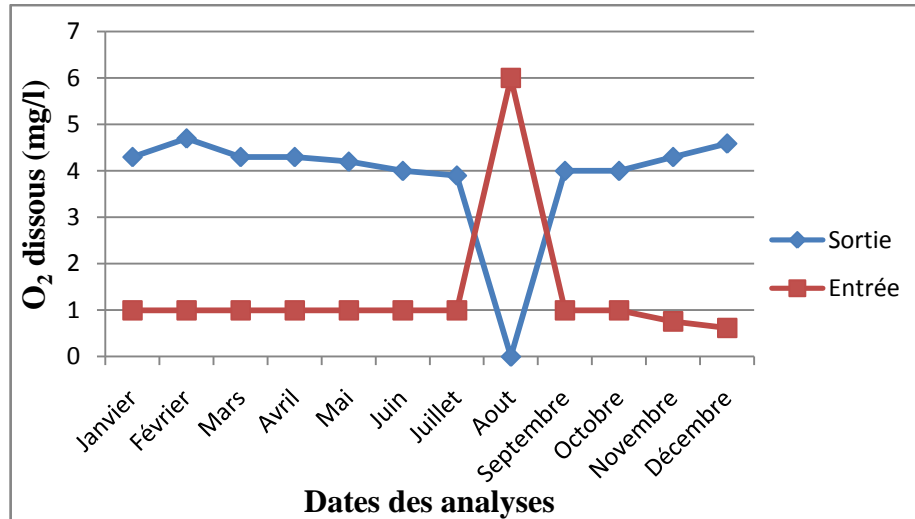


Figure III.37 : Variation moyenne de l'oxygène dissous à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2012)

Le taux d'oxygène dissous détermine la nature de l'écosystème aquatique et constitue le paramètre le plus sensible à la pollution organique.

D'après la figure III.37, on observe un pic de 6 mg/l avec une moyenne de 3,3 mg/l pour les eaux brutes et une valeur nulle pour les eaux traitées (durant le mois d'août). Cette variation s'explique par l'influence de la température sur la solubilité d'oxygène dans le bassin d'aération.

j) Turbidité

La figure III.38 présente la variation moyenne de la turbidité de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP.

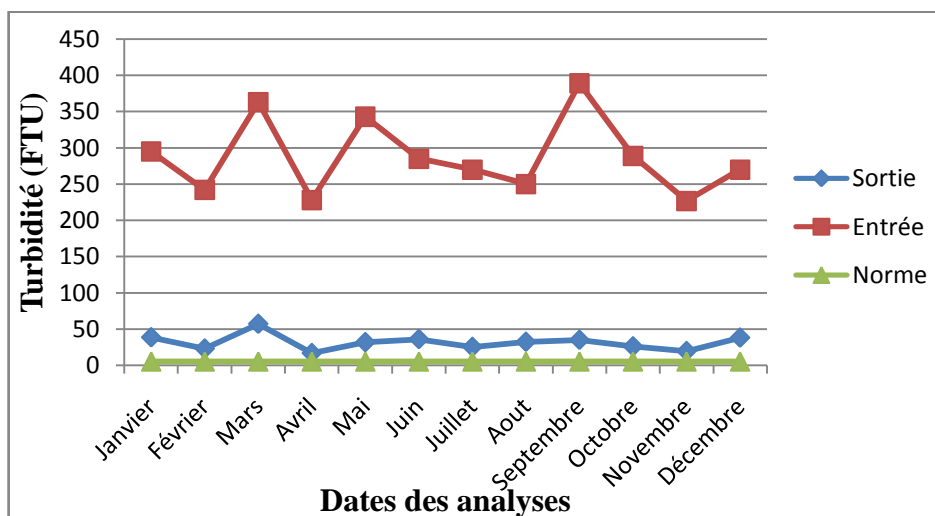


Figure III.38 : Variation moyenne de la turbidité de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2012)

La turbidité est définie comme la « réduction de la transparence d'un liquide par la présence de matières non dissoutes » [36].

Les résultats d'analyses indiquent que la turbidité varie entre 227 FTU et 389 FTU dans les eaux brutes et entre 16,8 FTU et 57 FTU avec une moyenne de 36,9 FTU pour les eaux traitées. Ce qui confirme que l'eau à l'entrée de la STEP est trouble.

k) Matières insolubles décantables (MID)

La figure III.39 montre la variation moyenne de la concentration en (MID) à l'entrée et à la sortie de la STEP.

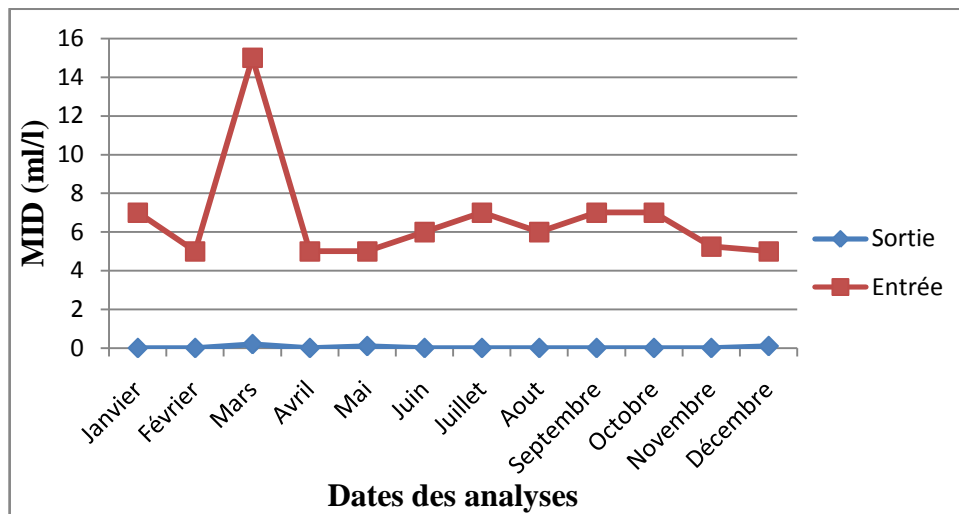


Figure III.39 : Variation moyenne des matières insolubles décantables (MID) à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2012)

Pour l'analyse de ces matières dans la station d'épuration d'AIN EL HOUTZ, on met les échantillons d'eau dans les cônes et on attend environ 24H pour lire les résultats en (ml/l) grâce aux graduations [37].

À l'entrée de la STEP, les résultats d'analyse indiquent que la concentration en (MID) présente une moyenne de 10 ml/l et atteint un pic de 15 ml/l durant le mois du mars qui s'explique par une forte charge des matières insolubles dans les eaux usées.

À la sortie de la STEP, la moyenne obtenue est de 0,1 mg/l. Sa diminution par rapport à l'entrée conduit à une bonne épuration biologique.

Année 2013

Les paramètres de contrôle du fonctionnement de la STEP s'appuient sur les mesures standard du pH, température, O₂ dissous, conductivité, turbidité, MID, de la MES, DBO₅, DCO, NH₄⁺, NO₂⁻, NO₃⁻, PO₄³⁻.

a) Matières en suspension (MES)

La figure III.40 présente la variation moyenne de la concentration en (MES) à l'entrée et à la sortie de la STEP.

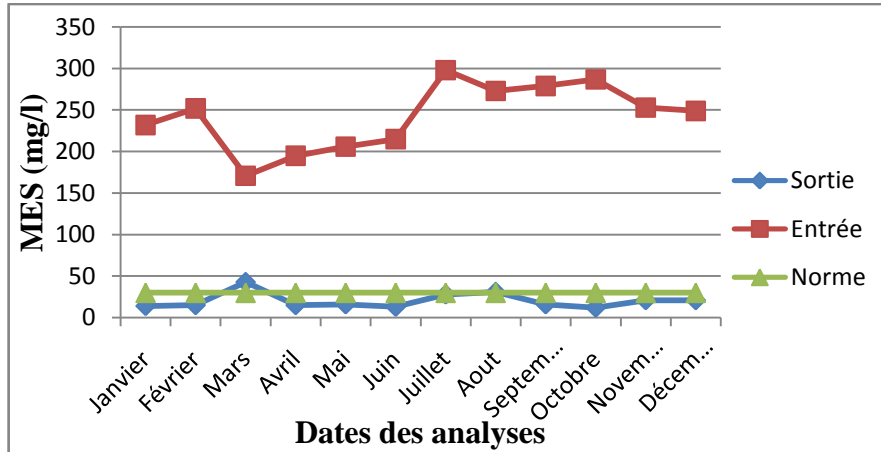


Figure III.40 : Variation moyenne de la concentration des matières en suspension (MES) à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2013)

La figure III.40 montre que la variation des MES à l'entrée de la STEP varie entre 171 mg/l et 298 mg/l avec une moyenne de 234,5 mg/l. cette variation est due à une instabilité de la qualité des eaux brutes. Les valeurs obtenues à la sortie de la STEP oscillent entre 12 mg/l et 48 mg/l avec une moyenne de 30 mg/l. Le rendement d'élimination des MES avoisine les 93%.

b) Demande biologique en oxygène (DBO₅)

La variation moyenne en (DBO₅) à l'entrée et à la sortie de la STEP est indiquée sur la figure III.41.

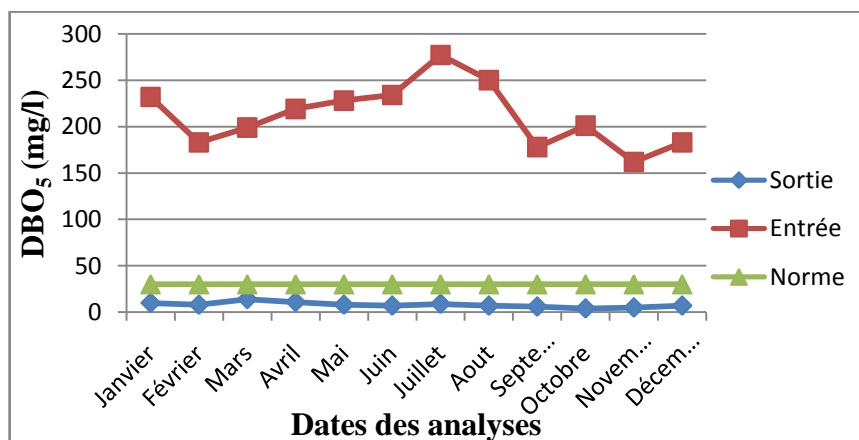


Figure III.41 : Variation moyenne de la demande biologique en oxygène (DBO₅) à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2013)

Les valeurs de la DBO₅ obtenus à l'entrée de la STEP varient entre 162 mg/l et 277 mg/l avec une moyenne de 219,5 mg/l. Cette valeur montre une teneur importante en matières organiques biodégradables.

Concernant les eaux traitées à la sortie de la STEP, les valeurs de la DBO₅ sont comprises entre 4 mg/l et 14 mg/l avec une moyenne de 9 mg/l qui est au-dessous de la norme (30 mg/l). Cette valeur confirme une bonne oxygénation qui favorise la décomposition des matières biodégradables. Le rendement d'abattement de la DBO₅ est environ 96%.

c) Demande chimique en oxygène (DCO)

La figure III.42 montre la variation moyenne de la concentration en DCO de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP.

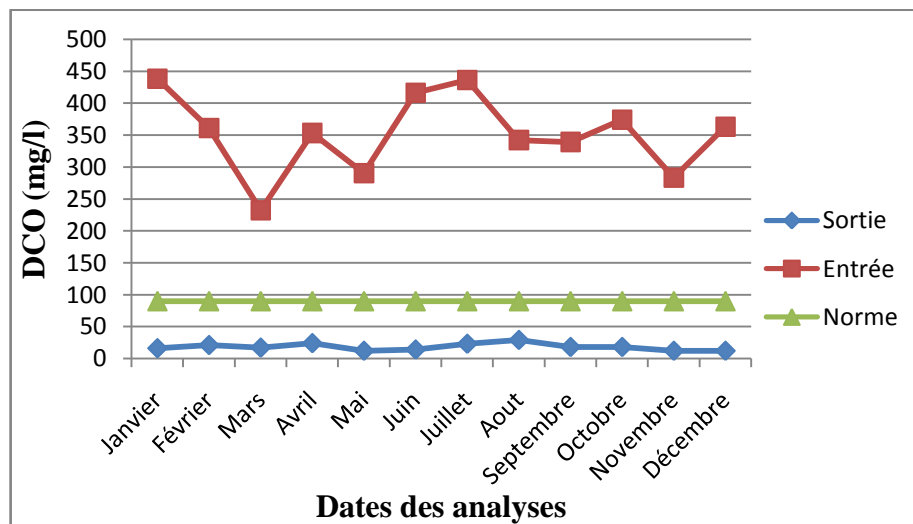


Figure III.42 : Variation moyenne de la demande chimique en oxygène (DCO) à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2013)

Les résultats d'analyse indiquent que la concentration de la DCO à l'entrée de la STEP est variée entre 232 mg/l et 438 mg/l avec une moyenne de 335 mg/l. Cette valeur est due à la qualité chimique des eaux brutes.

Du fait que les eaux pluviales sont raccordées au même réseau d'assainissement (réseau unitaire), avec les eaux usées domestiques et finissent par les diluer en diminuant ainsi leur charge en pollution.

À la sortie de la STEP, les teneurs en DCO sont comprises entre 12 mg/l et 29 mg/l avec une moyenne de 20,5 mg/l. Cette valeur s'explique par une bonne oxydation de la matière organique. Le rendement d'abattement excède les 95%.

d) Les matières azotées

➤ **L'azote ammoniacal (NH_4^+)**

La variation de la concentration en (NH_4^+) à l'entrée et à la sortie de la STEP est indiquée sur la figure III.43.

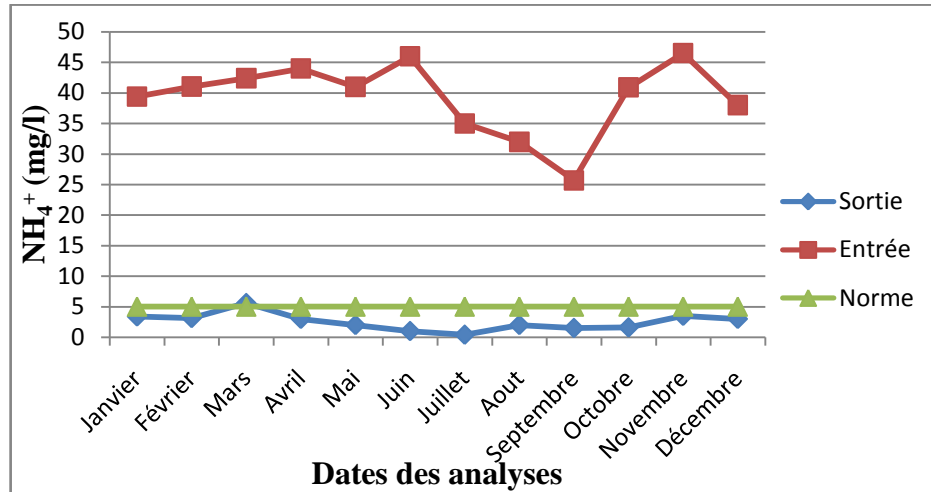


Figure III.43 : Variation moyenne de l'azote ammoniacal (NH_4^+) à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2013)

Les résultats montrent qu'à l'entrée de la STEP, les valeurs varient entre 25,7 mg/l et 46,5 mg/l avec une moyenne de 36,1 mg/l.

Concernant les eaux traitées à la sortie de la STEP, les valeurs oscillent entre 0,4 mg/l et 5,6 mg/l avec une moyenne de 3 mg/l. Cette valeur montre un bon fonctionnement du système biologique au niveau du bassin d'aération.

➤ **Nitrite (NO_2^-)**

La figure III.44 présente la variation de la concentration en nitrites à l'entrée et à la sortie de la STEP.

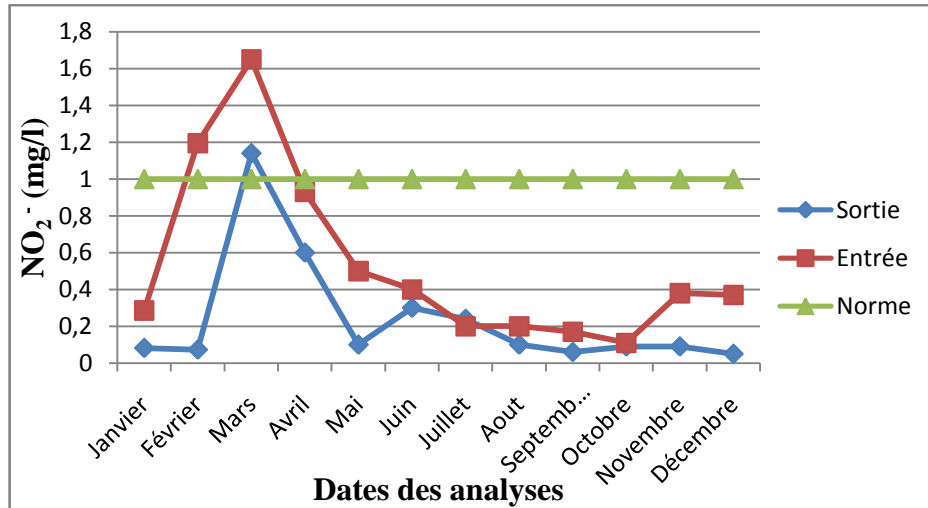


Figure III.44 : Variation moyenne des nitrites (NO_2^-) à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2013)

En examinant les résultats, on remarque qu'à l'entrée de la STEP que les teneurs en nitrites varient entre 0,11 mg/l et 1,14 mg/l avec une moyenne de 0,6 mg/l. Cette variation est due à la nature des eaux usées.

Pour les eaux épurées, les valeurs en nitrites sont comprises entre 0,05 mg/l et 1,14 mg/l avec une moyenne de 0,6 mg/l qui est au-dessous de la norme de rejet.

➤ **Nitrate (NO_3^-)**

La figure III.45 présente la variation moyenne de la concentration en nitrates à l'entrée et à la sortie de la STEP.

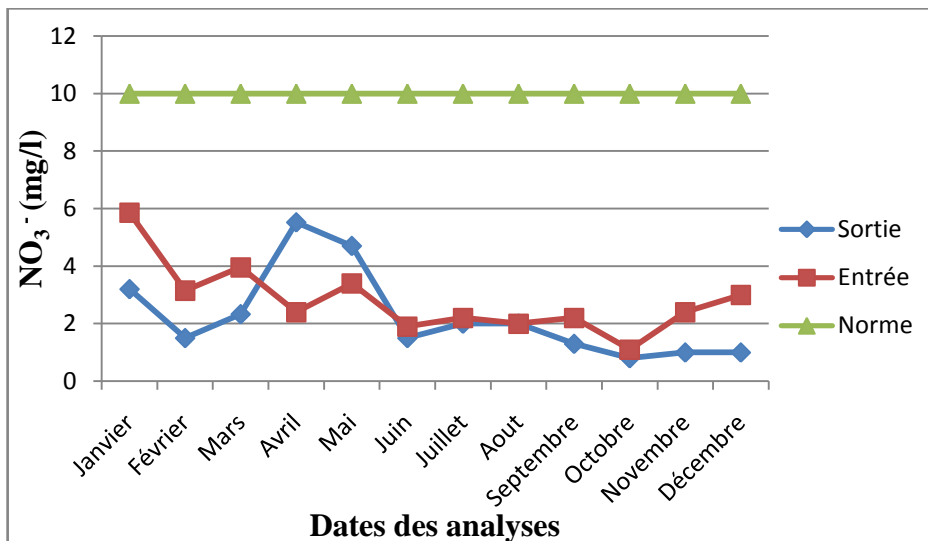


Figure III.45 : Variation moyenne des nitrates (NO_3^-) à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2013)

Les valeurs obtenues en nitrates sont comprises entre 1,1 mg/l et 5,86 mg/l pour les eaux brutes et entre 0,8 mg/l et 5,5 mg/l avec une moyenne de 3,2 mg/l pour les eaux épurées.

Les valeurs maximales sont enregistrées pendant la période hivernale car les eaux sont entraînées par une forte quantité de pluie.

e) Ortho phosphates (PO_4^{3-})

La figure III.46 montre la variation moyenne de la concentration en (PO_4^{3-}) à l'entrée et à la sortie de la STEP.

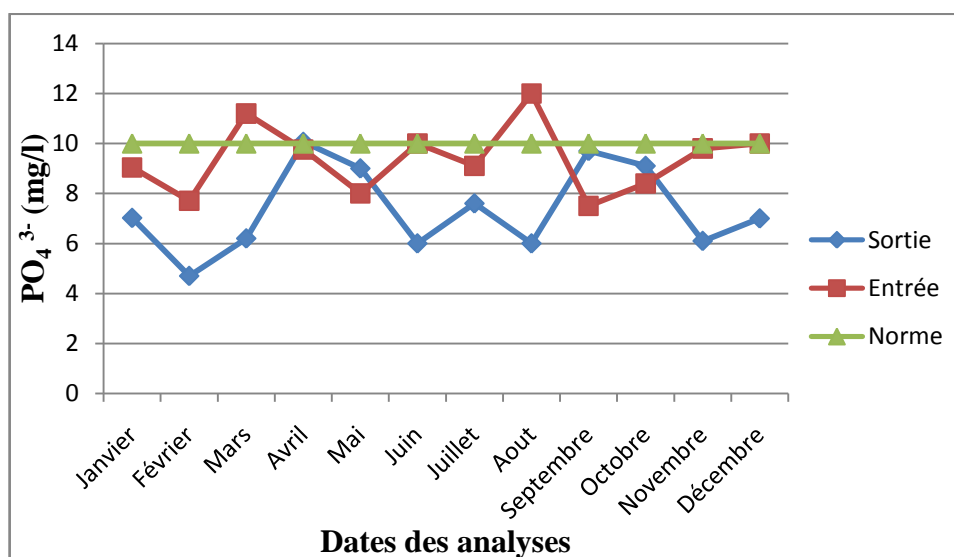


Figure III.46 : Variation moyenne du phosphore à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2013)

D'après la figure III.46, on observe une variation instable de la concentration en PO_4^{3-} à l'entrée et à la sortie de la STEP. Cette variation due à la présence des orthophosphates dans l'eau.

Les valeurs oscillent entre 7,5 mg/l et 12 mg/l pour les eaux brutes et entre 4,7 mg/l et 10,06 mg/l avec une moyenne de 7,4 mg/l pour les eaux épurées.

f) Température

La variation moyenne de la température de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP est indiquée sur la figure III.47.

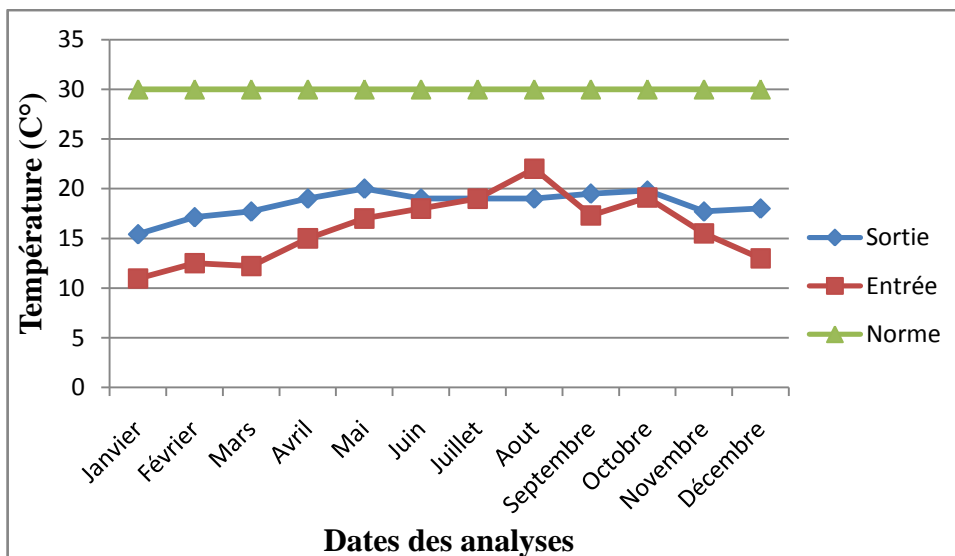


Figure III.47 : Variation moyenne de la température de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2013)

Les valeurs de la température se situent au-dessous de la norme fixée, elles oscillent entre 15,42 C° et 20 C° pour les eaux usées et entre 10,97 C° et 22 C° avec une moyenne de 16,5 C° pour les eaux traitées. La température de l'eau varie selon les saisons de l'année et elle est influencée par la température de l'air.

g) pH

La figure III.48 montre la variation moyenne du pH de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP.

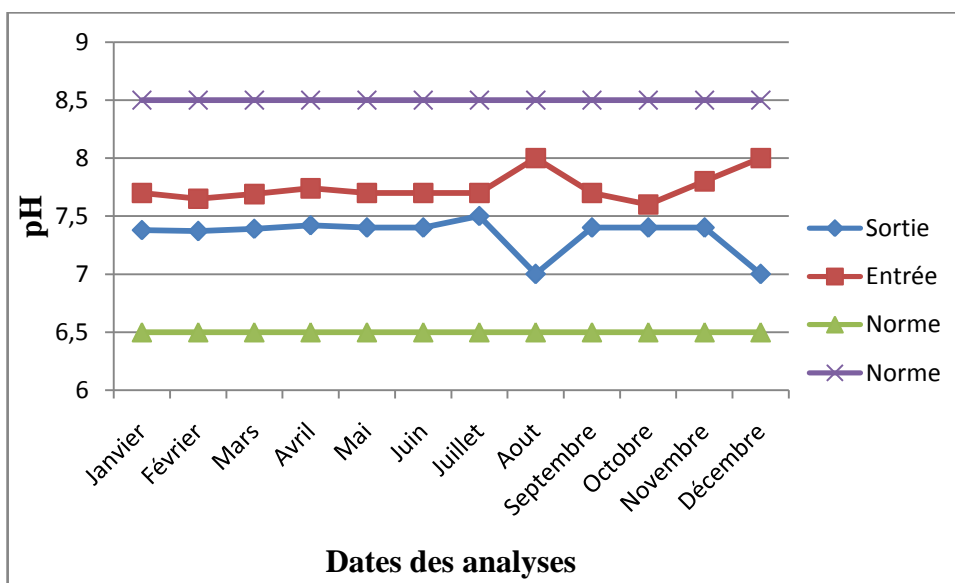


Figure III.48 : Variation moyenne du pH de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2013)

Les valeurs du pH mesurées sont comprises entre 7,6 et 8 pour les eaux brutes. Ces valeurs s'inscrivent dans la gamme des eaux à caractère domestique.

Concernant les eaux traitées, les valeurs du pH varient entre 7 et 7,5 avec une moyenne de 7,3. Elle est au-dessous de la norme de rejet (6,5-8,5).

h) Conductivité

La figure III.49 montre la variation moyenne de la conductivité de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP.

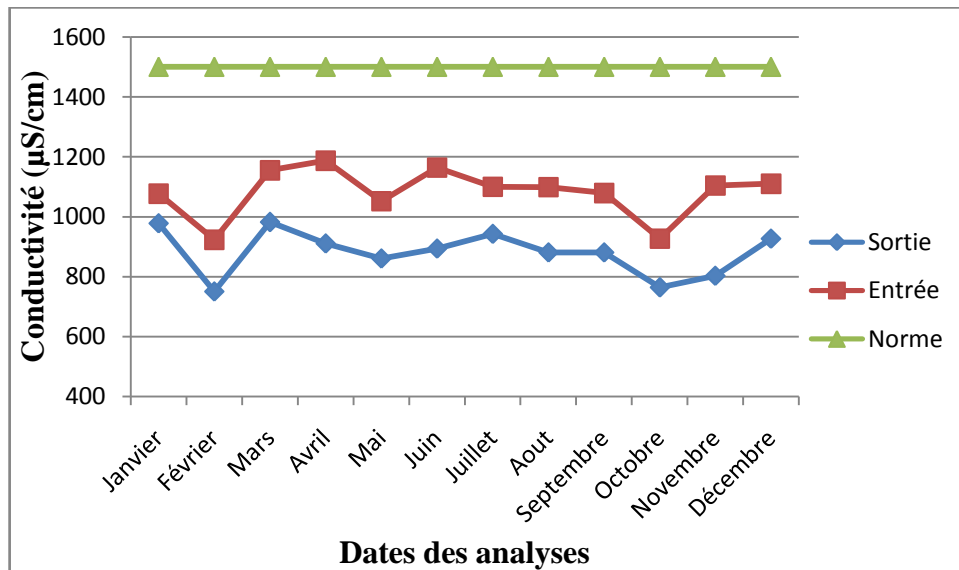


Figure III.49 : Variation moyenne de la conductivité de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2013)

La mesure de la conductivité permet d'évaluer rapidement la salinité totale de l'eau de rejet, une conductivité électrique de l'eau supérieure à 1500 µS/cm, entraîne une minéralisation excessive. Dans notre cas les valeurs mesurées sont au-dessous de la norme de rejet, elles sont comprises entre 923 µS/cm et 1187 µS/cm pour les eaux usées et entre 751 µS/cm et 982 µS/cm avec une moyenne de 866,5 µS/cm pour les eaux épurées.

i) O₂ dissous

La figure III.50 présente la variation moyenne de la concentration en oxygène dissous à l'entrée et à la sortie de la STEP.

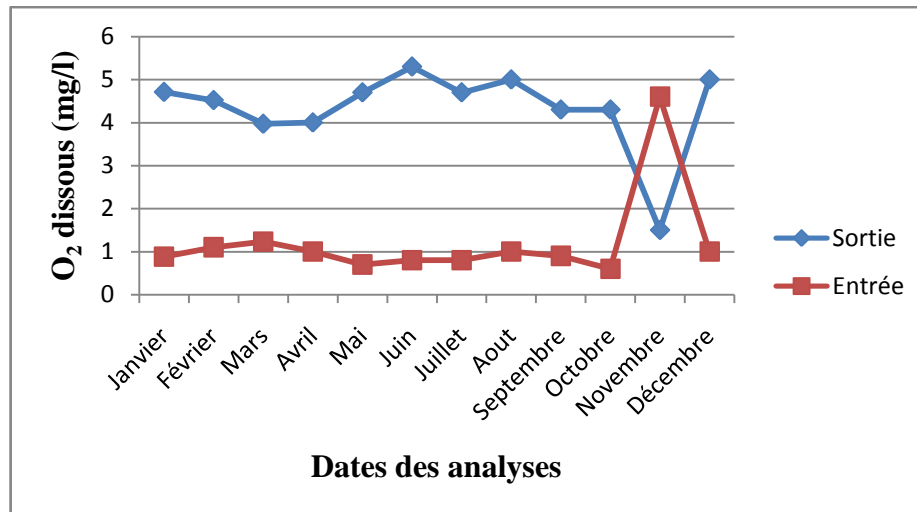


Figure III.50 : Variation moyenne de l'oxygène dissous à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2013)

La variation du taux d'oxygène dissous oscille entre 0,6 mg/l et 4,6 mg/l pour les eaux usées et entre 1,5 mg/l et 5,3 mg/l avec une moyenne de 3,4 mg/l pour les eaux traitées.

D'après la figure III.50, on remarque que les teneurs en O₂ dissous à la sortie de la STEP sont supérieures à celles de l'entrée. Durant le mois d'octobre, la faible teneur en O₂ dissous mesurée au niveau des eaux traitées s'explique par la grande présence des substances consommatrices d'oxygène dans l'eau usée (insuffisantes d'O₂ dissous).

j) Turbidité

La variation moyenne de la turbidité de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP est indiquée sur la figure III.51.

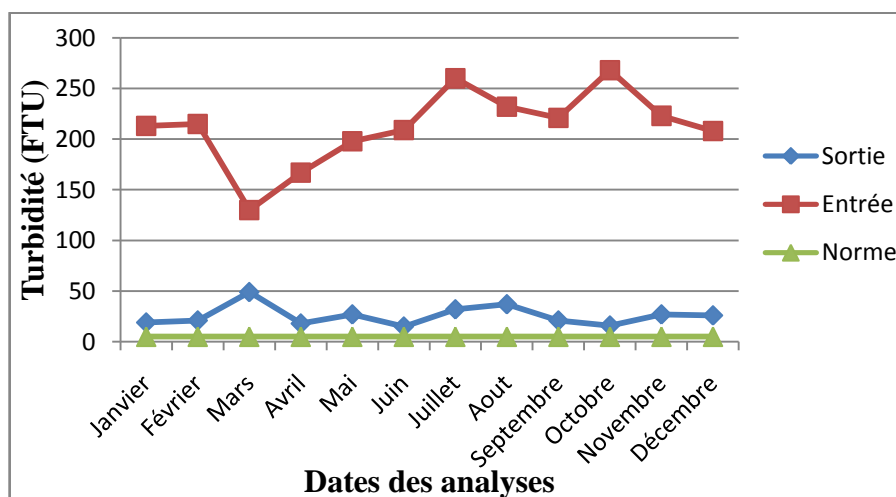


Figure III.51 : Variation moyenne de la turbidité de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2013)

Les valeurs de la turbidité à l'entrée de la STEP varient entre 130 FTU et 268 FTU avec une moyenne de 199 FTU. La diminution observée durant le mois du février s'explique par une dilution considérable de l'effluent d'entrée.

Concernant les eaux à la sortie de la STEP, les valeurs de la turbidité sont comprises entre 15 FTU et 49 FTU avec une moyenne de 32 FTU. Cette valeur montre que les rejets sont chargés en matières colloïdales et en suspension.

k) Matières insolubles décantables (MID)

La figure III.52 montre la variation moyenne de la concentration en (MID) à l'entrée et à la sortie de la STEP.

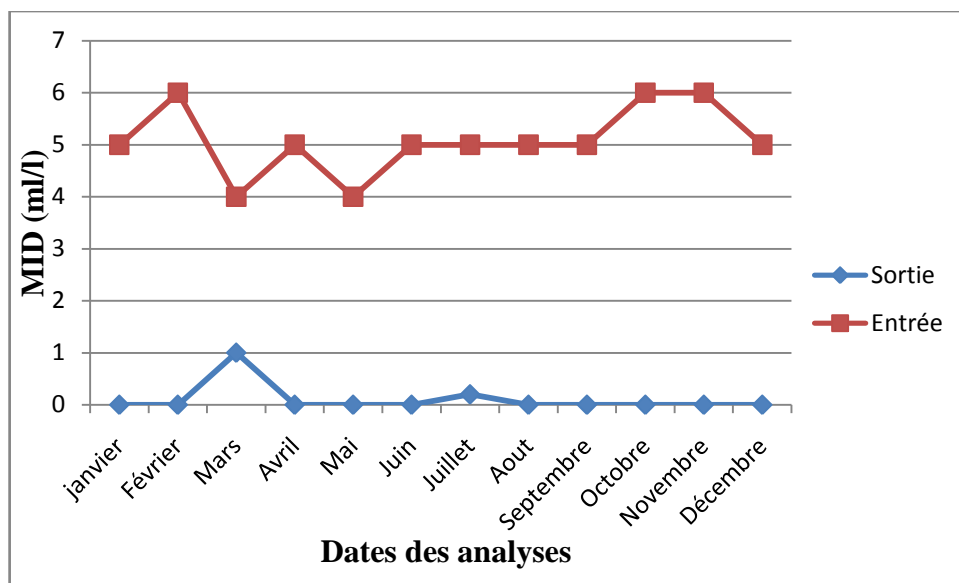


Figure III.52 : Variation moyenne des matières insolubles décantables (MID) à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2013)

Les valeurs enregistrées à l'entrée de la station montrent une variation instable en (MID), elle oscille entre 4 ml/l et 6 ml/l. Cette variation due aux changements dans la qualité des eaux brutes.

Concernant les eaux traitées, les valeurs varient entre 0,2 ml/l et 1 ml/l avec une moyenne de 0,6 ml/l. Cette valeur s'explique par une forte charge en matières insolubles dans l'eau.

Année 2014

L'évolution de la pollution des eaux usées est faite à partir de la détermination des paramètres suivants : MES, DBO₅, DCO, NH₄⁺, NO₂⁻, NO₃⁻, PO₄³⁻, MID, conductivité, turbidité, pH, température et O₂ dissous.

a) Matières en suspension (MES)

La figure III.53 présente la variation moyenne de la concentration en (MES) à l'entrée et à la sortie de la STEP.

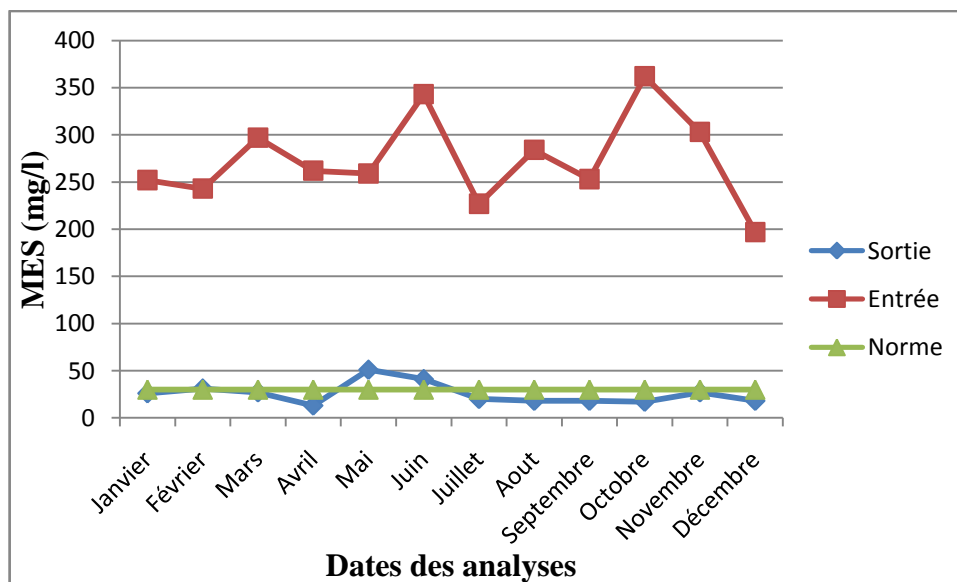


Figure III.53 : Variation moyenne de la concentration des matières en suspension (MES) à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2014)

Les résultats d'analyse indiquent que les teneurs en MES à l'entrée de la station d'épuration varient entre 197 mg/l et 362 mg/l avec une moyenne de 279,5 mg/l. Cette variation est due à une instabilité de la charge polluante en MES.

Concernant les eaux traitées à la sortie de la STEP, les valeurs sont comprises entre 13 mg/l et 51 mg/l avec une moyenne de 32 mg/l. Le rendement d'abattement des MES est de 91%.

b) Demande biologique en oxygène (DBO₅)

La figure III.54 montre la variation moyenne de la concentration en DBO₅ à l'entrée et à la sortie de la STEP.

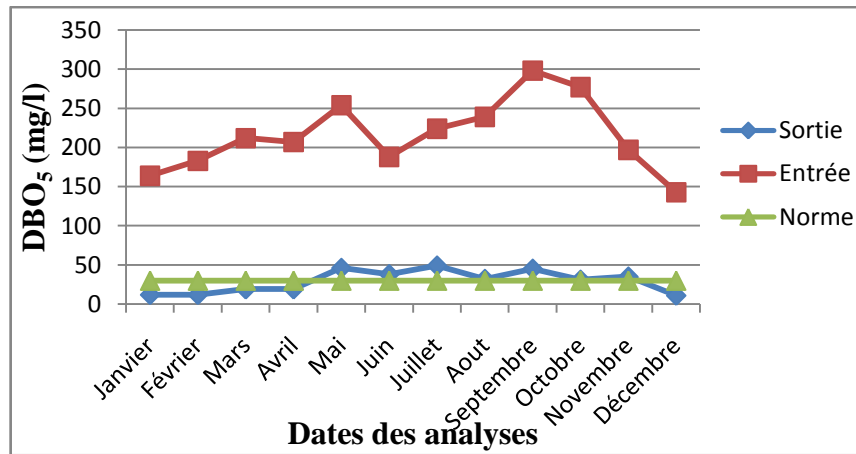


Figure III.54 : Variation moyenne de la demande biologique en oxygène (DBO₅) à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2014)

L'effluent à l'entrée de la STEP présente des concentrations en DBO₅ qui varient entre 143 mg/l et 298 mg/l avec une moyenne de 220,5 mg/l. Cette variation est due à une instabilité de la qualité des eaux brutes à l'entrée de la STEP et montre une teneur importante en matières organiques biodégradables.

Pour les eaux épurées, les teneurs en DBO₅ sont comprises entre 11 mg/l et 49 mg/l avec une moyenne de 30 mg/l. Cette valeur s'explique par la quantité d'O₂ utilisée pour la décomposition des matières organiques biodégradables.

Le rendement d'abattement de la DBO₅ excède 87%.

c) Demande chimique en oxygène (DCO)

La figure III.55 montre la variation moyenne de la concentration en DCO à l'entrée et à la sortie de la STEP.

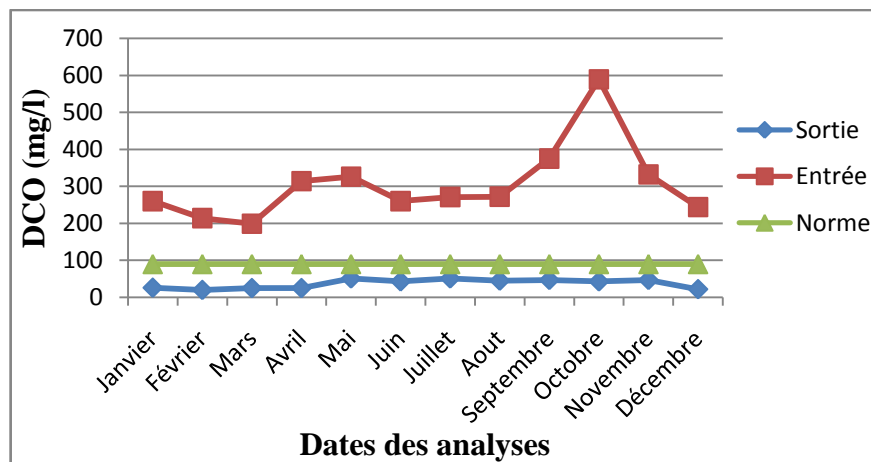


Figure III.55 : Variation moyenne de la demande chimique en oxygène (DCO) à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2014)

Les résultats d'analyses montrent que les teneurs en DCO à l'entrée de la STEP oscillent entre 199 mg/l et 589 mg/l avec une moyenne de 394 mg/l. Les faibles concentrations en DCO ont été enregistrées durant les mois de février et mars, mois pluvieux, où une dilution par les eaux de pluie a été constatée.

En revanche, les valeurs enregistrées à la sortie de la STEP varient entre 20 mg/l et 51 mg/l avec une moyenne de 35,5 mg/l qui est au-dessous de la norme fixée 90 mg/l.

Le rendement d'abattement de la DCO est de 88%.

d) Les matières azotées

➤ L'azote ammoniacal (NH_4^+)

La figure III.56 montre la variation moyenne de la teneur en (NH_4^+) à l'entrée et à la sortie de la STEP.

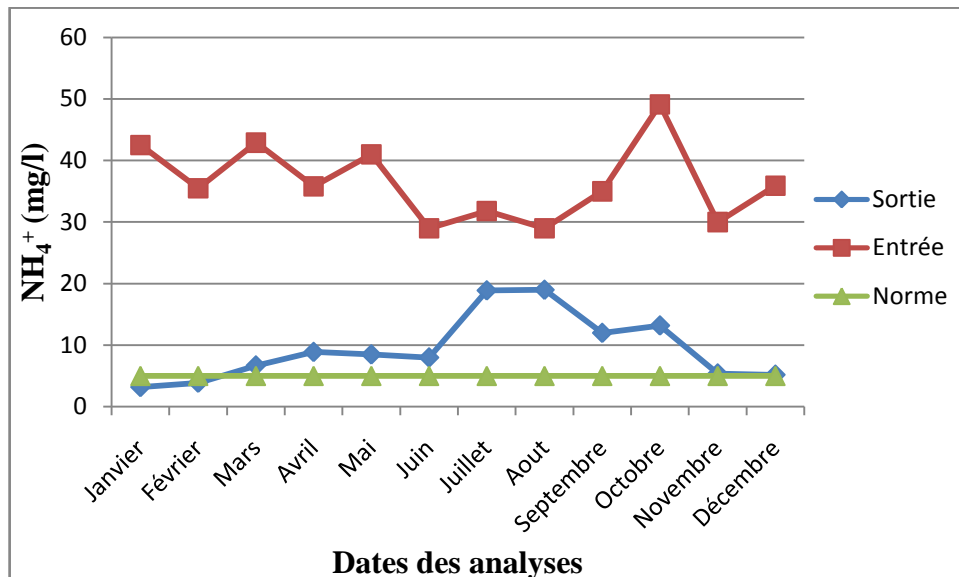


Figure III.56 : Variation moyenne de l'azote ammoniacal (NH_4^+) à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2014)

La présence d'ammoniaques en quantités importantes est l'indice d'une contamination par des rejets d'origine humaine ou industrielle. Les urines humaines ou animales contiennent en effet de grandes quantités d'urée qui se transforment rapidement en ammoniacale. Ce paramètre est souvent utilisé comme traceur des eaux usées domestiques.

Les valeurs de NH_4^+ à l'entrée de la STEP sont comprises entre 29 mg/l et 49,1 mg/l avec une moyenne de 39,1. Cette valeur due au changement saisonnier (période humide et sèche) qui influe sur la qualité des eaux usées.

Concernant les eaux à la sortie de la STEP, les teneurs en NH_4^+ varient entre 3,2 mg/l et 19 mg/l avec une moyenne de 11,1 mg/l. Cette valeur dépasse la norme de rejet fixée (5 mg/l), elle s'explique par une mauvaise nitrification de l'azote ammoniacal au niveau du bassin d'aération (insuffisance d'oxygène).

➤ **Nitrite (NO_2^-)**

La figure III.57 montre la variation moyenne de la concentration en (NO_2^-) à l'entrée et à la sortie de la STEP.

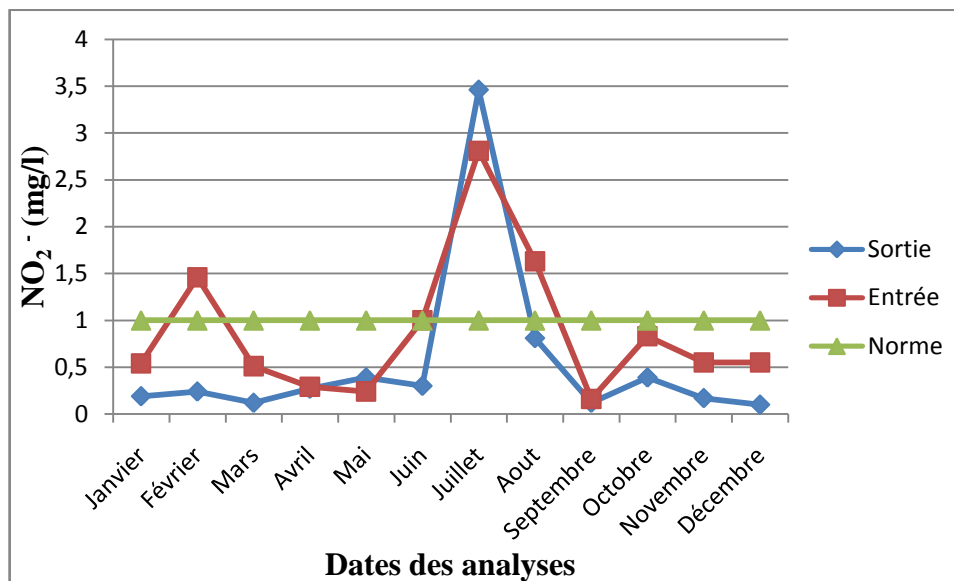


Figure III.57 : Variation moyenne des nitrites (NO_2^-) à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2014)

D'après la figure III.57, les teneurs en nitrites observées sont très variables au cours du temps. Cette variation est due à une instabilité de la qualité des eaux usées. Les teneurs en NO_2^- au niveau des eaux brutes varient entre 0,16 mg/l et 2,81 mg/l avec une moyenne de 1,5 mg/l.

À la sortie de la STEP, un pic de 3,46 mg/l a été enregistré durant le mois de juillet et probablement dû à un déséquilibre au niveau de l'oxygénation ou de la flore bactérienne.

La valeur moyenne de NO_2^- dépasse la norme de rejet fixée (1 mg/l), elle est de l'ordre de 1,8 mg/l.

➤ **Nitrate (NO_3^-)**

La figure III.58 présente la variation moyenne de la concentration en (NO_3^-) à l'entrée et à la sortie de la STEP.

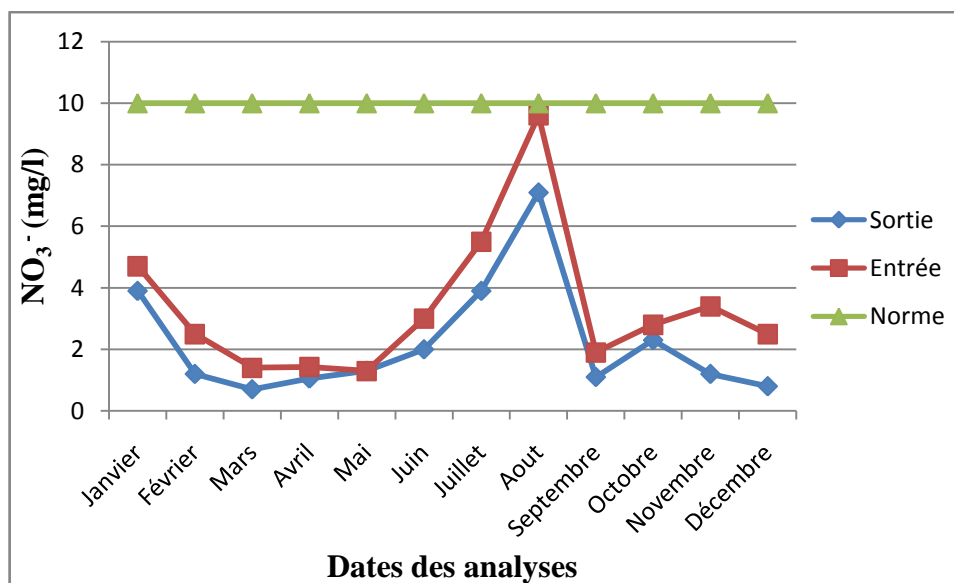


Figure III.58 : Variation moyenne des nitrates (NO_3^-) à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2014)

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote.

D'après la figure III.58, on remarque que les teneurs en nitrates dans les eaux brutes varient proportionnellement à celles dans les eaux traitées. Elles sont au-dessous de la norme de rejet fixée.

À l'entrée de la STEP, les valeurs de nitrates oscillent entre 1,3 mg/l et 9,6 mg/l, elles sont dues à la nature organique des eaux usées.

Pour les eaux épurées, les valeurs varient entre 0,7 mg/l et 7,1 mg/l avec une moyenne de 3,9 mg/l. Cette valeur montre que les eaux traitées ne sont pas chargées en nitrates.

e) Ortho phosphates (PO_4^{3-})

La figure III.59 présente la variation moyenne de la concentration en (PO_4^{3-}) à l'entrée et à la sortie de la STEP.

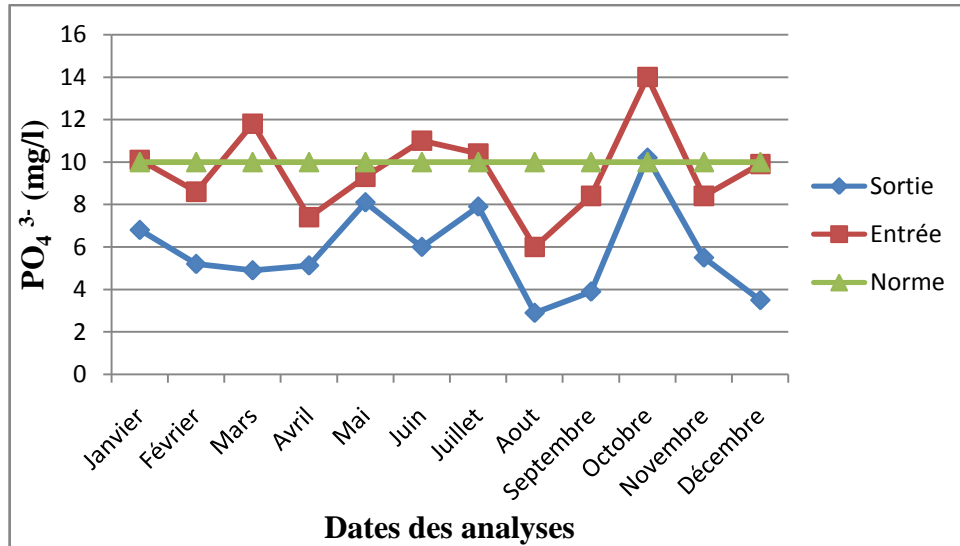


Figure III.59 : Variation moyenne du phosphore à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2014)

La figure III.59 montre une variation instable de la concentration en (PO_4^{3-}) qui est probablement due à une variation sur la qualité des eaux usées à l'entrée de la STEP. Les valeurs varient entre 6 mg/l et 14 mg/l.

À la sortie de la STEP, les teneurs en (PO_4^{3-}) sont comprises entre 2,9 mg/l et 10,2 mg/l avec une moyenne de 6,6 mg/l qui est au-dessous de la norme de rejet.

f) Température

La variation moyenne de la température de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP est indiquée sur la figure III.60.

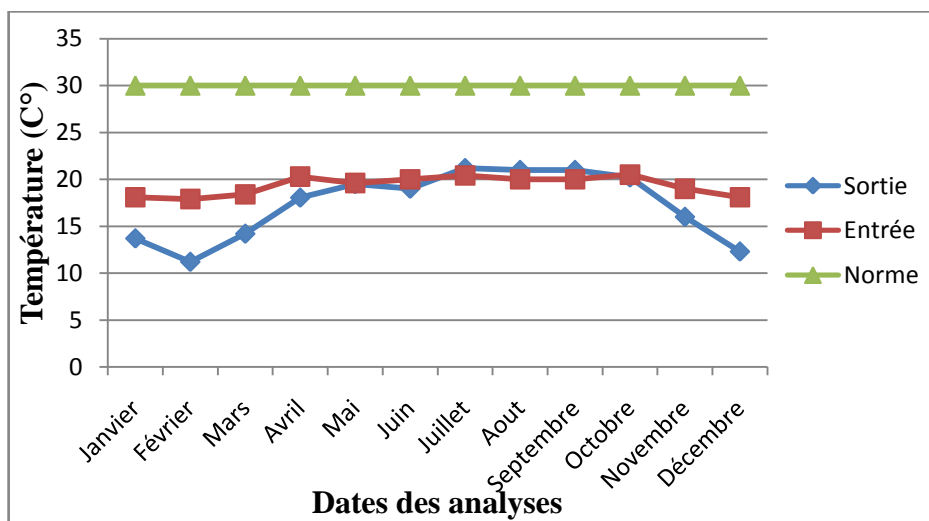


Figure III.60 : Variation moyenne de la température de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2014)

La variation de la température mesurée oscille entre de 17,9 C° et 20,5 C° pour les eaux brutes et entre 11,2 C° et 21,2 C° avec une moyenne de 16,2 C° pour les eaux traitées. Ces valeurs ne dépassent pas 30 C°. Elles sont conformes aux caractéristiques d'une eau usée urbaine et favorise la croissance des micro-organismes et permettant une bonne activité biologique.

g) pH

La figure III.61 indique la variation moyenne du pH de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP.

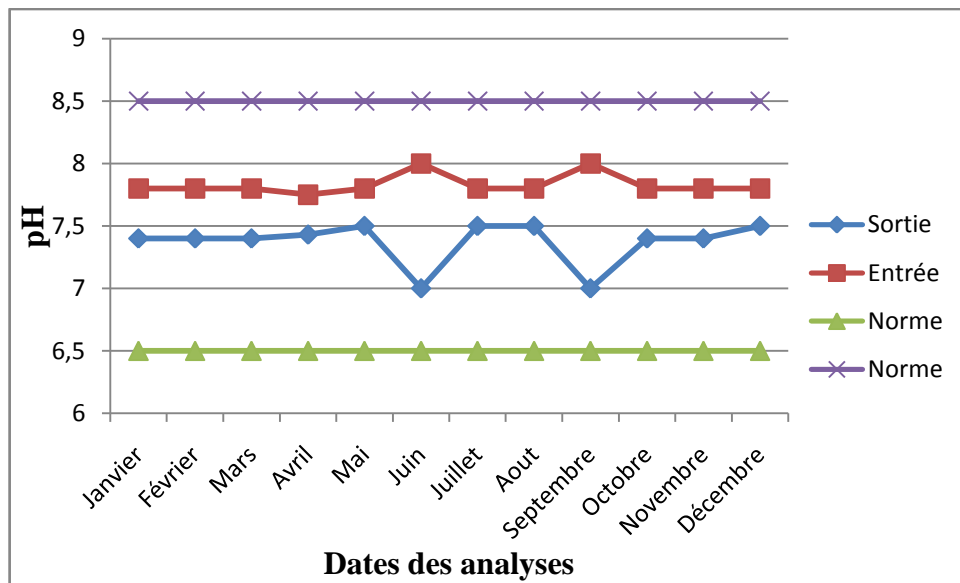


Figure III.61 : Variation moyenne du pH de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2014)

Les valeurs du pH mesurées sont comprises entre 7,8 et 8 avec une moyenne de 7,9. Ces valeurs s'inscrivent dans la fourchette des valeurs généralement observées pour les eaux usées urbaines à caractère ménager (6,5 –8,5).

Concernant les eaux à la sortie de la STEP, les valeurs du pH oscillent entre 7 et 7,5 avec une moyenne de 7,3. On peut constater que cette valeur se situe dans la bonne gamme d'activités microbiennes, qui favorise le traitement biologique.

h) Conductivité

La conductivité moyenne de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP est indiquée sur la figure III.62.

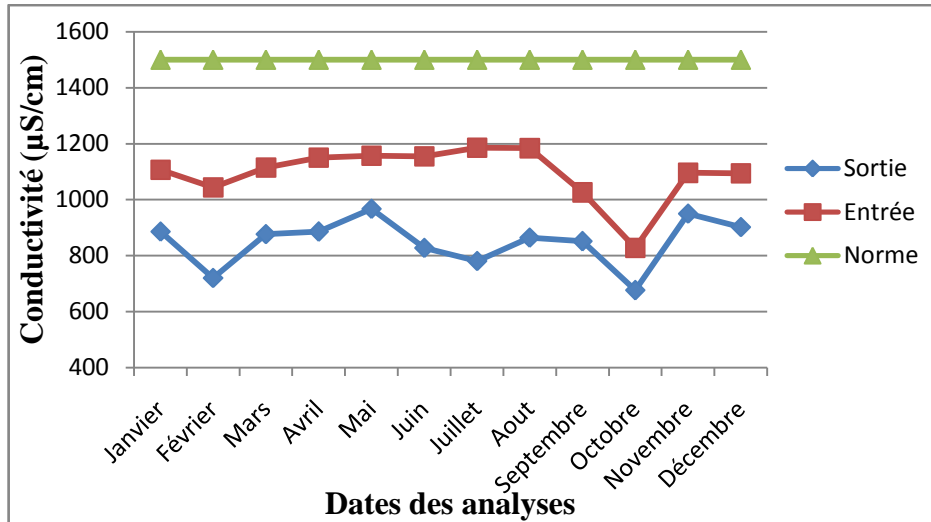


Figure III.62 : Variation moyenne de la conductivité de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2014)

À partir de la figure III.62, les valeurs de la conductivité électrique enregistrées au sein de la station d'épuration varient entre 828 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 1186 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour les eaux brutes et entre 676 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 967 $\mu\text{S}/\text{cm}$ avec une moyenne de 821,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour les eaux traitées.

i) O₂ dissous

La figure III.63 montre la variation moyenne de l'oxygène dissous à l'entrée et à la sortie de la STEP.

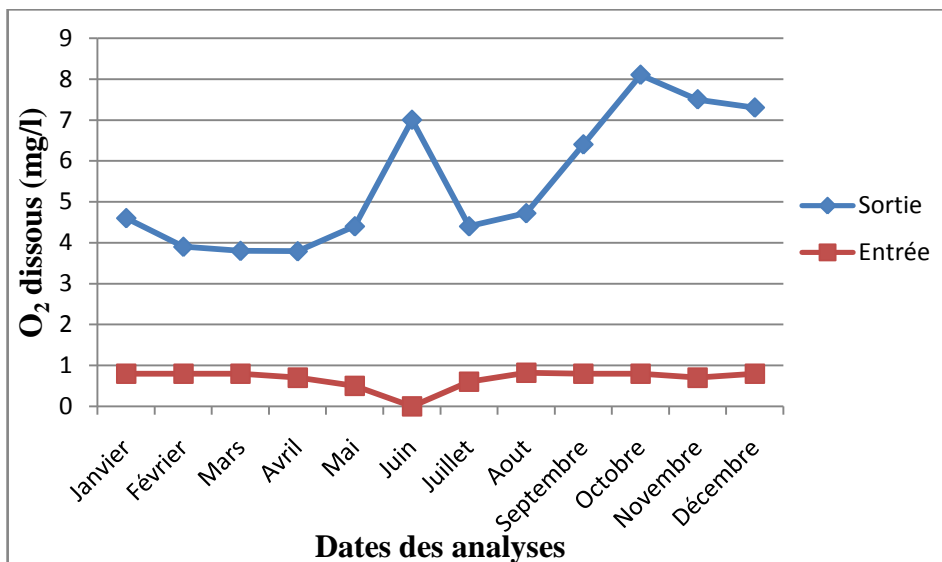


Figure III.63 : Variation moyenne de l'oxygène dissous à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2014)

La concentration en oxygène dissous est un paramètre essentiel pour le maintien de la vie, et donc dans le phénomène de dégradation de la matière organique et de la photosynthèse.

D'après la figure III.63, on remarque que la valeur maximale de l'O₂ dissous est 0,8 mg/l dans les eaux brutes. Cette faible teneur présente un signe de pollution, qui est probablement due à la grande présence des substances consommatrices d'oxygène.

À la sortie de la STEP, les teneurs en O₂ dissous sont nettement supérieures à celles de l'entrée, elles oscillent entre 3,8 mg/l et 8,1 mg/l avec une moyenne de 6 mg/l. Cette valeur est due à une bonne aération au niveau du bassin d'aération qui assure l'oxydation des matières organiques par les microorganismes aérobies.

j) Turbidité

La figure III.64 présente la variation moyenne de la turbidité de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP.

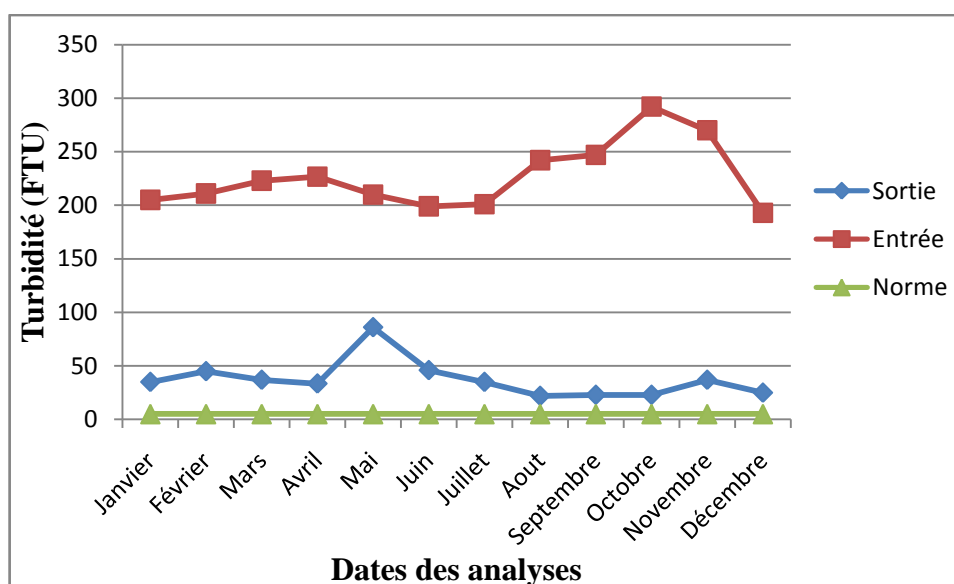


Figure III.64 : Variation moyenne de la turbidité de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2014)

Les résultats d'analyses obtenues montrent une fluctuation allant de 193 FTU et 292 FTU pour les eaux usées et de 22 FTU et 86 FTU pour les eaux traitées avec une moyenne de 54 FTU. Ce qui montre que les rejets sont chargés en matières colloïdales et en suspension.

k) Matières insolubles décantables (MID)

La figure III.65 montre la variation moyenne de la concentration en (MID) à l'entrée et à la sortie de la STEP.

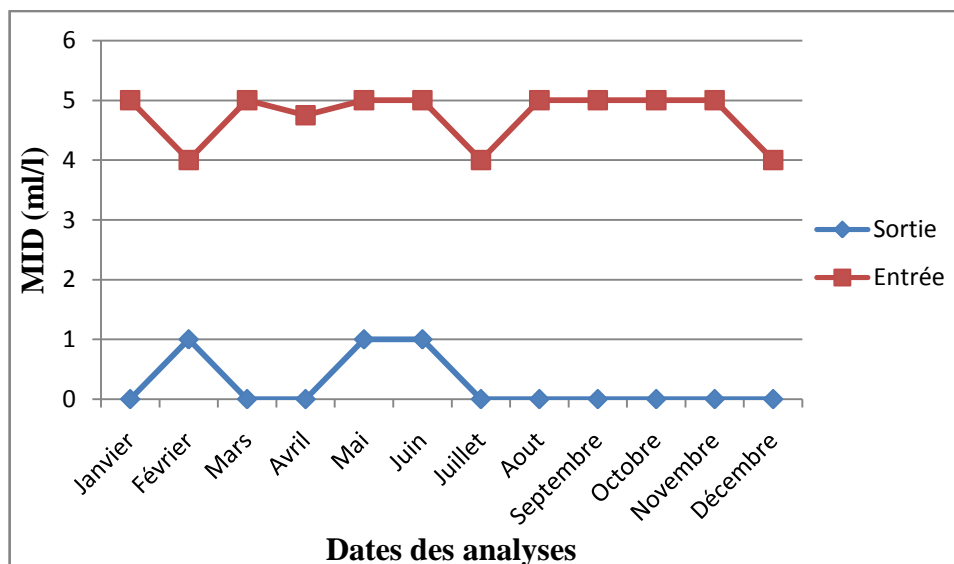


Figure III.65 : Variation moyenne des matières insolubles décantables à l'entrée et à la sortie de la STEP (janvier – décembre 2014)

L'analyse profile des (MID) (figure III.65), montre que les teneurs varient entre 4 ml/l et 5 ml/l pour les eaux usées et entre 0,2 ml/l et 1 ml/l pour les eaux épurées avec une moyenne de 0,6 ml/l. Cette valeur due à la variation de la qualité des eaux à l'entrée de la STEP durant les saisons et les mois de l'année.

III.3. Paramètres de fonctionnement du process

Le fonctionnement d'une STEP est basé sur plusieurs paramètres essentiels à savoir : la charge massique, la charge volumique, la concentration des boues dans le bassin d'aération, l'âge des boues et le temps de séjour comme s'est représenté dans le tableau III.1. Ce dernier donne quelques caractéristiques sur les paramètres de fonctionnement des systèmes à boues activées.

Tableau III.1: Paramètres de fonctionnement des systèmes à boues activées

Paramètre	Aération prolongée	Faible charge	Moyenne charge
C_m (kg DBO ₅ /kg MVS/j)	$C_m < 0.35$	$0.1 < C_m < 0.2$	$0.2 < C_m < 0.5$
C_v (kg DBO ₅ /m ³ /j)	$C_v < 0.35$	$0.35 < C_v < 0.5$	$0.5 < C_v < 2$
MVS (kg/m ³)	$4 < MVS < 6$	$3 < MVS < 4$	$3 < MVS < 4$
Age des boues (j)	$A > 15$	$10 > A > 8$	$10 > A > 2$
Temps de séjour des effluents (h) ¹	$T_s > 24$	$24 > T_s > 8$	$8 > T_s > 2$

Pour la STEP d'Ain El Houtz, les résultats trouvés sont présentés ci-après :

III.3.1 Charge massique

La charge massique représente le rapport de la pollution exprimée en kg DBO₅ appliquée par jour sur la masse de boues (exprimée en kg de MVS) contenues dans le bassin d'aération. Elle est donnée par la relation suivante:

$$C_m = \frac{[DBO_5] \cdot Q_j}{V_{BA} \cdot MVS} \quad (III.1)$$

Avec: C_m : charge massique (kg DBO₅ / kg MVS. j)

V_{BA} : volume du bassin d'aération (m³)

MVS: concentration en matière sèche (kg/m³)

Q_j : débit journalier d'eau usée à traitée (m³/j)

D'après la figure III.66, on déduit que la STEP d'AIN EL HOUTZ fonctionne correctement en faible charge ($C_m < 0,2$ kg DBO₅/kg MVS. j). Sauf un léger dépassement d'une valeur de (0,24 kg DBO₅/kg MVS. j) a été enregistré durant l'année 2009. Cette stabilité de la charge massique dans le temps est due à une bonne gestion de la concentration de boue dans le système et ceci par des extractions régulières.

III.3.2. Charge volumique

La charge volumique correspond à la quantité journalière de pollution (exprimée en kg DBO₅/j) à dégrader par volume V (m³) de bassin d'aération.

Elle est donnée par l'expression suivante :

$$C_v = \frac{[DBO_5] \cdot Q_j}{V_{BA}} \quad (III.2)$$

Avec : C_v est exprimée en kg DBO₅ / m³.j.

D'après la figure III.67, on remarque que la STEP fonctionne en faible charge (C_v < 0,5 kg DBO₅ / m³.j), avec un léger dépassement (0,59 kg DBO₅ / m³.j)

III.3.3. Temps de séjour de l'eau dans le bassin d'aération

Le temps de séjours correspond à la durée de rétention de l'eau dans le bassin d'aération. Il est calculé à partir de la formule suivante :

$$T_s = \frac{V}{Q_j} \quad (III.3)$$

Avec : T_s : temps de séjours de l'eau (h)

V : volume du bassin d'aération (m³)

Q_j : débit d'eau usée à traiter (m³/h)

En examinant les résultats indiqués sur la figure III.68, on remarque d'importants temps de séjour qui varie entre (20 – 60 h), ce qui montre que la STEP ne fonctionne plus en faible charge mais plus tôt en aération prolonger (T_s > 24). Ceci peut être dû au faite que la STEP reçoit de faibles débits d'eaux usées.

III.3.4. Age des boues

L'âge des boues est la durée d'aération subie par la boue avant son élimination. Il est définit comme étant le rapport entre la masse de boues présente dans le réacteur biologique sur la masse de boues extraite par jour.

Faute de données, cette partie n'a pas pu être traitée dans le cadre de ce travail. Ceci dit elle peut être développée dans des perspectives futures de recherche.

III.4. La biodégradabilité K

La biodégradabilité traduit l'aptitude d'un effluent à être décomposé ou oxydé par les microorganismes qui interviennent dans le processus d'épuration biologique des eaux [38].

Elle est exprimée par un coefficient K, tel que :

$$K = \text{DCO} / \text{DBO}_5 \quad (\text{III.1})$$

Si :

- ❖ $1 < K < 1.5$: l'effluent est biodégradable
- ❖ $1,5 < K < 2.5$: l'effluent est moyennement biodégradable
- ❖ $K > 2,5$: l'effluent n'est pas biodégradable.

Un coefficient K très élevé traduit la présence dans l'eau d'éléments inhibiteurs de la croissance bactérienne tels que les détergents et les hydrocarbures [39].

Le rapport de DCO/DBO₅ détermine le choix du traitement à adopter, si l'effluent est biodégradable on applique un traitement biologique, dans le cas contraire on applique un traitement physico-chimique. La possibilité d'un traitement mixte peut être envisagée [30].

Dans notre cas, les valeurs de DBO₅ et de DCO ainsi que le rapport DCO/DBO₅ sont données au tableau III.1 :

Tableau III.2 : *Variation interannuelle du coefficient de biodégradabilité (Rapport DCO/DBO₅) durant l'année 2009 au 2014*

Paramètres	Valeurs moyenne annuelle					
	Année 2009	Année 2010	Année 2011	Année 2012	Année 2013	Année 2014
DCO (mg/l)	686,19	532,89	600,08	623,06	352,25	304,67
DBO ₅ (mg/l)	387,23	302,7	272,25	232,81	212,17	215,5
DCO/DBO ₅	1,8	1,8	2,2	2,7	1,7	1,4

Le tableau III.2 fait ressortir que durant l'année 2009, 2010, 2011 et 2013, les valeurs du coefficient (K) oscillent dans une gamme supérieure à 1,5, ce qui montre que nous sommes en présence d'une eau usée urbaine chargée en matières organiques moyennement biodégradables qui est probablement due à un mélange d'effluents

industriels, par contre durant l'année 2012 le coefficient de biodégradabilité est dépassé 2,5, ce qui implique à la présence d'une eau non biodégradable.

Concernant l'année 2014, la valeur du rapport (DCO/DBO5) est inférieure à 1,5 ce qui montre que les eaux à l'entrée de la station d'épuration présentent des caractéristiques d'une eau domestique biodégradable.

Toutefois la forte concentration en DCO est liée à la l'absence de phénomène de dilution.

III.5. Conclusion

D'après les analyses obtenues durant les six ans d'exploitation de la STEP d'Ain El Houtz présentent la variation de la concentration des paramètres de pollution au niveau des eaux brutes à l'entrée et des eaux traitées à la sortie de la STEP, les eaux usées sont moyennement minéralisées et biodégradables. Ainsi que, les rejets sont de nature domestique et présentent un pH dans les normes. Elles sont riches en azote et en phosphore avec la présence d'une forte concentration en NH_4^+ et faible teneur en nitrites et nitrates présentes dans l'eau.

Le fonctionnement de la STEP est marqué par des dysfonctionnements de plusieurs ordres (physico chimiques, biologique, ..).

Le chapitre IV va mettre le point sur les principaux dysfonctionnements, ces derniers seront analysés dans le cadre de l'AMDEC.

Il faut signaler que l'analyse des différents paramètres a été faite année par année pour dégager s'il y a lieu la périodicité des dysfonctionnements.

Chapitre IV : Analyse des défaillances de la STEP d'AIN EL HOUTZ

IV.1. Introduction

Pour contrôler l'état de la station d'AIN EL HOUTZ et suivre son fonctionnement dans l'épuration des eaux usées, les principaux dysfonctionnements rencontrés seront analysés dans ce chapitre, à partir de la comparaison des analyses de l'eau épurée avec les normes en vigueur. Quand ces dernières sont dépassées et liées à la non-conformité des normes de rejet, les dysfonctionnements seront alors analysés en se basant sur l'AMDEC qui analyse les modes de défaillance, trouve leurs causes, leurs effets et cherche des solutions optimales pour résoudre les problèmes et définir leur criticité.

IV.2. Principaux dysfonctionnements observés dans la station d'épuration d'AIN EL HOUTZ

Les paramètres sur lesquelles on s'est basés pour l'étude du dysfonctionnement de la STEP d'AIN EL HOUTZ sont : matières en suspension (MES), demande biologique en oxygène (DBO₅), demande chimique en oxygène (DCO), température, pH, O₂ dissous, par contre pour les autres paramètres : azote ammoniacale (NH₄⁺), nitrite (NO₂⁻), nitrate (NO₃⁻), orthophosphates (PO₄³⁻), phosphore total (Pt), conductivité, turbidité, matières insolubles décantables (MID) leurs interprétations seront moins détaillées que les précédentes et les paramètres du processus.

IV.2.1. Matières en suspension

L'analyse des MES a été faite sur une série d'analyse de six ans (2009 – 2014), les résultats d'analyse sont représentés dans la figure IV.1.

On remarque que au cours des années étudiés, aucun dépassement n'a été signalé, d'où l'efficacité du traitement durant cette période.

On signale un dépassement enregistré à la fin de l'année 2012, ce dernier représenté (13,17%)¹

¹ $((33,95 - 30 / 30) * 100) = 13,17 \%$.

Les dysfonctionnements concernant les MES sont donnés dans le tableau IV.1, où chaque défaillance est donnée en ses causes ainsi que les principales corrections possibles.

Aussi, pour chaque défaillance, un degré de gravité est attribué pour montrer l'importance de la défaillance vis-à-vis du fonctionnement de la station d'épuration.

Les degrés de gravité donnée dans le tableau de l'AMDEC sont :

- ❖ (1) : Défaillance mineure
- ❖ (2) : Défaillance majeure
- ❖ (3) : Défaillance critiques
- ❖ (4) : Défaillance catastrophique

Tableau IV.1 : Analyse des dysfonctionnements observés avec leurs causes et quelques solutions spécifiques proposées pour les MES dans le cadre de l'AMDEC

dysfonctionnement	Cause	Solution	Degré de gravité
- Colmatage entre les barreaux - Présence d'une grande quantité de dépôts accumulés et filasses	-Eau trop chargée -Nature des déchets mélangés avec l'eau brute -Taille des déchets -Vitesse de passage de l'effluent très lente - Mauvais nettoyage des grilles	-Nettoyé et maintenu en bonnes conditions de fonctionnement en particulier en période hivernale où le gel. -Nettoyage continu. -Mettre un appareil signalé en cas la présence d'un colmatage. -Mesurer la vitesse de passage	3
- Corrosion	-Nature des produits rejetés et les éléments présents dans l'eau -Présence de Fer -Nature des matériaux qui rentre dans la fabrication de l'ouvrage	-Mettre des produits de protection (peinture...)	2
- Panne au niveau du peigne	-Pièce cassé à l'intérieur -Présence d'un élément bloqué -Colmatage -Mal fonctionnement	-Réglage automatique et rapide	3
-Casse des grilles	- Vitesse de passage d'effluent très élevé	- Mettre des détecteurs pour contrôler et mesurer le débit et la vitesse de passage à l'entrée	4

<p>-Problème au niveau des pompes souffleuse d'air</p>	<p>-Colmatage -Fuite des sables à l'intérieur</p>	<p>-Nettoyage périodique des pompes. -présence des pièces d'échange de chaque type de pompe en cas de panne.</p>	<p>2</p>
<p>-Dépôts au fond et accumulation de matière sableuse</p>	<p>-Longe période de l'effluent dans le bassin -Problème au niveau du racleur de fond</p>	<p>-Bonne récupération du sable -Nettoyage continu - Les équipements en place doivent permettre une évacuation quotidienne des dépôts. - Concevoir un dispositif de récupération des refus efficace et facile (canaux restant à sec en l'absence de passage d'effluents). - Extraction journalière (si opération manuelle) des sables et dépôts de fond d'ouvrage - Vidanger l'ouvrage en cas de non utilisation</p>	<p>2</p>
<p>-Présence des particules sable à la sortie</p>	<p>-Temps insuffisant pour la sédimentation -N'est pas respecter le temps nécessaire pour que l'effluent soit débarrasser des sables -Eau trop chargé</p>	<p>-Respecter la vitesse des particules et limiter le temps de séjour de décantation</p>	<p>2</p>
<p>Surcharge de débit au niveau de l'ouvrage</p>	<p>-Absence de suivi et contrôle et mesure continu</p>	<p>-l'emplacement des détecteurs et des appareils de débit à l'entrée de l'ouvrage et mesurer le temps.</p>	<p>3</p>
<p>-Arrêt total de fonctionnement du procédé</p>	<p>-Mal gestion -Erreurs de prélèvement qui faut les analyses de l'eau dans le laboratoire -absence de suivi continu et contrôle</p>	<p>-Bonne gestion et organisation -Faire un modèle d'automatisation et de télégestion pour régler les problèmes de manière très rapide et mesurable du degré de panne.</p>	<p>4</p>

		-Contrôle et maintenance des organes	
{-Efficacité du dégraisseur limité dans le captage des graisses colloïdales	{-Température élevée de l'effluent	{-Enrichir l'effluent par des produits qui peuvent abaisser le degré de température. -Provoque une circulation intérieure de l'effluent à l'aide des turbines pour régler la température de l'eau et facilite l'élimination des graisses. Élimination systématique des flottants.	3
{- Problème au niveau du racleur de surface -Forte quantité des graisses et huiles et mauvaise récupération	{- Qualité de l'eau brute - Mal dimensionnement -Temps n'est pas contrôlé	{- Contrôle continu de la charge flottante - Présence des détecteurs automatiques signalés en cas des fuites ou en panne des pompes profondes ou au niveau du racleur	3
{- Fuites de boues	{- Surcharge hydraulique	{- Diminuer le volume traité	2
{- Boues faiblement agglomérées - Teneur en MES à la sortie anormalement élevée	{- Croissance dispersée des bactéries - Surcharge organique très importante : traitement en forte charge massique	{- Découvrir la source de surcharge - Augmenter l'aération en cas de surcharges temporaire (variations saisonnières). Prévoir une augmentation de la capacité d'aération - Ajouter, en dernier recours, un agent flocculant pour améliorer la décantabilité - Augmenter la fréquence d'extraction des boues afin de diminuer l'âge des boues	2
- Augmentation de l'indice de Mohlmann	-Augmentation de la concentration en boues dans le bassin d'aération	- Procéder à l'extraction des boues pour obtenir des boues plus	

<p>- Départ de boues (avec un aspect des boues inchangé)</p>	<p>: réaction à un à-coup hydraulique ou à une surcharge temporaire</p>	<p>jeunes, plus décantables</p>	<p>3</p>
<p>-Eau très chargé en matières colloïdales</p> <p>-Mal oxygénation au niveau du B.A</p> <p>-Mauvais réglage des aérateurs</p>	<p>-Dégradation de l'aération</p> <p>- Des risques de sous-aération</p> <p>-Augmentation excessive de boues pouvant contribuer à un nouveau regain du foisonnement lié aux carences nutritionnelles.</p> <p>- Des surconsommations électriques</p> <p>-Défaillance d'une turbine sur deux sur une file</p>	<p>- Augmenter le nombre de bactéries</p> <p>- Construire des goulottes de récupération pour évacuer le surplus en cas de forte charge des matières organique</p> <p>- Minimiser le débit à l'entrée du B.A</p> <p>-Vérifier toutes les installations électriques</p> <p>-Mettre de boites automatisées capteurs en cas de problème</p>	<p>2</p> <p>3</p>
<p>- Remontées de boues en surface du clarificateur</p>	<p>-Période anoxique trop courte dans le bassin d'aération.</p> <p>- Dénitrification au fond du clarificateur : libération de microbulles d'azote et entraînement des boues en surface</p>	<p>- Diminuer l'aération dans le bassin d'aération (temps d'anoxie plus important et inhibition partielle de la nitrification)</p>	<p>3</p>
	<p>- Effluents septiques : présence d'hydrogène sulfuré.</p> <p>- Explosion de la croissance bactérienne assimilatrice du soufre entraînant un foisonnement filamenteux</p> <p>-Développement de boues floconneuses qui s'opposent à la</p>	<p>- Rechercher la raison de la septicité des effluents (retour en tête des égouttures du silo de stockage des boues, brassage du bassin d'aération et accumulation de dépôts, temps de séjour excessif dans le clarificateur ou dans les réseaux, décantation dans les</p>	<p>3</p>

<p>- Augmentation de l'indice de Mohlmann. - Difficulté à la décantation. - Aspect floconneux des boues (légèreté et grande surface de frottement) et foisonnement filamenteux (explosion de la croissance bactérienne assimilatrice du soufre.) - Odeur d'œufs pourris possible (bulking)</p>	<p>décantation (légèreté et grande surface de frottement) - Défaut de brassage du bassin d'aération</p> <p>- Surcharge organique avec carence en aération (rinçage de réseau)</p>	<p>réseaux) - Dissocier les fonctions épaissement et stockage des boues - Interdire le retour dans la chaîne de traitement des eaux, des égouttures issues du silo de stockage des boues - Vérifier l'état du racleur de fond du clarificateur. - Assurer un brassage correct du bassin d'aération - Lutter contre les émissions d'hydrogène sulfuré dans le réseau d'assainissement (installation de potes d'oxydation, injection d'air ou d'eau, poste de relèvement immergé de sulfate de fer, tours d'oxydation)</p> <p>- Augmenter considérablement l'aération et procéder à une extraction plus régulière des boues - User si nécessaire d'eau de javel à raison de quelques grammes par mètre cube. La dose létale des cultures filamenteuses est inférieure aux bactéries utiles à l'épuration. Cette application entraîne un risque de destruction totale de la microflore et de production de composés toxiques (chloramines)</p>	<p style="text-align: center;">3</p>
--	---	---	---

<ul style="list-style-type: none"> - Bonne épuration. avec une mauvaise décantation et une sortie claire. - Présence de filaments. - Pas de présence notable d'hydrogène sulfuré 	<ul style="list-style-type: none"> - Raccordement d'industriels ou d'artisans. - Effluent à pH anormalement bas (<0,6) - Développement de mycélium (champignons et moisissures) 	<ul style="list-style-type: none"> - Rechercher la source acide - Neutraliser les effluents - Augmenter l'aération - Augmenter la fréquence d'extraction des boues 	<p>3</p>
<ul style="list-style-type: none"> -Présence de boues dans le bassin de chloration 	<ul style="list-style-type: none"> -Fuite au niveau de décanteur - Des situations de limite hydraulique du clarificateur et un engorgement de celui-ci 	<ul style="list-style-type: none"> -Vérifier les conduites de récupération de boues -Analyse continu de l'eau à la sortie 	<p>3</p>
<ul style="list-style-type: none"> -Accumulation des boues dans le décanteur -Perte l'efficacité du décanteur 	<ul style="list-style-type: none"> -Extraction des boues fraîches -Perte d'un ensemble de vannes-pompes 	<ul style="list-style-type: none"> -Vérifier le racleur du fond -Contrôler la qualité de l'eau en boues à la sortie du décanteur 	<p>4</p>

IV.2.2. Demande biologique en oxygène (DBO₅)

La figure IV.2 montre les analyses effectuées pour la DBO₅ au cour de la période (2009 – 20014) , on remarque des fluctuations instables des concentrations en DBO₅ qui sont supérieures à la norme en vigueur dans les eaux épurées, avec un dépassement minimal de 16,67% et un dépassement maximal qui a atteint le 176,67%. (Voire la figure IV.2)

Par contre, durant les deux années 2010 et 2013, toutes les teneurs en DBO₅ restent au-dessous de la norme de rejet (aucun dépassement enregistré).

Les principaux dysfonctionnements sont ainsi analysés dans le tableau IV.2.

IV.2.3. Demande chimique en oxygène (DCO)

D'après la figure IV.3, toutes les concentrations en DCO varient dans une gamme inférieure à la norme de rejet fixée (90 mg/l) pendant la série de données 2009 - 2014, ce qui s'explique par une bonne dégradation des matières oxydables présentes dans l'eau et bonne oxygénation harmonie avec le milieu bactérien.

IV.2.4. Biodégradabilité de l'eau

La figure IV.4 présente une variation instable de la biodégradabilité de l'eau à l'entrée de la station d'épuration d'AIN EL HOUTZ durant toute la série des années étudiées (2009 à 2014).

À la fin de l'année 2009 et début de 2010 et 2011 et durant toute la période de l'année 2012, on enregistre quelques pics dépassant la norme fixée, ce qui implique que l'effluent à l'entrée de la STEP est non biodégradable ($K > 2,5$) et traduit la présence d'éléments inhibiteurs de la croissance bactérienne tels que les détergents et les hydrocarbures.

Parmi ces dépassements, une valeur minimale de 2,65 a été enregistré durant le mois de mars de l'année 2011 ainsi qu'une autre valeur maximale de 6,77 durant le mois de mars l'année 2012.

Pratiquement à la fin de l'année 2012 et durant les deux années 2013 et 2014, l'effluent varie entre nature biodégradable et moyennement biodégradable ce qui facilite sa décomposition ou oxydation par les microorganismes qui interviennent dans le processus d'épuration biologique des eaux.

IV.2.5. Relation entre la demande biologique en oxygène (DBO₅) et demande chimique en oxygène (DCO) à la sortie de la STEP

D'après la figure IV.5, on remarque trois dépassements en teneur de la DBO₅ par rapport au DCO dans les eaux épurées.

Trois dépassements enregistrés, le premier avec une valeur maximale de 83 mg/l (Août 2011) et le second avec une valeur minimale de 55 mg/l (Mars 2011) et le dernier avec une valeur de 50,9 mg/l (Janvier 2012). (Voire la figure IV.5)

L'analyse des différents dysfonctionnements est donnée dans le tableau IV.2. Cette analyse est développée dans le cadre de l'AMDEC.

Tableau IV.2 : Principaux dysfonctionnements observés avec leurs causes et quelques solutions spécifiques proposées (cas englobe la chaîne commune de la variation de DBO5 et DCO)

dysfonctionnement	Cause	Solution	Degré de gravité
-Mauvaise épuration	<ul style="list-style-type: none"> -Cycles épuratoires trop courts -Insuffisance de boues -Surcharge organique -Cycle d'aération insuffisant 	<ul style="list-style-type: none"> - Diminuer le nombre de cycles quotidiens - Augmenter la teneur en boues -Augmenter le temps d'aération 	3
<ul style="list-style-type: none"> - Développement de mousses d'aspect visqueux en surface des bassins - Mauvaise décantation. 	<ul style="list-style-type: none"> - Carence notable en azote. Effluent non strictement urbain : raccordement d'industriels ou d'artisans 	<ul style="list-style-type: none"> - Découvrir la source de déséquilibre - Rétablir l'équilibre DBO5/N/P par ajout d'urée 	3
<ul style="list-style-type: none"> - Présence de mousses légères protéique en surface des bassins 	<ul style="list-style-type: none"> - Présence de tensioactifs dans les effluents reçus (détergents) ou effluent protéique. - Raccordement probable d'industriels (laiterie) ou d'artisans - Boues trop jeunes - Extraction trop importante et trop brutale 	<ul style="list-style-type: none"> - Rechercher et traiter la source d'apport de tensioactifs ou d'effluent protéique - Diminuer les volumes d'extraction des boues 	3
<ul style="list-style-type: none"> - Départ de boues sans changement d'aspect - Augmentation de l'indice de Mohlmann 	<ul style="list-style-type: none"> - Augmentation de la concentration en boues dans le bassin d'aération : réaction à un à-coup hydraulique ou à une surcharge temporaire 	<ul style="list-style-type: none"> - Augmenter la recirculation des boues pour stopper l'évolution du voile de boues dans le clarificateur - Procéder à l'extraction des boues pour obtenir des boues plus jeunes, plus décantables 	3

- Fuites de boues	- Surcharge hydraulique	- Diminuer le volume traité	2
-Nitrification faible	<ul style="list-style-type: none"> - Age des boues trop faible : extraction trop importante - Age des boues correct : aération trop faible 	<ul style="list-style-type: none"> - Diminuer l'extraction des boues - Augmenter l'aération - Vérifier l'absence de toxiques, le pH et la température de l'effluent 	3
- Dénitrification faible	<ul style="list-style-type: none"> - Temps d'anoxie trop court dans les bassins - Recirculation trop faible de la liqueur mixte (filière anoxie en tête) - Rapport DBO5/N trop faible 	<ul style="list-style-type: none"> - Diminuer l'oxygénation du bassin d'aération - Augmenter la recirculation de la liqueur mixte - Découvrir la source de déséquilibre. Agir à la source 	3
-Septicité qui génère des acides gras volatils	<ul style="list-style-type: none"> -Les retours de silo de stockage des boues en excès -Les séjours prolongés de boue en fond d'épaississeur (supérieurs à deux jours) -Les retours de flottants âgés issus du clarificateur ou du poste de dégazage -Les eaux issues d'ouvrages de prétraitement surdimensionnés ou sous-chargés ou mal exploités (ex : extraction insuffisante des sous-produits de prétraitements) 	<ul style="list-style-type: none"> -Précipitation : uniquement sur le soufre réduit ce qui occasionne une coloration noirâtre de l'effluent (sulfure de fer) -L'oxydation (aération, oxydants chimiques) -La mise sous pression du réseau afin de limiter le temps de séjour des eaux 	2
	<ul style="list-style-type: none"> -Milieu défavorable pour le développement des bactéries -Augmentation des matières volatiles sèches 	<ul style="list-style-type: none"> -Bonne oxygénation -milieu favorable pour les bactéries 	

<p>-Présence de mousses</p> <p>-Mauvaise dégradation de la charge polluante</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Concentration en oxygène dissous n'est pas suffisante pour la dégradation des M.O (mauvais aération) -Problème au niveau des aérateurs d'O₂ -Recirculation des boues en continu et pas mesurables par rapport au besoin dans les B.A -Température de l'eau très élevé -Age des boues -variation de la charge massique -Détecteur d'oxygène est mal étalonner -Variation du pH -Présence des éléments inhibiteurs 	<ul style="list-style-type: none"> -Met des appareil et détecteurs pour préciser la quantité d'O₂ -Contrôler le débit à l'entrée du B.A et mesurer la quantité de la charge organique - analyse périodique de l'eau et de boues -Analyse biologique périodique -Injecte des flocculant Pour améliorer l'épuration biologique bactérienne dans l'eau 	<p>3</p>
<p>-Forte charge de boues dans le B.A</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Recirculation des boues de l'épaissiseur vers le B.A -Problème au niveau des vis de recirculation des boues vers l'épaissiseur se qui oblige de retourner vers le B.A ou le clarificateur -Bouchage des pompes 	<ul style="list-style-type: none"> -Mesurer la quantité de boues circulées dans le B.A -Nettoyage périodique des canalisations de transport 	<p>3</p>
	<ul style="list-style-type: none"> -Substrat riche en hydrate de carbone -Déséquilibres en nutritionnels (N) -Carence nutritionnelles 	<ul style="list-style-type: none"> -Complémentation en nutriments -Suroxydation des boues -Extension de la 	

<p>-Mauvais épuration Au niveau du B.A</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Variation de charges -Carence en O2 et substrat facilement assimilable -Carence nutritionnelles Peu marquée (*Temps d'anoxie trop long, flottants, retour septique, dépôts *Effluent dilué Faible carence en nutriments (N et P) et en O2 *Carence légère en nutriments) -Age de boue, flottants persistants et riche en acides gras (flottants sur les ouvrages) -Sous-charge de l'installation -La mort des bactéries 	<p>station</p> <p>-Création d'une zone de contact avant le bassin d'aération</p>	<p style="text-align: center;">4</p>
--	---	--	---

IV.2.6. Rapport des MES par DBO₅

La figure IV.6 représente la variation interannuelle sur la production de boue apportée par les matières en suspension (MES) à l'entrée de la STEP.

Cette variation est représentée par le rapport MES/DBO₅ qui situe dans un intervalle de 0,8 à 1,2. Ce rapport donne une information sur la production de boue, fraction naturelle apportée par les MES déjà présente dans l'eau brute [40].

D'après la figure, on remarque une variation instable sur la production de boue durant toute la série de six ans, et pratiquement dépasse les 1,2 se qui s'explique par la présence des grandes quantités en MES dans l'eau usée. On enregistre un pic de 3,19 durant l'année 2012.

IV.2.7. Relation entre les matières en suspension (MES), demande biologique en oxygène (DBO₅) et demande chimique en oxygène (DCO) à la sortie de la STEP

À partir de la figure IV.7, on remarque trois pics des teneurs en MES par rapport à celles de DBO₅ et DCO à la sortie de la STEP (eau épurée).

Durant mars de l'année 2013 : MES = 43 mg/l, DBO₅ = 14 mg/l, DCO = 17 mg/l.

Durant aout de l'année 2013 : MES = 31 mg/l, DBO₅ = 7 mg/l, DCO = 29 mg/l.

Durant février de l'année 2014 : MES = 31 mg/l, DBO₅ = 12 mg/l, DCO = 20 mg/l.

Ces dépassements peuvent être dus à un problème au niveau du prétraitement, décantation, ou au traitement biologique au niveau du bassin d'aération, ou bien au niveau du bassin de chloration (par les produits désinfectants utilisés).

- Si le problème est biologique, on parle de foisonnement (bulking) lorsque l'indice de boue est supérieur à 200 ml/g de MES [41].

Le tableau IV.3 donne les principales causes, les solutions proposées ainsi que l'indice de gravité.

Tableau IV.3 : représente le phénomène de foisonnement

	Causes	Solutions	Gravité
Foisonnement	<ul style="list-style-type: none"> -La nature de la pollution à traiter (composition de l'eau résiduaire, évolution dans le temps, carences ou déséquilibres nutritionnels). -La septicité des eaux résiduaires. -Les conditions d'aération. -Les conditions de mélange. -Les séjours prolongés des boues en fond de clarificateur. -Le mode d'écoulement des eaux à traiter. -Une détérioration de la qualité du rejet en cas de perte de boue épisodique ou chronique -un floc légèrement floconneux avec un volume décanté important lors du test de décantation, qui rend impératif la dilution des échantillons de boue 	<ul style="list-style-type: none"> -Identification des filaments, intensité du phénomène : suivi de l'indice de boue,... -Gestion de l'aération et des boues, conditions de brassage, composition des eaux à traiter 	3

IV.2.8. pH

Pratiquement toutes les valeurs du pH varient dans la fourchette (6,5 – 8,5) (figure IV.8), juste un pic à été enregistré durant le mois du juin de l'année 2012, il atteint une valeur de 6 (dépassa la norme fixée et tend vers l'acidité de l'eau).

Ce dépassement peut être dû au :

- ✚ Mal étalonnage de l'appareil de mesure
- ✚ Erreur de lecture
- ✚ Problème au niveau de l'appareil
- ✚ Mauvaise manipulation

IV.2.9. Température

D'après la figure IV.9, on remarque que la variation de la température de l'eau est située dans la norme fixée (30 C°).

La température de l'effluent est un facteur sensible qui à des répercussions diverses sur le traitement et génère des dysfonctionnements variés.

IV.2.10. Oxygène dissous

À partir de la figure IV.10, deux pics ont été enregistrés au niveau des eaux à la sortie de la STEP.

Une forte diminution de l'oxygène dissous montre que toute sa quantité est utilisée par les bactéries dans le cycle de dégradation de la matière organique.

Par rapport à la chaîne de variation en O₂ dissous, une diminution remarquable atteint un pic de 1,5, elle s'explique par la présence d'une forte charge polluante au niveau du B.A et proportionnellement à une forte consommation d'O₂ par les micros organismes.

L'analyse des différents dysfonctionnements est donnée dans le tableau IV.4.

Tableau IV.4 : *Les principaux dysfonctionnements observés avec leurs causes et quelques solutions spécifiques proposées (cas englobe de l'oxygène dissous)*

dysfonctionnement	Cause	Solution	Degré de gravité
Diminution en O ₂ dissous	<ul style="list-style-type: none"> -Augmentation de la température de l'eau -Forte charge polluante -Forte consommation des bactéries -Surchargé bactérienne 	<ul style="list-style-type: none"> -Augmenter la quantité d'O₂ par les aérateurs de surface -Analyser la qualité de l'eau -Mesurer la concentration des boues -Met des appareils pour optimiser les charges et les concentrations de l'effluent, de boues et masse microbienne 	3
Arrêt des aérateurs de surface	<ul style="list-style-type: none"> -Pannes des pièces intérieures -Surcharge électrique -Arrêt du moteur -Qualité des pièces fabricants -Mal utilisés 	<ul style="list-style-type: none"> -Met un système d'appareils automatique pour détecter les problèmes mécaniques 	4
Pert l'efficacité du B.A	<ul style="list-style-type: none"> -Panne au niveau des aérateurs -Mort des bactéries 	<ul style="list-style-type: none"> -Réserve des pièces d'échange -Détecter le problème des pannes ou bien changer le système d'aération -Renouveler la chaine bactérienne 	4

IV.2.11. Azote ammoniacal (NH_4^+)

La figure IV.11 montre une variation instable de l'azote ammoniacal au niveau des eaux traitées. Plusieurs pics ont été enregistrés durant la série des années étudiées.

Un pic maximal de 35 mg/l a été enregistré durant le mois d'août de l'année 2011, et un autre minimal de 7,1 mg/l durant le mois de mars de l'année 2010.

Cette variation est due à une transformation incomplète de NH_4^+ dans le bassin d'aération.

IV.2.12. Nitrites (NO_2^-)

La figure IV.12 représente l'analyse de la variation interannuelle de la concentration en nitrites à l'entrée et à la sortie de la STEP (période : cinq mois au début de l'année 2009 jusqu'à l'année 2014).

Pratiquement toutes les valeurs sont au-dessous de la norme de rejet, sauf pour mars 2013 qui a été enregistrée un dépassement minimal de 1,14 mg/l et un autre maximal de 3,46 mg/l pour juillet 2014, ce qui s'explique par la transformation de l'azote ammoniacal (NH_4^+) en nitrite (NO_2^-) grâce à l'apport d'oxygène (nitrification).

IV.2.13. Nitrates (NO_3^-)

Généralement la variation des concentrations en nitrates (NO_3^-) à la sortie de la STEP est au-dessous de la norme fixée.

Une augmentation a été enregistrée durant la fin de l'année 2010 et début de l'année 2011 (figure IV.13), due à une forte oxygénation.

IV.2.14. Orthophosphates (PO_4^{3-})

Les teneurs en (PO_4^{3-}) sont analysées sur une période de trois ans (2012 – 2013), et traduisent une variation pratiquement stable, juste un dépassement de 21,7 mg/l à été enregistré à la fin de l'année 2012, ce qui due principalement à une déphosphatation au niveau du bassin d'aération. (Figure IV.14)

IV.2.15. Phosphore total (Ph_t)

La figure IV.15 montre la variation interannuelle de la variation du Ph_t à l'entrée et à la sortie de la STEP (période 2010 – 2011).

Pratiquement toutes les valeurs du phosphore total sont situées dans une gamme au-dessous de la norme de rejet fixée.

IV.2.16. Conductivité

Les valeurs de la conductivité de l'eau à la sortie de la station d'épuration situées dans une fourchette de salinité inférieure à la norme. (Figure IV.16)

IV.2.17. Matières insolubles décantables (MID)

D'après la figure IV.17, on remarque que les teneurs en matières insolubles décantables (MID) dans les eaux épurées sont très faibles, ce qui confirme à une bonne décantabilité des eaux.

IV.3. Problèmes majeurs dans une STEP à boues activée

IV.3.1. Problèmes avec les bactéries filamenteuses

Les principaux dysfonctionnements dus aux bactéries filamenteuses sur station se manifestent deux formes :

- ✚ Foisonnement : mauvais décantation de la boue suite à une augmentation du volume occupé par celle-ci.
- ✚ Moussage : formation d'une couche épaisse de mousse en surface des ouvrages [40].

Les principaux mécanismes de développement des germes filamenteux s'expliquent par :

- ✚ Leur morphologie particulière qui permet de meilleurs échanges avec le liquide interstitiel contenant le substrat et l'oxygène nécessaires au métabolisme.
- ✚ Leur taux de croissance favorisé par des concentrations en substrat et en oxygène limitantes.
- ✚ Leur métabolisme particulier dans des cas spécifiques (effluents riches en composés soufrés ou en substrats facilement assimilables [41]).

Les principales causes du développement de ces germes spécifiques des mousses sont à rapprocher :

- ✚ Age de boue élevé.
- ✚ Phénomènes de septicité (réseau long, impact d'un séjour prolongé en prétraitement ou traitement primaire).
- ✚ Présence de graisses.
- ✚ Déséquilibres nutritionnels [41].

IV.3.2. Principaux problèmes de décantation

Les difficultés de décantation ont pour origine des problèmes liés à :

IV.3.2.1. Flocculation des boues

- ❖ **Croissance dispersée** : présence d'une eau turbide, parfois laiteuse où seule est présente une population dense de bactéries dispersées. Cette situation peut être rencontrée lors du démarrage de la station (forte charge appliquée), ou après un incident majeur ayant détruit ou lessivé la biomasse initiale.
- ❖ **Défloculation** : qualité de l'eau traitée est/ou devient médiocre, on ne distingue pas de voile de boue (pas d'interface nette boue/eau) ni de microfaune lors de l'observation microscopique. Le degré de défloculation peut varier en fonction de l'intensité du toxique responsable du phénomène [41].

IV.3.2.2. Densité des boues

- ❖ **Fermentation des boues** : remontées de boue noirâtres et malodorantes en surface du décanteur secondaire, la flottation de ces boues s'explique par la présence de microbulles internes qui diminuent la densité apparente des boues. Ces bulles sont la résultante d'une activité de fermentation anaérobie au sein de la boue.
- ❖ **Dénitrification "sauvage" dans le décanteur** : lorsque la teneur en nitrates à la sortie du bassin d'aération est élevée, des phénomènes de dénitrification dans le clarificateur peuvent intervenir en cas de séjours prolongés des boues au fond d'ouvrage (>2 heures et plus). Les microbulles d'azote gazeux entraînent vers la surface des particules de boue déjà décantée. Ces phénomènes sont fréquents en période chaude sur les petites stations d'épuration à bassin d'aération unique. La stratégie à adopter pour résoudre ce problème consiste à modifier les consignes de l'aération et de la recirculation afin d'assurer une dénitrification au sein même du bassin d'aération.
- ❖ **Mousses stables** : Présentes en surface des bassins, elles sont plus ou moins stables et visqueuses en fonction de leur concentration [41].

IV.3.2.3. Compaction des boues

- ❖ **Gestion de la concentration des boues** : lorsque les conditions de soutirage des boues en excès ne permettent pas d'extraire en quantité suffisante les boues produites (période hivernale, impossibilité d'épandre les boues,...). Cela entraîne une augmentation anormale du stock de boue dans le bassin d'aération puis le décanteur, avec pour conséquences négatives une consommation excessive d'électricité (respiration des boues) et des risques de pertes de boue en sortie (réduction de la capacité hydraulique du clarificateur) [41].

- ❖ **Foisonnement**

IV.4. Consignes d'exploitation

Le tableau IV.5 représente les différents points essentiels d'exploitation.

Tableau IV.5 : Récapitule des points sensibles et recommandations principales à appliquer pour l'ensemble des étapes de traitement de l'eau usée

Procédés	Exploitation
Dégrilleur	Vérification l'absence de colmatage
Déssableur	<ul style="list-style-type: none"> -Vérification l'absence de dépôts -Elimination des sables
Dégraisseur	<ul style="list-style-type: none"> -Vérification du bullage correct -Elimination des flottants -Extraction journalière (si opération manuelle) des sables et dépôts de fond d'ouvrage -Vidanger l'ouvrage en cas de non utilisation
Pour tous les bassins	-Mesurer l'indice de boue hebdomadairement
Bassin d'anoxie	Vérifier l'absence de dépôts
Bassin d'aération	<ul style="list-style-type: none"> -Réglage adéquate de l'aération en fonction de la charge et du mode hydraulique -Ne jamais programmer un temps d'arrêt de l'aération supérieur à deux heures -vérifier la concentration d'oxygène dans le bassin -Profiter des dispositions type chenal pour organiser l'évacuation des mousses (barrière flottante) -Raclage manuel si besoin pour extraire les mousses -Limiter la chute d'eau vers le clarificateur
	-Ne pas arrêter la recirculation pour concentrer les boues avant leur extraction vers l'épaississeur ou un arrêt maximal de deux heures

Clarificateur	-Vérifier la bonne reprise des boues sur toute la longueur du pont -Vérifier le non formation de dépôt sur les herses - Evacuer ou plomber les flottants par aspersion
Epaississeur	Alimentation contrôlée pour éviter les à-coups hydrauliques

IV.5. Incidents rencontrés dans la STEP

La STEP de AIN EL HOUTZ au cours de son fonctionnement a été exposé à des problèmes dus à l'usure des pièces au niveau du décanteur.

A la fin de l'année 2011, une des pièces du décanteur qui servait à faire fonctionner le pont racleur s'est endommagé ce qui a engendré sa mise hors service, et donc la station traitait ces eaux avec un seul décanteur.

Le même incident s'est reproduit cette année pour le deuxième décanteur mais cette fois c'est une pièce de la vidange de fond qui s'est endommagé, ce qui a mis toute la station hors service.

Après trois mois et demi d'arrêt, les pièces défectueuses ont été remplacées par des pièces neuves ramenées de l'étranger.

IV.6. Axes d'amélioration proposés pour la STEP d'AIN EL HOUTZ

Pour la longévité de la station d'AIN EL HOUTZ et pour son optimisation, je vous propose quelques solutions :

- ✚ Se munir d'une réserve de toutes les pièces spécifiques de chaque procédé pour éviter de longue attente de livraison en cas de panne.
- ✚ Construire des abris pour les lits de séchage en cas d'intempéries et éviter des recirculations continues de boues de l'épaississeur vers le bassin d'aération.
- ✚ Faire un deuxième épaisseur lorsque les boues dans les lits de séchages n'arrivent pas à se déshydratés due aux conditions climatiques (période hivernale).
- ✚ Inclure des analyses microbiologiques au laboratoire.
- ✚ Placer des dispositifs de mesure d'oxygène dissous et de pH dans le bassin d'aération pour obtenir une bonne dégradation par les micros organismes et des dispositifs de détection de la concentration des boues dans les décanteurs pour s'avoir quand est ce qu'on doit les vidanger.
- ✚ Penser à faire une décantation primaire pour réduire la teneur en MES.

- ✚ Penser à faire une Coagulation-Floculation suivi d'une décantation primaire lorsque les eaux usées sont non biodégradables.
- ✚ Injecter du chlore au bassin de chloration.
- ✚ Faire des analyses (physico chimique et microbiologiques) périodiques des boues puisque va être réutilisé pour l'agriculture.
- ✚ Incorporer des préleveurs automatisés à l'entrée et à la sortie de la STEP.
- ✚ Intégrer un système de télégestion.

IV.7. Conclusion

Les résultats représentés dans les graphes montrent quelques évolutions concernant les concentrations spécifiques aux paramètres analysés au niveau de la station d'épuration d'AIN EL HOUTZ.

L'application de la méthode d'AMDEC nous a permis de donner une vision détaillée sur les principaux dysfonctionnements qui peuvent être rencontrés dans STEP ainsi que les problèmes qui pénalisent son bon fonctionnement et permet de penser à des solutions acceptables que la STEP pourrait s'en servir pour sa continuité.

Graphes

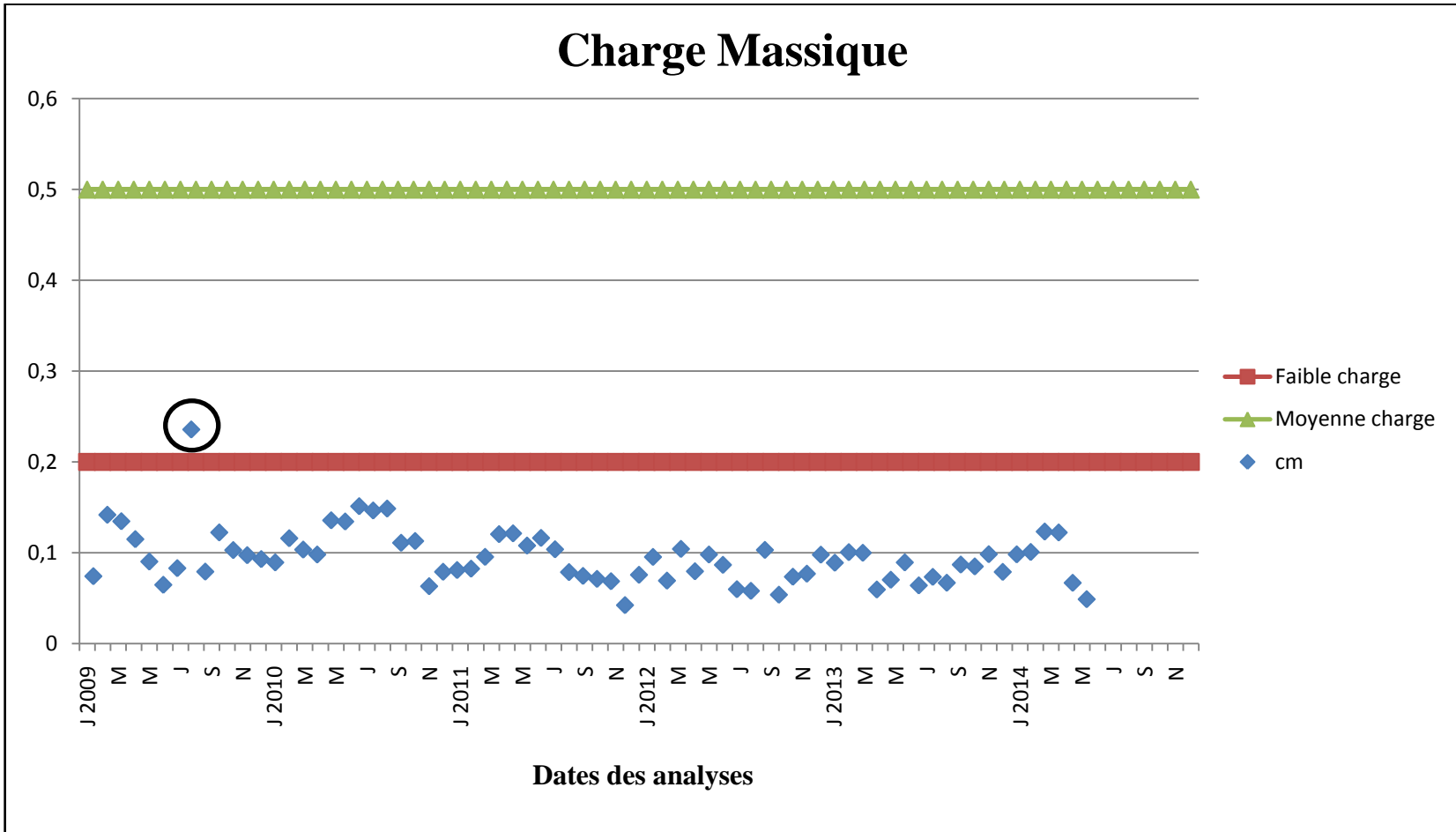


Figure III.66 : Variation de charge massique (Cm) dans le bassin d'aération (2009 - 2014)

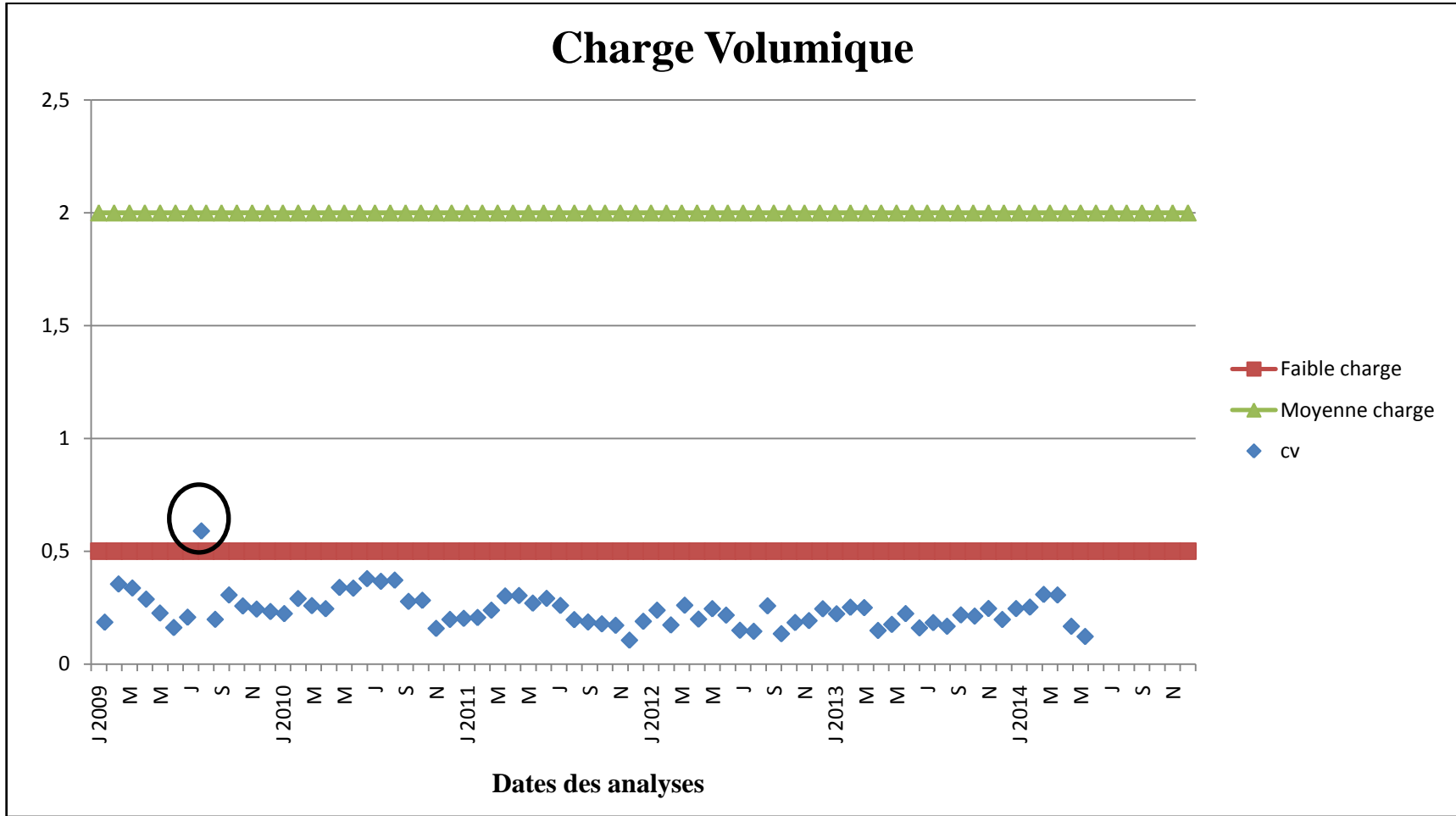


Figure III.67 : Variation de charge volumique (Cv) dans le bassin d'aération (2009 - 2014)

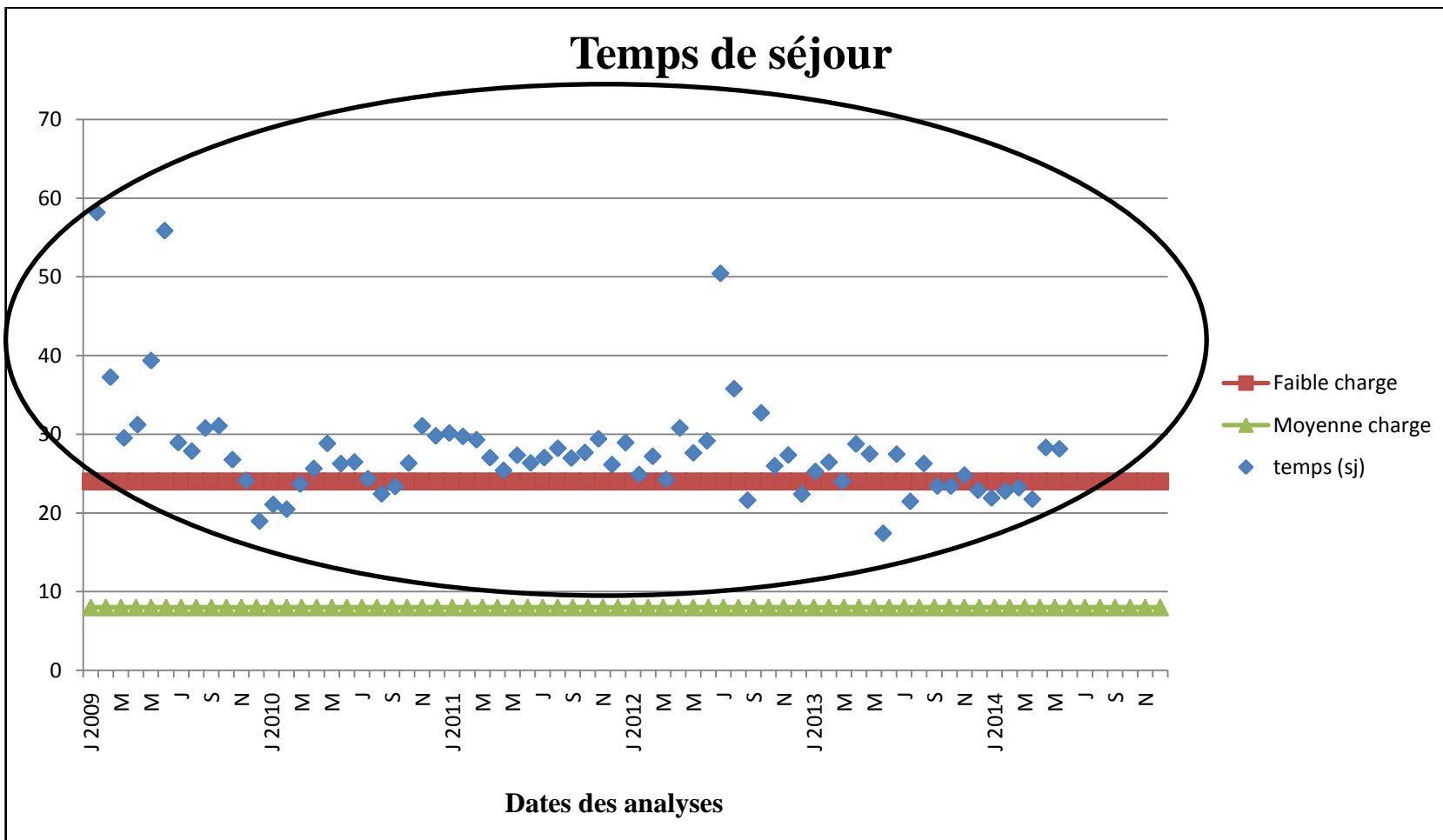


Figure V.68: Variation du temps de séjour de l'eau dans le bassin d'aération (2009 - 2014)

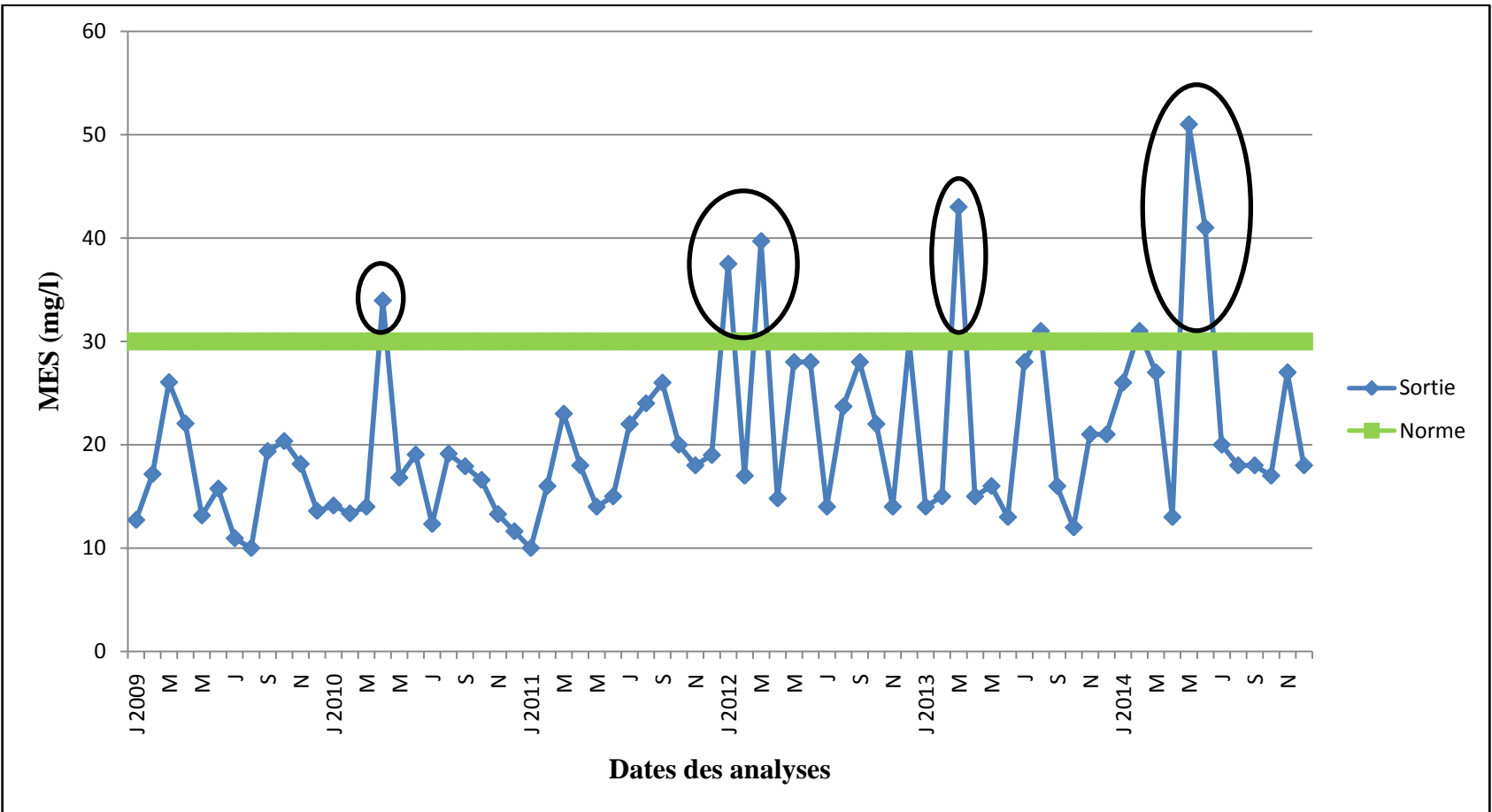


Figure IV.1 : Variation interannuelle des matières en suspension (MES) à l'entrée et à la sortie de la STEP (2009 - 2014)

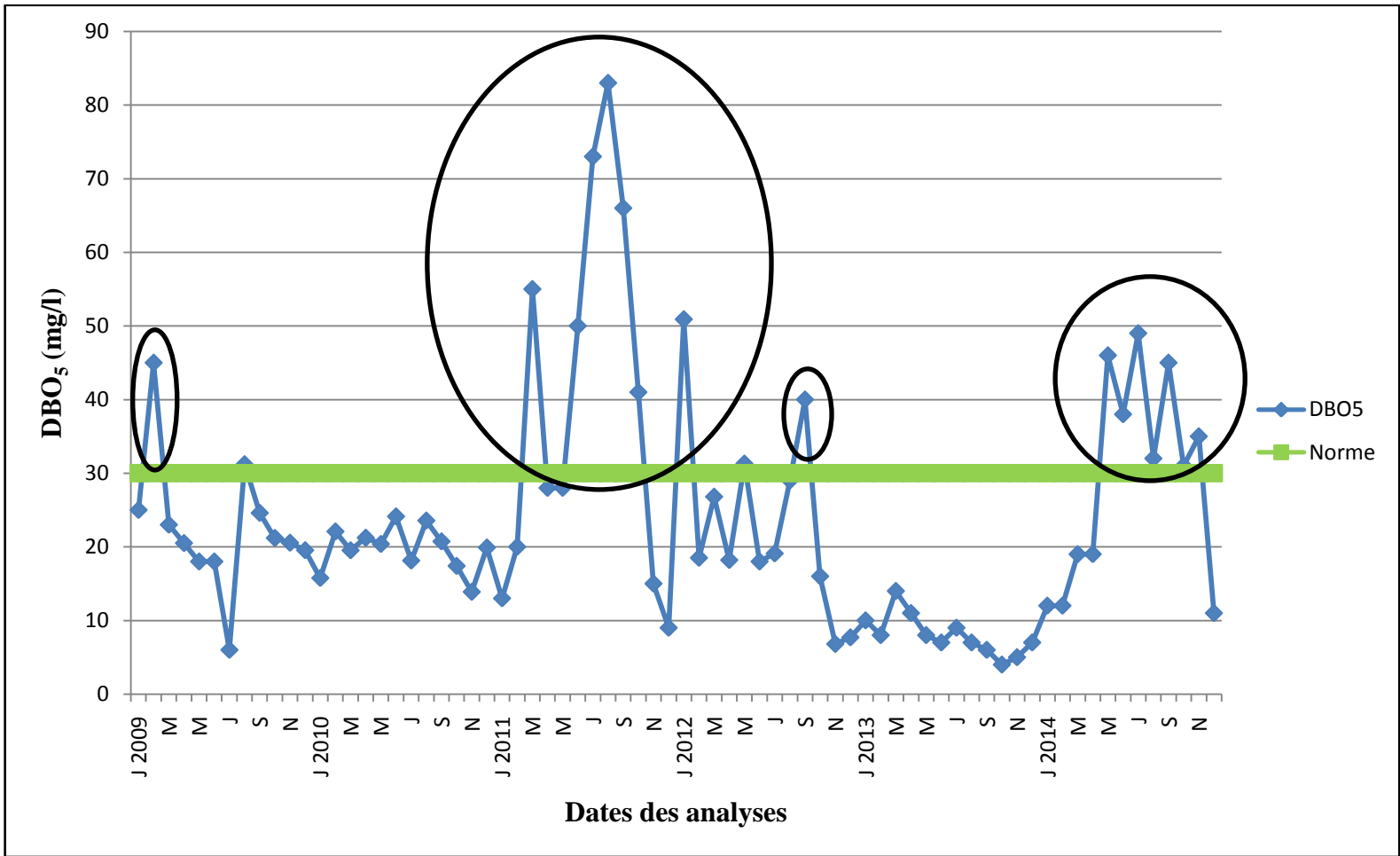


Figure IV.2 : Variation interannuelle de la demande biologique en oxygène (DBO₅) à l'entrée et à la sortie de la STEP

(2009 - 2014)

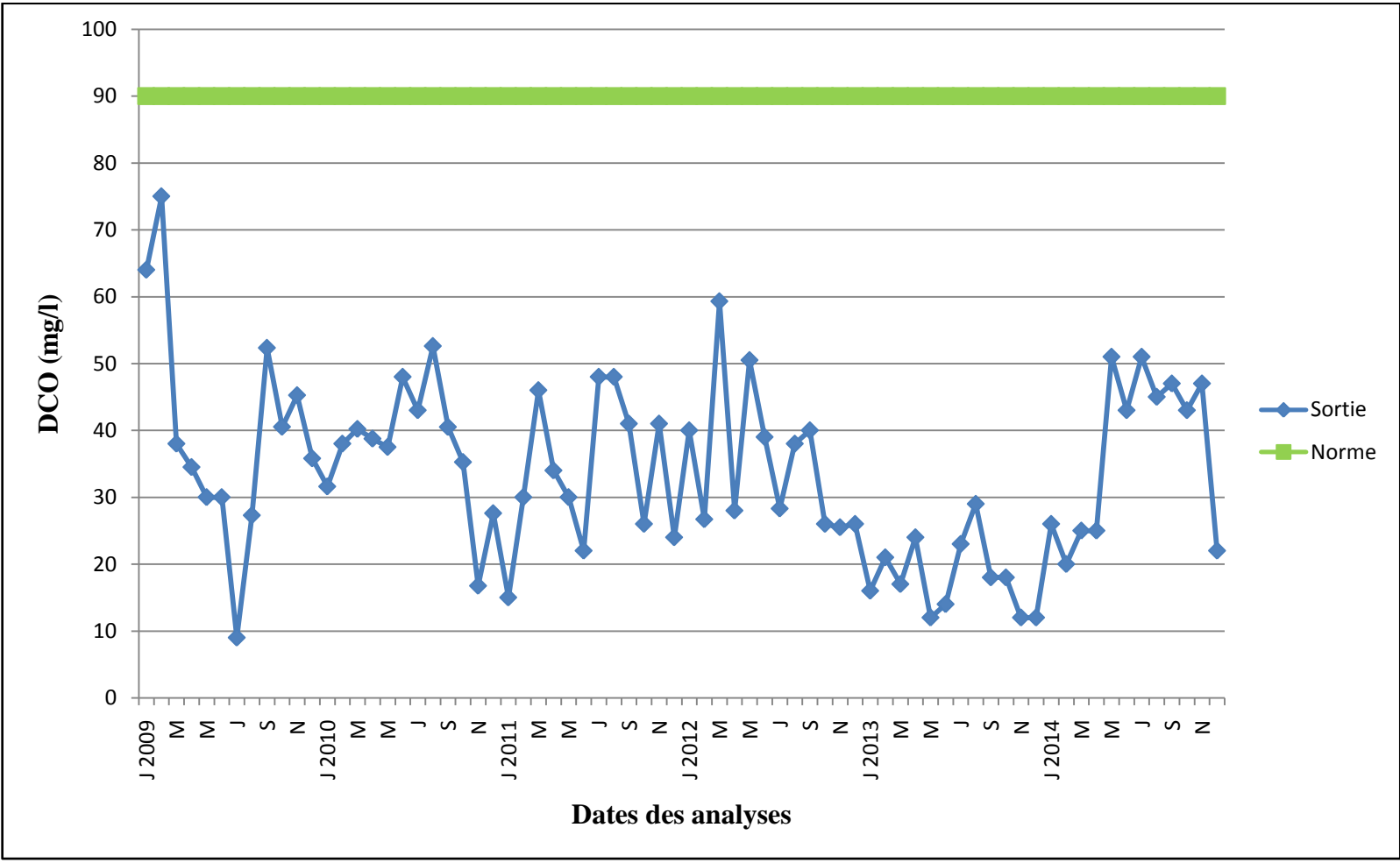


Figure IV.3 : Variation interannuelle de la demande chimique en oxygène (DCO) à l'entrée et à la sortie de la STEP

(2009 - 2014)

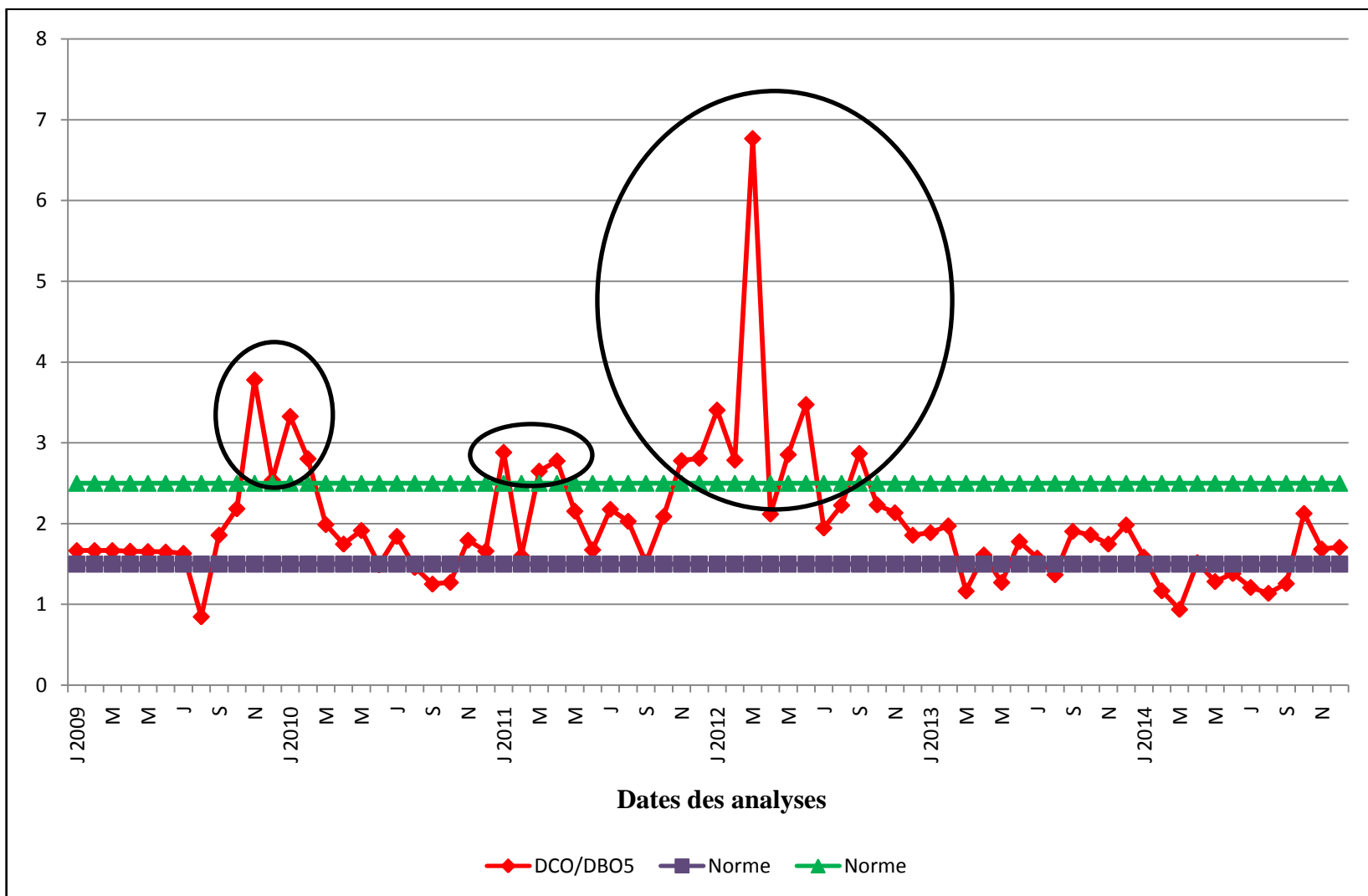


Figure IV.4 : Variation interannuelle des caractéristiques de la biodégradabilité de l'effluent à l'entrée de la STEP (2009 - 2014)

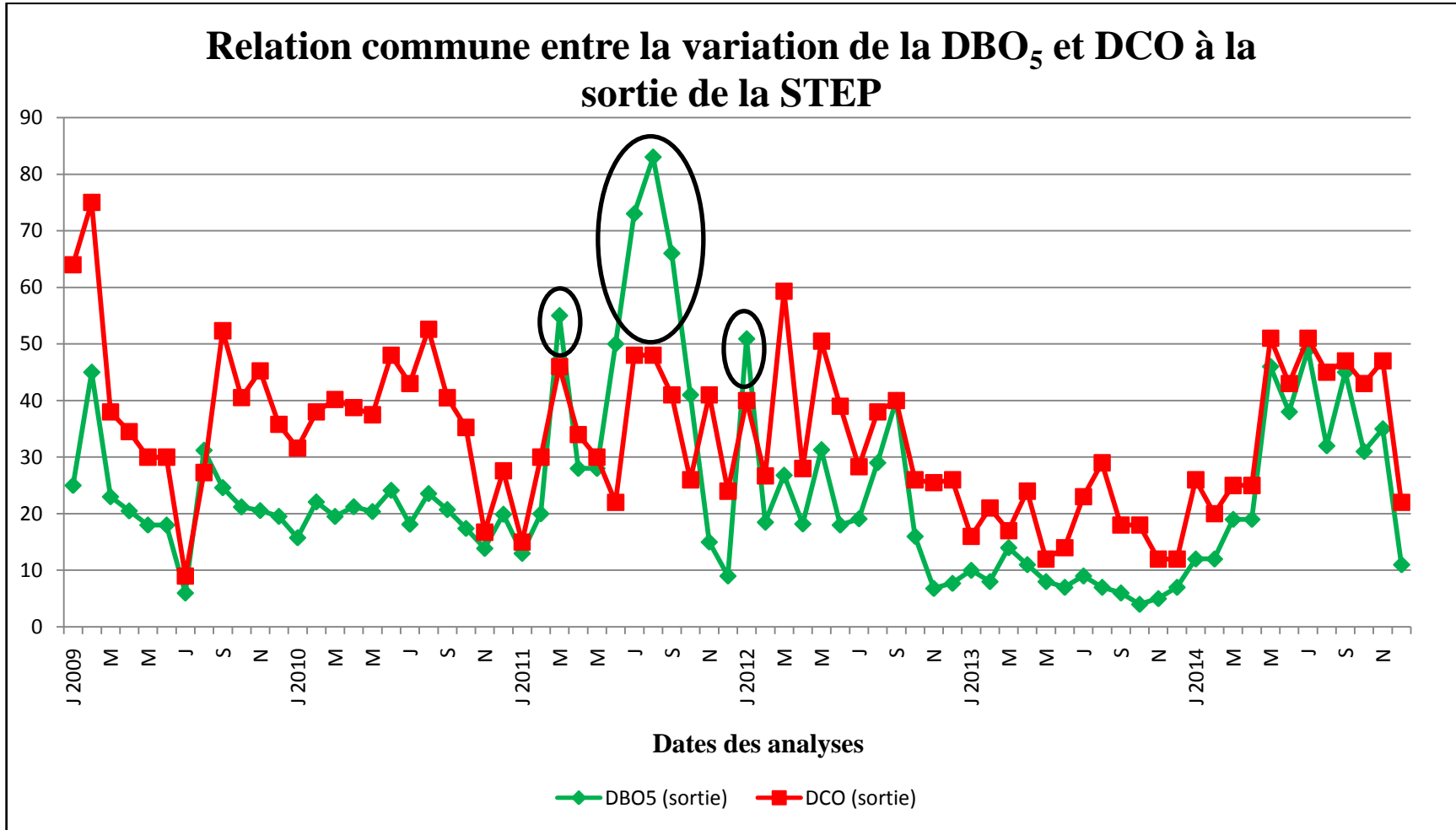


Figure IV.5 : Comparaison entre la variation interannuelle de la demande biologique en oxygène (DBO₅) et la demande chimique en oxygène (DCO) à la sortie de la STEP (2009 - 2014)

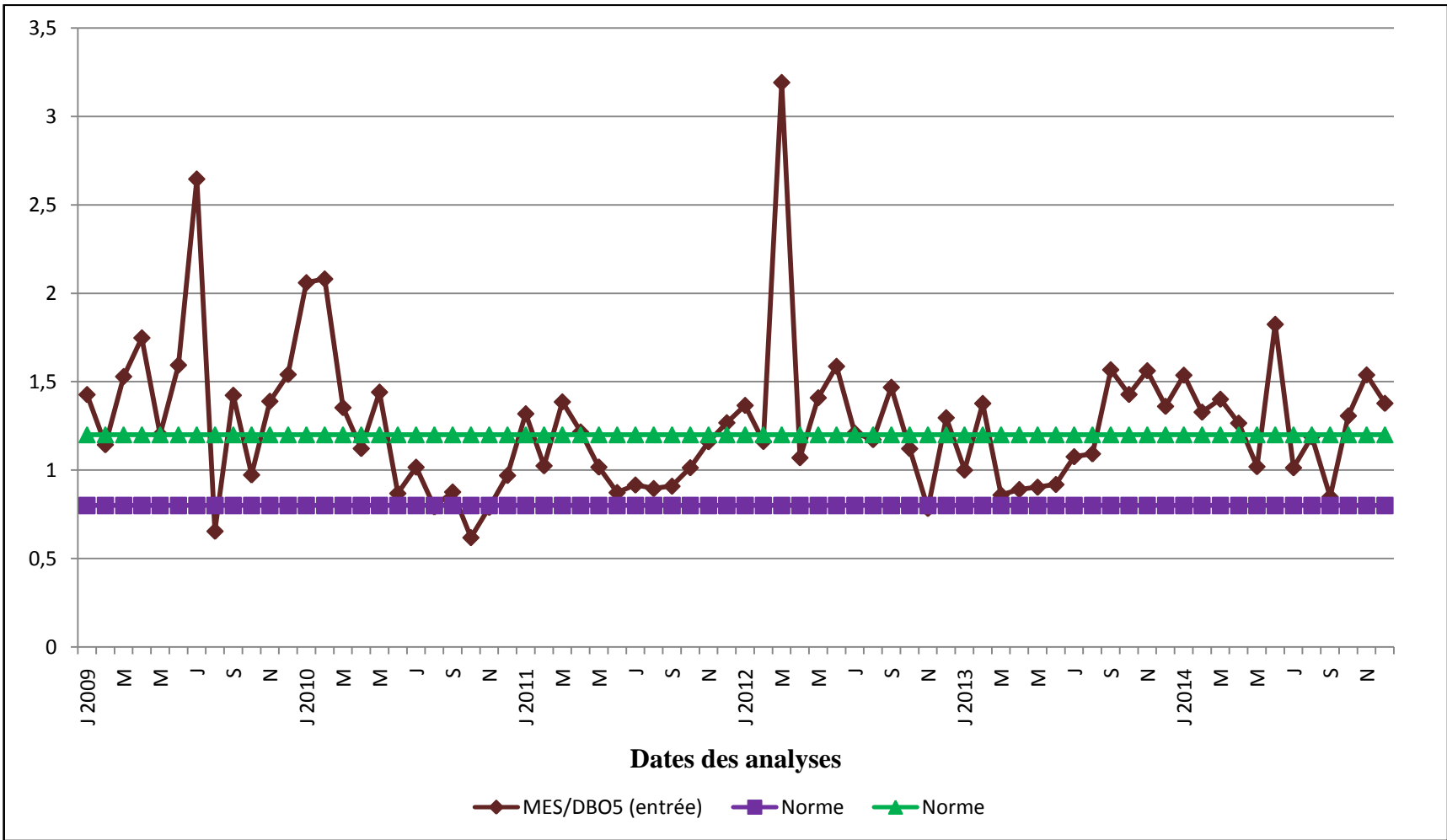


Figure IV.6 : Variation interannuelle sur la production de boue apportée par les matières en suspension (MES) à l'entrée de la STEP (2009 - 2014)

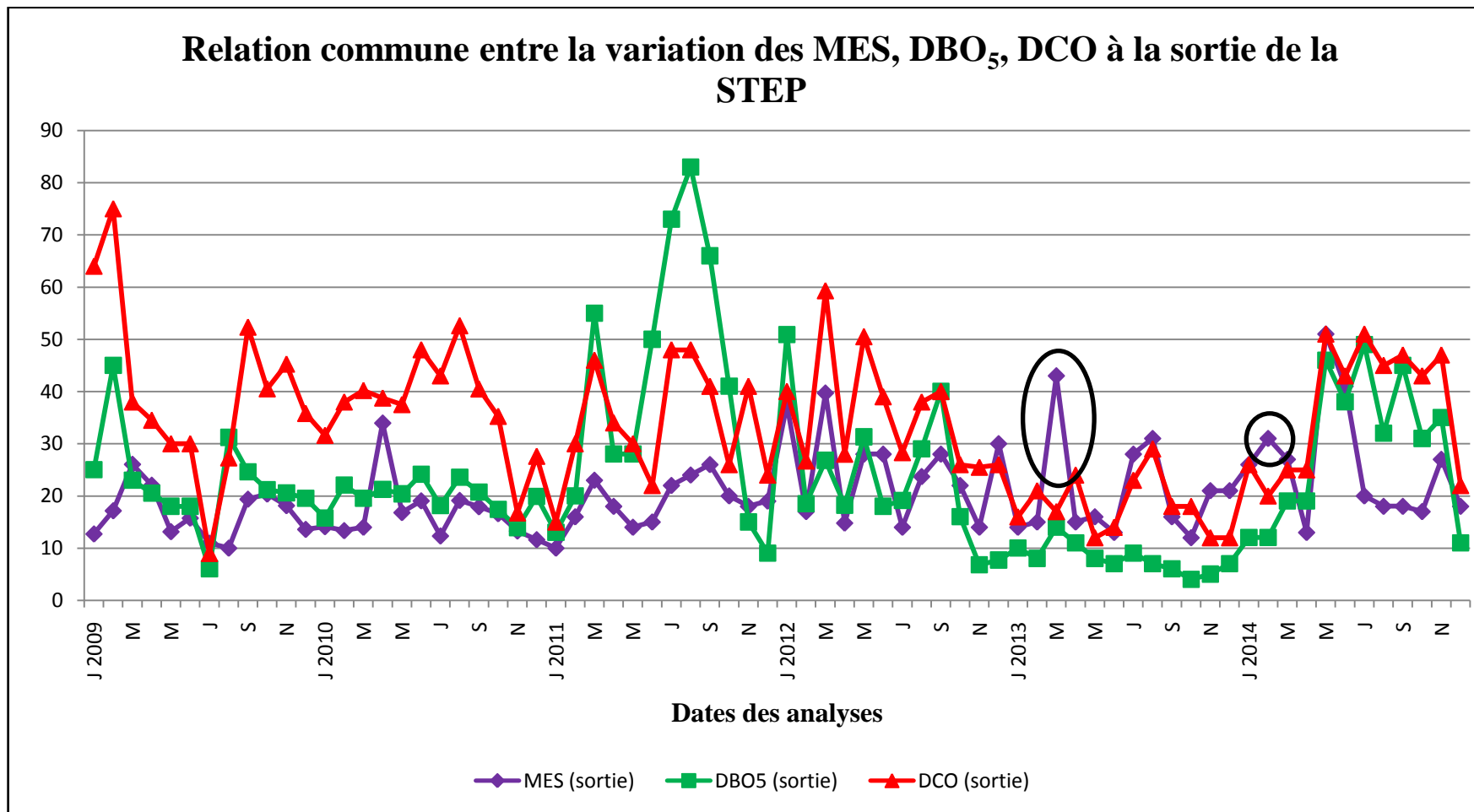


Figure IV.7 : Comparaison entre la variation interannuelle des matières en suspension (MES), de la demande biologique en oxygène (DBO₅) et la demande chimique en oxygène (DCO) à la sortie de la STEP (2009 - 2014)

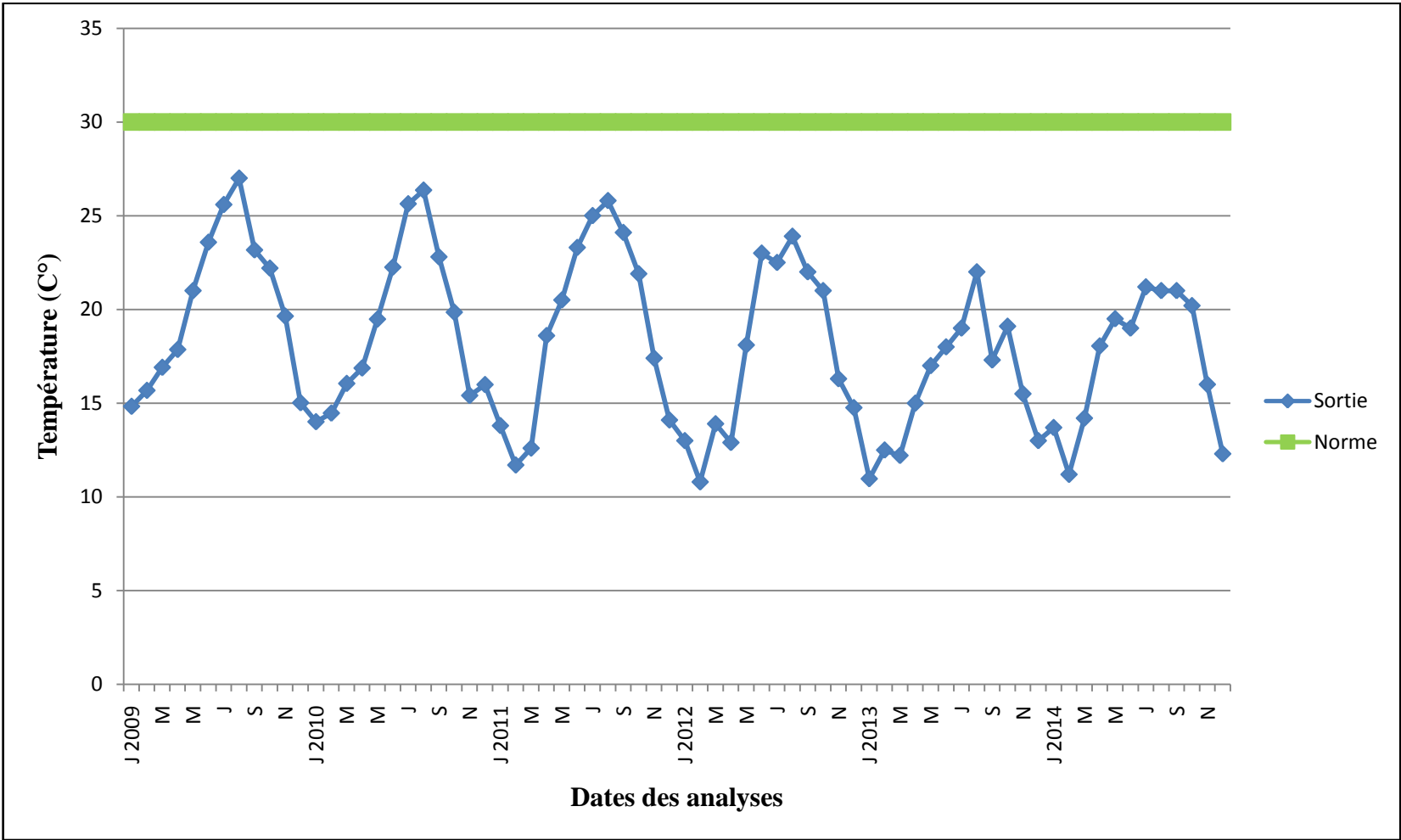


Figure IV.9 : Variation interannuelle de la température de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP (2009 - 2014)

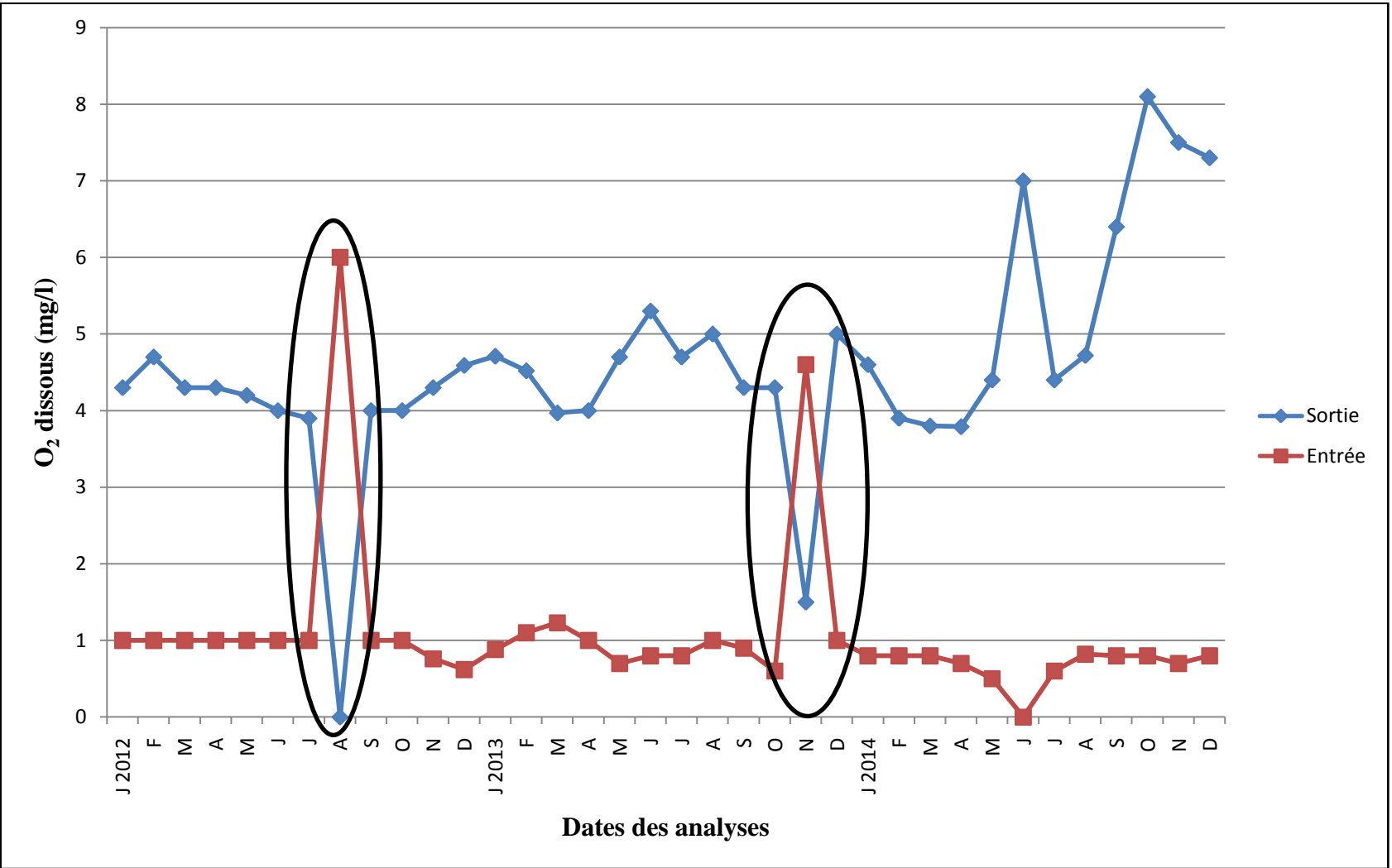


Figure IV.10 : Variation interannuelle de l’oxygène dissous à l’entrée et à la sortie de la STEP (2012 - 2014)

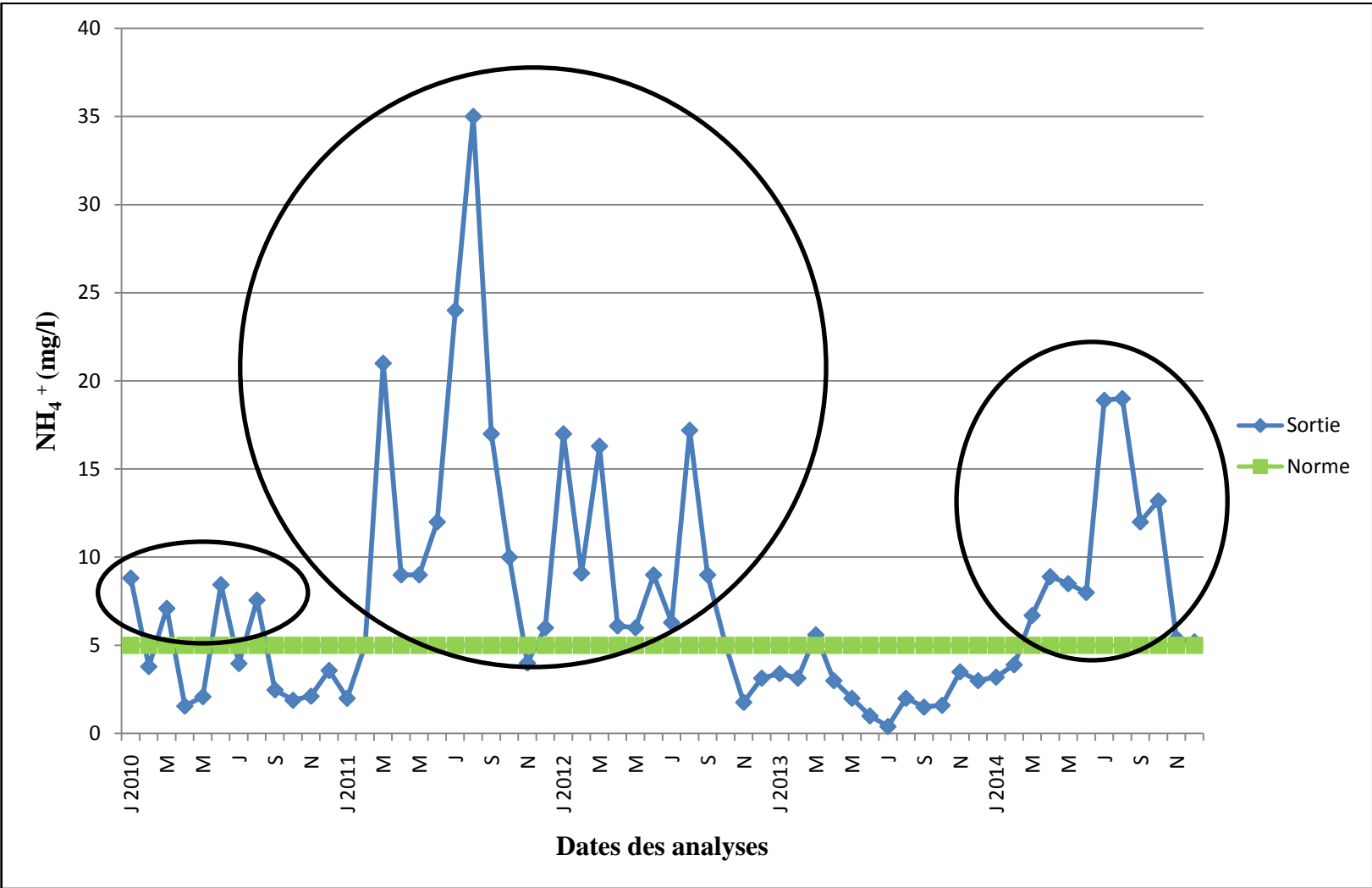


Figure IV.11 : Variation interannuelle en azote ammoniacal (NH_4^+) à l'entrée et à la sortie de la STEP (2010 - 2014)

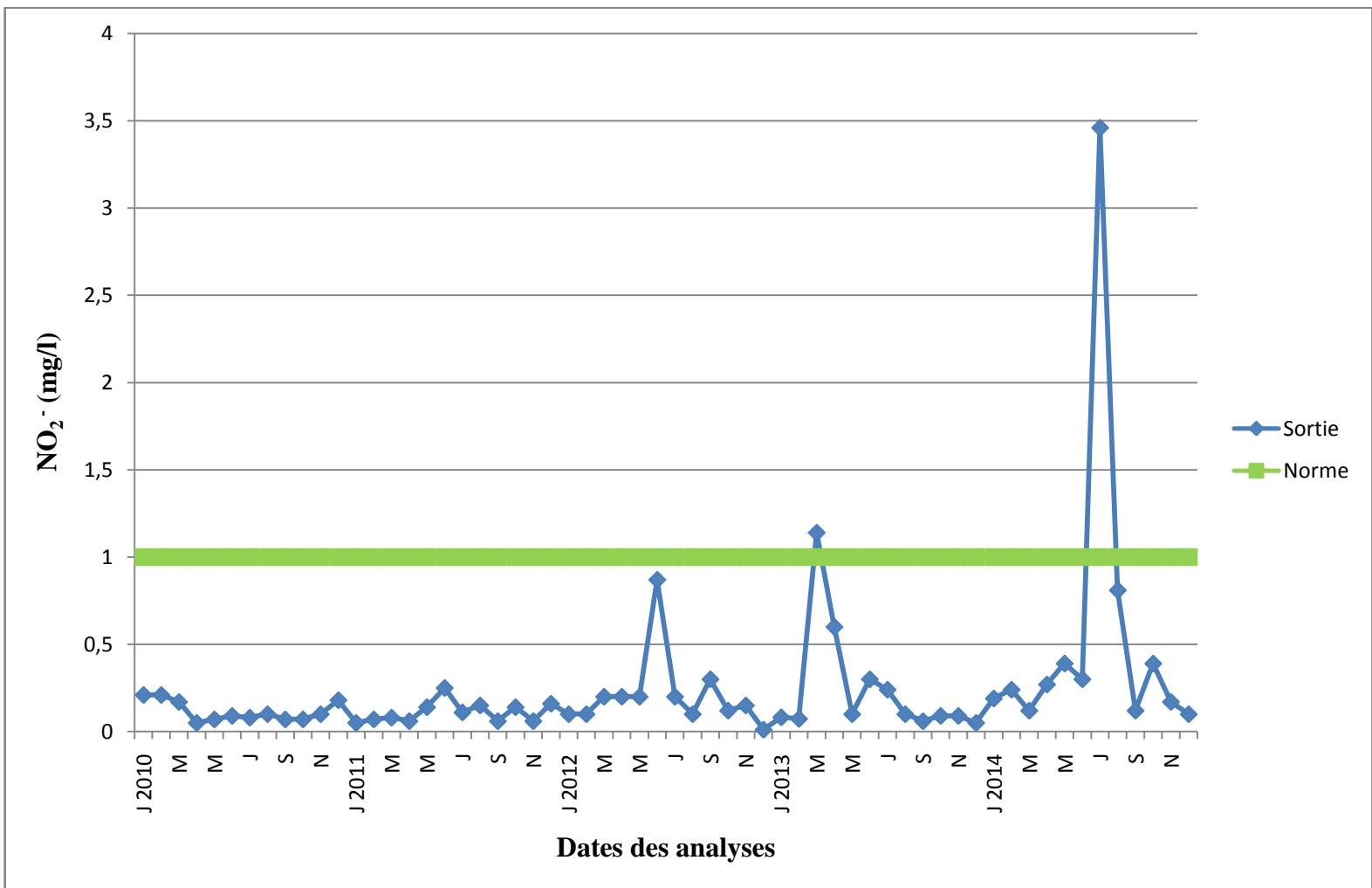


Figure IV.12 : Variation interannuelle des nitrites (NO₂⁻) à l'entrée et à la sortie de la STEP (2010 - 2014)

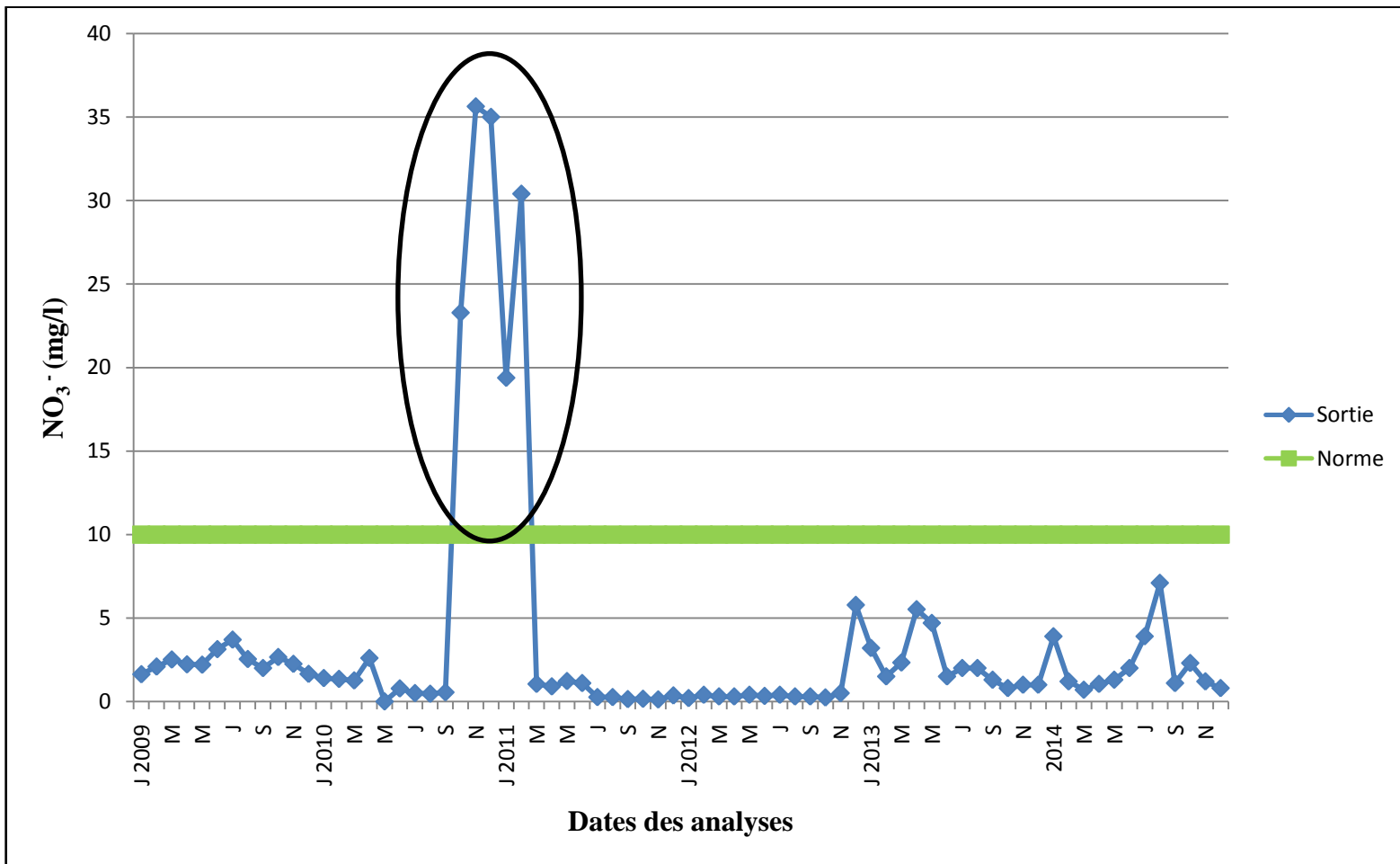


Figure IV.13 : Variation interannuelle des nitrates (NO₃⁻) à l'entrée et à la sortie de la STEP (2009 - 2014)

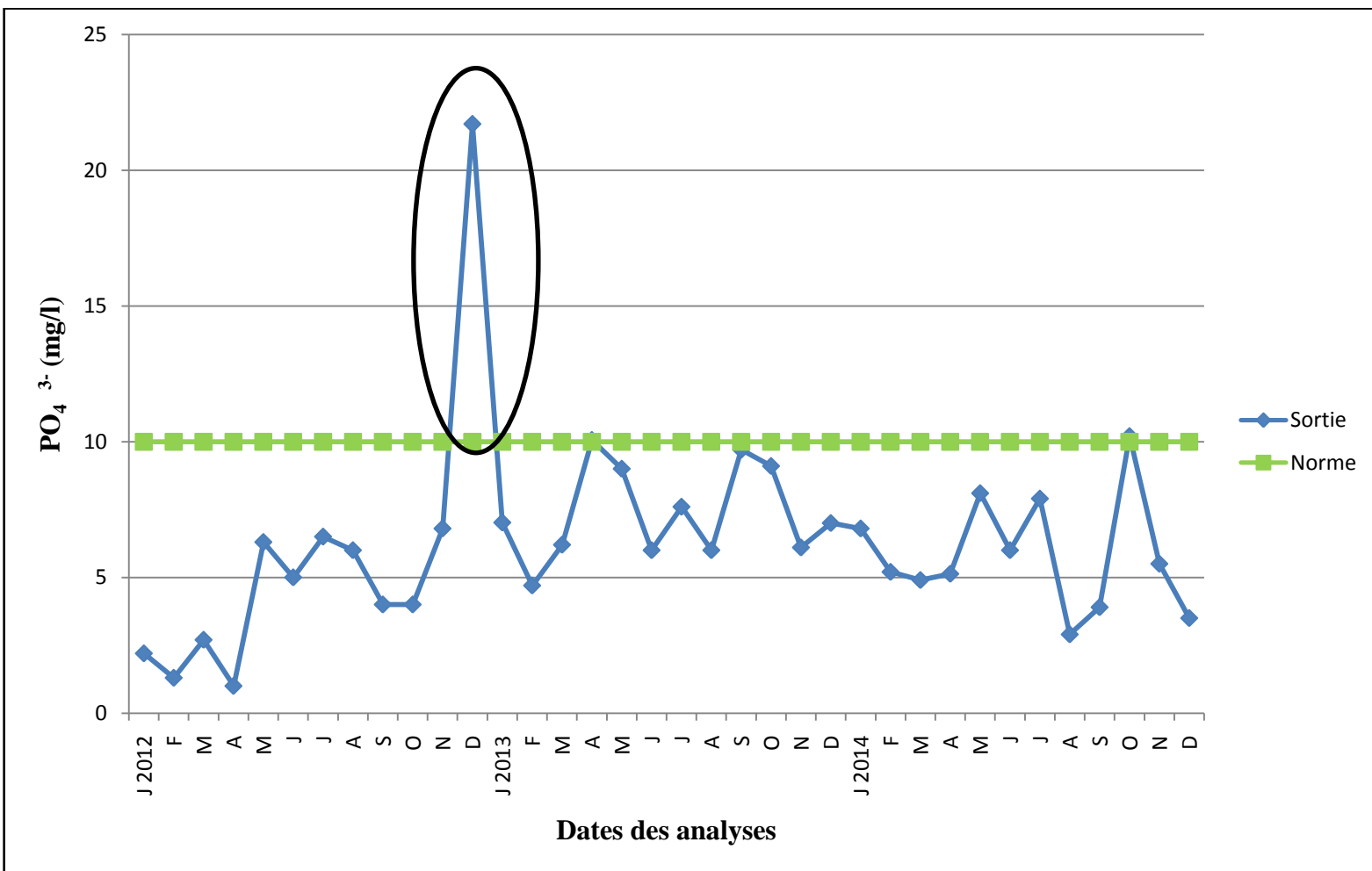


Figure IV.14 : Variation interannuelle en ortho phosphates (PO_4^{3-}) à l'entrée et à la sortie de la STEP (2012 - 2014)

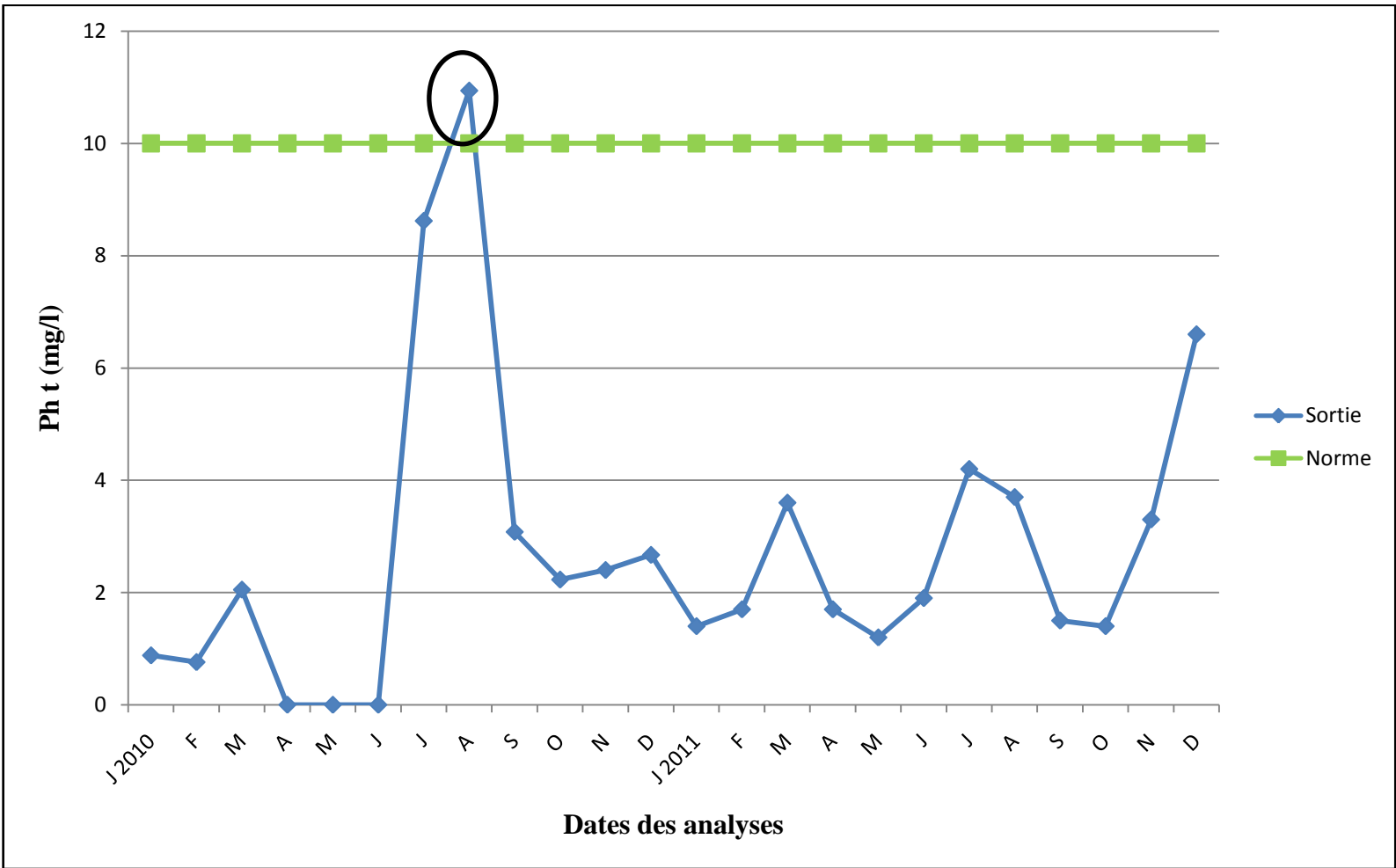


Figure IV.15 : Variation interannuelle du phosphore totale (Ph_t) à l'entrée et à la sortie de la STEP (2010 - 2011)

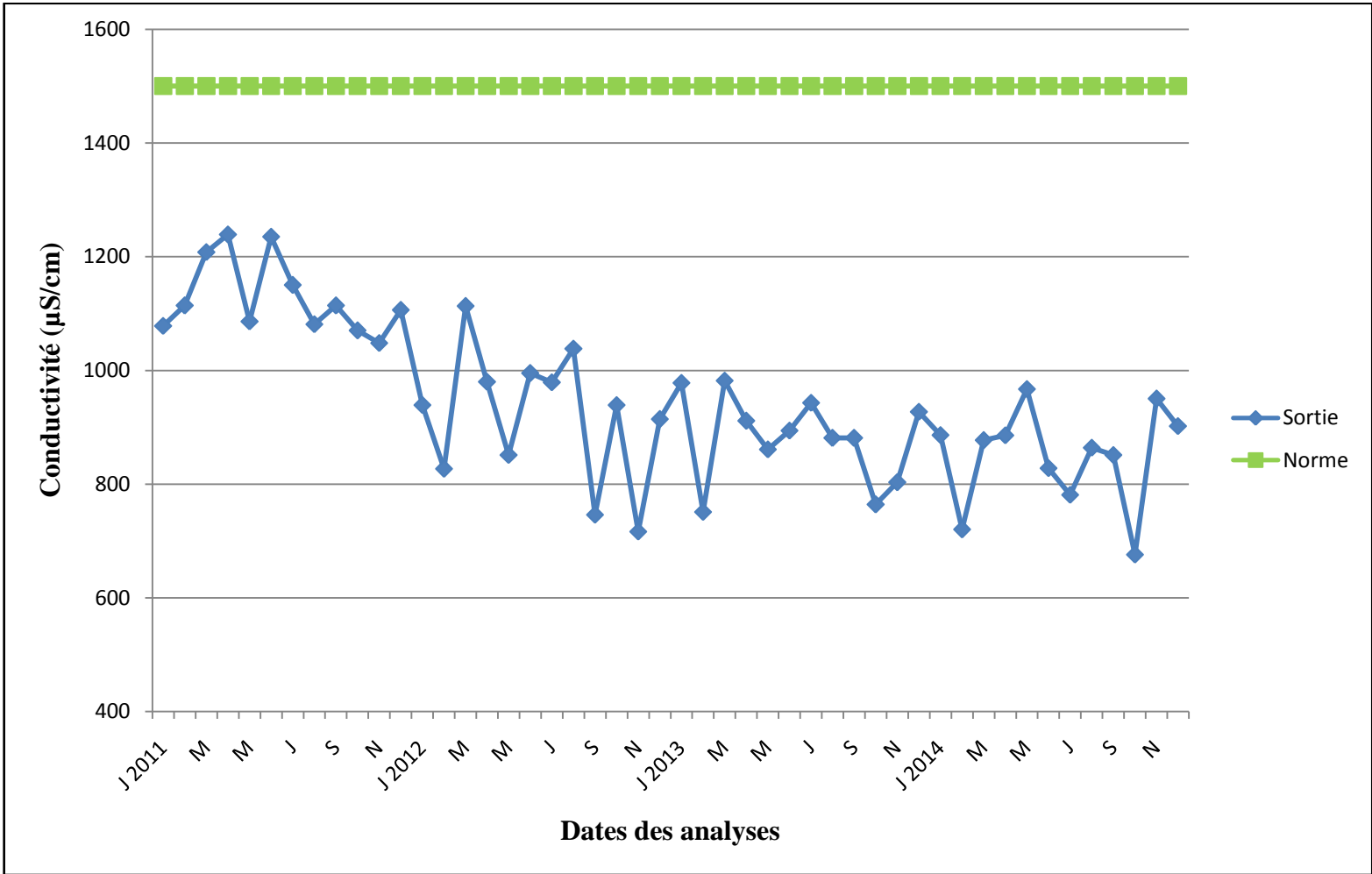


Figure IV.16 : Variation interannuelle de la conductivité de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP (2011 - 2014)

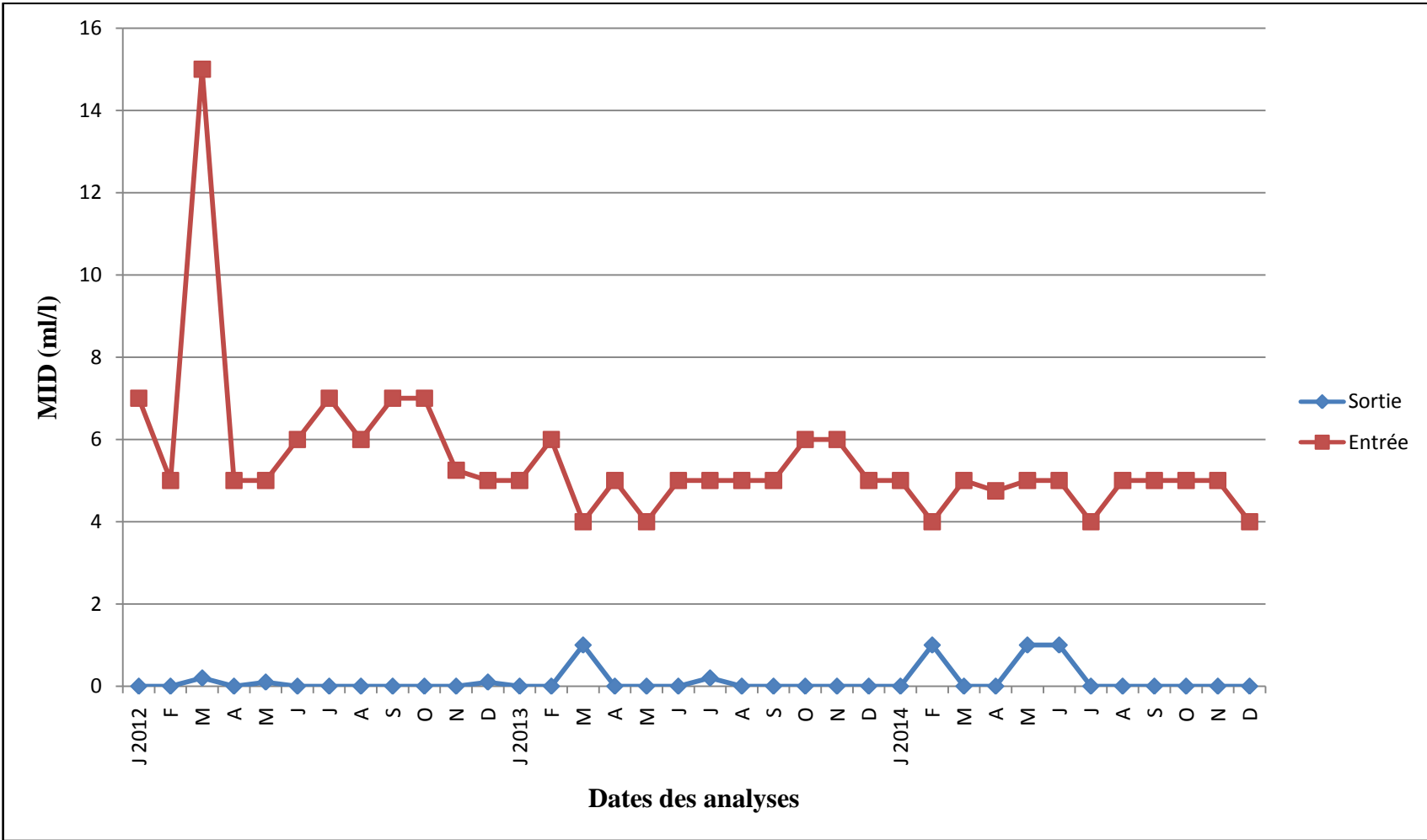


Figure IV.17 : Variation interannuelle des matières insolubles décantables (MID) à l'entrée et à la sortie de la STEP (2012 - 2014)

Conclusion générale

L'épuration des eaux usées est indispensable pour la protection de l'environnement et l'économie de la ressource en eau (réutilisation en agriculture, industries...), c'est dans cet objectif qu'il y a un accroissement des stations d'épuration en Algérie et des projets sont en cours d'étude ou de réalisation.

Ces stations d'épuration peuvent se heurter à des problèmes divers reliés soit à l'exploitation et à la gestion, soit au procédé lui-même, c'est pour cela que des méthodes ont été développées pour y remédier. Parmi ces méthodes, l'AMDEC occupe une place prépondérante.

Cette méthode a été appliquée pour étudier les défaillances de la station d'épuration d'Ain El Houtz. Elle offre aux exploitants une vision complète et approfondie de la STEP, de son fonctionnement et de son environnement (mais il n'est malheureusement pas possible d'affirmer que nous serons totalement à l'abri d'un oubli).

Ce travail nous a permis d'étudier les performances et les principales défaillances rencontrées au niveau de la STEP d'Ain El Houtz, de cerner les différentes origines et causes probables de ces défaillances, d'évaluer leur degré de gravité et de proposer quelques solutions.

Le fonctionnement de la STEP a été étudié sur les données d'une période de six ans (2009-2014). Les analyses prises en considération sont les paramètres physico-chimiques : MES, DBO₅, DCO, O₂ dissous, à l'entrée (eau brute) et à la sortie de la STEP (eau épurée) ainsi que les paramètres du process (Cm, Cv, Ts). Les principaux résultats montrent que :

- Pour les années 2009, 2010, 2011 et 2013 avec un rapport de biodégradabilité $K > 1,5$ cela signifie que les eaux de la STEP d'Ain El Houtz sont des eaux moyennement biodégradables. Pour les paramètres physico chimiques (2013), le rendement d'élimination des MES est de 93%, DBO₅ est de 96% et DCO : 95%.
- Pour l'année 2012, le rapport de biodégradabilité est supérieur à 2,5 (eaux non biodégradables).
- Pour l'année 2014, le rendement d'élimination est de 91% pour les MES, 87% pour la DBO₅ et 88% pour la DCO avec un rapport de biodégradabilité inférieur à 1,5 (eaux biodégradables).

En analysant les résultats, certains dépassements ont été trouvés par rapport aux normes en vigueur. C'est dans ce sens que l'AMDEC est développée pour la STEP d'Ain El Houtz. Cette analyse est succincte mais structurée dans le sens de mieux comprendre le fonctionnement de la dite STEP.

La méthode AMDEC a permis d'apporter des réponses aux questions fondamentales et de donner une vision réaliste du système étudié.

Ce travail s'inscrit dans une démarche globale dont le but est d'étudier la sûreté de fonctionnement de la station d'épuration d'Ain El Houtz, beaucoup d'effort sont à déployer pour arriver à cet objectif.

Pour compléter cette étude, les axes suivants sont à développer :

- ✚ Compléter la démarche proposée en tenant en compte de toute forme de défaillances et analyser le fonctionnement de la STEP.
- ✚ Construire les arbres de défaillances de la STEP d'Ain El Houtz pour pouvoir cerner et maîtriser ces dernières.
- ✚ Analyser le fonctionnement de la STEP pour la période 2005-2009 pour pouvoir dégager toutes les défaillances au niveau de la STEP et créer un historique pour pouvoir prédire la nature des défaillances à venir.
- ✚ Coupler entre AMDEC et arbre de défaillance pour la STEP de Ain El Houtz, ceci permettra de créer :
 - Stock pièces de rechange.....
 - Prévoir le remplacement des différents ouvrages, différents pièces

Références

- [1] KELADA. J, 1994, l'AMDEC, École des Études Commerciales : Centre d'étude en qualité totale.
- [2] MOHAMMADKHANI-SHALI. S, Contribution a l'étude de la redondance dans les ponts : analyses des mécanismes de défaillance par surfaces de réponse, thèse de doctorat Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, soutenue le : 5/10/2007.
- [3] BIGRET. R, FÉRON. J.L avec la collaboration de PACHAUD. C, Diagnostic - maintenance disponibilité des machines tournantes (modèle-mesurage-analyses-des vibrations).
- [4] ALANI. T, Introduction au diagnostic des défaillances, Laboratoire A2SI-ESIEE-Paris, soutenu le 01/10/2006, t.alani@esiee.fr.
- [5] ZWINGELSTEIN. G, Diagnostic des défaillances (théorie et pratique pour les systèmes industriels), Traité des nouvelles technologies – série diagnostic et maintenance, Notion de risques, 30-53p.
- [6] LUC BERSON. J, 1290 Comprendre l'AMDEC, Consultant et Formateur en management des systèmes, auditeur QMS certifié IRCA, base documentaire : piloter et animer la qualité, délivré le : 24/10/2014.
- [7] RIDOUX. M, ag4220 AMDEC – Moyen, base documentaire : méthodes de production dans le thème : Conception et Production et dans l'univers Génie industriel, date de publication : 10/07/1999.
- [8] PERISSE. F, Étude et analyse des modes de défaillances des condensateurs électrolytiques à l'aluminium et des thyristors, appliquées au système de protection du LHC (LARGE HADRON COLLIDER), thèse présentée devant l'université Claude Bernard – Lyon I pour l'obtention du diplôme de doctorat, Soutenue le 17/07/2003.
- [9] ZWINGELSTEIN. G, se 4006 Évaluation de la criticité des équipements (Métriques et indicateurs de performance), base documentaire : méthodes d'analyse des risques, date de publication : 10/10/2014.
- [10] DURET. D, PILLET. M, Qualité en production (De l'ISO 9000 à Six Sigma), Troisième Éditions d'Organisation, 1998, 2001, 2005, ISBN : 2-7081-3388-8.

[11] HERGON. E, ROUGER. Ph, GARNERIN. Ph, La prévention des défaillances du processus transfusionnel, Institut National de la Transfusion Sanguine, INSERM U363.

[12] PIROLLET. B, Tests de réception des tours de réfrigération, Laboratoire Européen pour la physique des particules, CERN-ST-99-026, Présenté : 2nd ST Workshop, Chamonix, France, février 2 - 5, 1999.

[13] FAUCHER. J, Pratique de l'AMDEC (Assurez la qualité et la sûreté de fonctionnement de vos produits, équipements et procédés), Série Performance industrielle, WWW.dunod.com.

[14] ZWINGELSTEIN. G, se 4005 Évaluation de la criticité des équipements (Méthodes analytiques), base documentaire : méthodes d'analyse des risques, date de publication : 10/07/2014.

[15] HERGON. E, CRESPEAU. H, ROUGER. Ph, Modes de défaillance du processus transfusionnel. Intérêt de l'analyse prévisionnelle de sûreté de fonctionnement, Institut National de la Transfusion Sanguine, Paris.

[16] SIRRI, BECKERS. D, Introduction à la méthode AMDEC, Animateur AMDEC (FMEA), 5 S 6 sigma, méthodologie AMDEC, Université de Nancy, www.innovatech.be.

[17] Fiche pratique, 0512 Pratiquer l'AMDEC, base documentaire : Evaluer et maîtriser le risque chimique, délivré le : 23/06/2014.

[18] MARTIN. C, CLAUDE BOCQUET. J, Conception Intégrée. Interopérativité des méthodes : AF, QFD, AMDEC dans le cadre du projet PIRAMID, Thèse à l'ADEPA, Ecole Centrale – Paris : Laboratoire Productique Logistique, Congrès Primeca, La Plagne (3-5 avril 1999).

[19] MORCRETTE. Ch, ADES : L'AMDEC, Association de Développement des entreprises de Soustraitance.

[20] NOUREDDINE. M, MESSAOUDI. M. A, Application de l'AMDEC à un satellite en phase active, Département d'Informatique, Université des Sciences et de la Technologie d'Oran (USTO).

[21] HUMBERT. J, LHOMME. J, Nouvelle méthode pour l'analyse de la criticité des dispositifs médicaux en exploitation (MACE), QPO12 : Communication professionnelle de projet, automne 2012.

[22] MAREY. A, et all, Impact d'une démarche qualité en sécurité transfusionnelle sur la prescription, l'optimisation des circuits, la traçabilité, Expérience du CHRU de Lille, Unité et Comité de Sécurité Transfusionnelle et d'Hémovigilance.

[23] FRANÇOIS. J, INFOQUALITE, Lettre d'information du management par la qualité N°6 du 1er Juillet 2002.

[24] ONA, Fiche technique de la STEP d'Ain El Houtz, 2015.

[25] BONNIN. J, 1977, Hydraulique urbaine (Appliquée aux agglomérations de petite et moyenne importance)

[26] DEKHIL SOROR. W, ZAIBET. M, Traitement des eaux usées urbaines par boues activées au niveau de la ville de Bordj Bou Arreridj effectué par la station d'épuration des eaux usées ONA.

[27] SAADI. H, Etude des performances d'un lit bactérien classique à garnissage en pouzzolane de Beni Saf, Soutenu le : 06/10/2013.

[28] DERONZIER. G et all, Traitement de l'azote dans les stations d'épuration biologique des petites collectivités.

[29] FUSARI. Ch. E, Réalisation et optimisation d'un dénitrificateur autotrophe à l'Aquarium de La Rochelle, Rapport du stage, août 2007.

[30] BAHA. S, BENSARI. F, Épuration des eaux usées domestiques par les boues activées : étude de la performance de la STEP d'Ain El Houtz dans la wilaya de Tlemcen, soutenue le 23/06/2014.

[31] AUBERT. C, Le phosphore : élément essentiel à la vie mais avec un impact sur l'environnement lié aux activités humaines, TEMA n° 1 - janvier/février/mars 2007, aubert@itavi.asso.fr.

[32] DERONZIER. G, CHOUBERT. J. M, Comparaisons techniques et économiques des voies de traitement biologique et physico-chimique, Édition coordonnée par le CEMAGREF, www.eau.fndae.fr.

[33] TANDIA. Ch. T, Contrôle et suivi de la qualité des eaux usées protocole de détermination des paramètres physico-chimiques et bactériologiques, CREPA Janvier 2007.

[34] Fiche rédiger par l'équipe technique du RÉFEA (Analyse physico-chimique).

[35] BOUAKKAZ. A, Contribution de la filtration sur sable dans l'amélioration de la qualité des eaux issues des stations d'épuration à boues activées: Application sur les eaux épurées de la STEP d'Ain El Houtz, Soutenu le : 30/09/2013.

[36] RUBAN. G et all, Mesurage de la turbidité sur échantillons : application aux eaux résiduaires urbaines, TSM Étude, numéro 4 – 2008.

[37] BOUKLI HACENE. A, Réutilisation des eaux usées épurées pour l'irrigation (cas de la STEP d'Ain El Houtz pour la plaine d'Hennaya), soutenu le 15/12/2011.

[38] DERAR. A. B, TALEB. I, 2013, l'Étude du fonctionnement de la STEP de Sidi Bel Abbes par le principe a boues activées.

[39] SATIN. M, SELMI. B, 1999, Guide technique de l'assainissement, Édition le Moniteur Paris.

[40] CANLER. J. P, Dysfonctionnements biologiques des stations d'épuration : origines et solutions, document élaboré par le GIS-BIOSTEP, Centres de Lyon et d'Antony
Unité de recherche « Qualité des eaux et prévention des pollutions », FNDAE n° 33.

[41] DUCHENE. PH, Dysfonctionnements biologiques dans les stations d'épuration en boues activées, Comité scientifique CEMAGREF, Actes du colloque, Lyon-21 octobre 1994.

[42] TAHRAOUI. O, 2013, Analyse des modes d'exploitation de la station d'épuration de BOUZEDJAR.

Annexes

20	JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 41	25 Chaâbane 1433 15 juillet 2012	
2. PARAMETRES PHYSICO - CHIMIQUES			
	PARAMETRES	UNITÉ	CONCENTRATION MAXIMALE ADMISSIBLE
Physiques	pH	—	$6.5 \leq \text{pH} \leq 8.5$
	MES	mg/l	30
	CE	ds/m	3
	Infiltration le SAR = $\sigma - 3 \text{ CE}$		0.2
	3 - 6 6 - 12 12 - 20 20 - 40	ds/m	0.3 0.5 1.3 3
Chimiques	DBO5	mg/l	30
	DCO	mg/l	90
	CHLORURE (Cl)	meq/l	10
	AZOTE (NO ₃ - N)	mg/l	30
	Bicarbonate (HCO ₃)	meq/l	8.5
Eléments toxiques (*)	Aluminium	mg/l	20.0
	Arsenic	mg/l	2.0
	Béryllium	mg/l	0.5
	Bore	mg/l	2.0
	Cadmium	mg/l	0.05
	Chrome	mg/l	1.0
	Cobalt	mg/l	5.0
	Cuivre	mg/l	5.0
	Cyanures	mg/l	0.5
	Fluor	mg/l	15.0
	Fer	mg/l	20.0
	Phénols	mg/l	0.002
	Plomb	mg/l	10.0
	Lithium	mg/l	2.5
	Manganèse	mg/l	10.0
	Mercure	mg/l	0.01
	Molybdène	mg/l	0.05
	Nickel	mg/l	2.0
	Sélénium	mg/l	0.02
	Vanadium	mg/l	1.0
Zinc	mg/l	10.0	

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

Annexe


Station de relevage

désignation	Caractéristique techniques	Fournisseurs	logo	Nombre de pieces en marche	Nombre de pièces en stock	Prix unitaire DA
pompe submersible	HMT = 45m Q = 21 l/s (75,6 m3/h)	CAPRARI Via Emilia Ovest 900 41123 Modena - Italy Tel : +39 059 897 611 Fax : +39 059 897 89 Line : www.caprari.it		3	/	4 200 000,00
les accessoires de station derelevage	/	/	/	/	/	
Dégrilleur	Poids total = 520kg. Hauteur d'eau amont à Qmax = 170m ³ /h	P.A Maison neuve -6, rue Marcel Dassault – 44986 SAINTE-LUCCEL/LOIRE Cedex Tél : 02.40.25.86.77 Fax : 02.40.25.88.47 Line : www.fbprocedes.fr E –mail:		1	/	2 500000,00

Annexe

	y.batard@fbprocedes.fr	
--	--	--


L'auto surveillance entrée station

désignation	Caractéristique techniques	Fournisseurs	logo	Nombre de pieces en marche	Nombre de pièces en stock	Prix unitaire DA
Débitmètre électromagnétique	Type : électromagnétique DN : 200 Gamme de température : -20°C à +80°C Précision de la mesure : +/- 0.5 % Gamme de pression : 40 bar Alimentation : 220V Tube de mesure : Inox 304L	ENDRESS+HAUSER S.A. 3, Rue du Rhin (Z.I.) B.P. 150 68331 Huningue Cedex, FRANCE Tel : +33 (0)3 89 69 67 68 Fax: +33 (0)3 89 69 48 02 Line : www.fr.endress.com E-mail: info@fr.endress.com	 Endress+Hauser	1	/	620 000,00
Sonde mesure PH	Type : Capteur pH Pression max: 6 bar PH : 0 -14 Température : -15 à 130°C	SYMES SYSTEMES ET MESURES Locaux 5.6.17 Cité 8 Mars Plaine Ouest Coopérative Nitrique 23000 Annaba, ALGERIA Tel : +213 (38) 54 26 12 +213 (38) 54 15 13 Fax: +213 (38) 54 26 14		1	/	


Annexe

	Longueur d'immersion : 120mm	E-mail: symes.dz@gmail.com			
--	------------------------------	--	--	--	--

Dégrilleur



désignation	Caractéristique techniques	Fournisseurs	logo	Nombre de pièces en marche	Nombre de pièces en stock	Prix unitaire DA
Dégrille automatique	<ul style="list-style-type: none"> - Modèle : droit automatique - Construction : inox 304 L,Capotage en aluminium et les pièces électromécaniques qui seront peintes - Longueur de la grille : 680 mm - Largeur du canal : 800 mm - Rayon : 1100 mm - Espacement des barreaux : 20mm - Moto réducteur puissance : 220/380v-50Hz 	EUROPELEC : 8 rue d'ABOUKIR 75002 PARIS El : 01-44-82-39-50 Fax: 01-44-82-39-51 Line : www.europelec.com E-mail : info@europelec.com		1	/	4 500 000,00
	<ul style="list-style-type: none"> - Matière : inox 304 					

Annexe



Grille secours	<ul style="list-style-type: none"> - Longueur : 670 mm - Espacement des barreaux : 30 mm - Les barreaux : 40 mm 			1	/	
Sonde de détection de niveau	<ul style="list-style-type: none"> - Marque : liquide point FTW31-A2A2AA4A - point de mesure : 2x tiges,316L - longueur de sonde : 1000mm 	<p>ENDRESS+HAUSER S.A. 3, Rue du Rhin (Z.I.) B.P. 150 68331 Huningue Cedex, France Tel:+33 (0)3 89 69 67 68 Fax:+33 (0)3 89 69 48 02 E-mail: info@fr.endress.com Web: www.fr.endress.com</p>	 Endress+Hauser	2	/	
Batardeaux	/	<p>EUROPELEC : 8 rue d'ABOUKIR 75002 PARIS Tél : 01-44-82-39-50 Fax: 01-44-82-39-51 Line : www.europelec.com E-mail : info@europelec.com</p>		1	/	
Clifford	/			1	/	

Annexe


Dessablage - Dégraissage

désignation	Caractéristique techniques	Fournisseurs	logo	Nde pièces en marche	N de pièces en stock	Prix unitaire DA
Bras de raclage des graisses	/	EUROPELEC : 8 rue d'ABOUKIR 75002 PARIS		2		8 600 000,00
Motoréducteur	Puissance: 0.25 k watt Fréquence : 50HZ I: 400V 1.25A FP= 0.57 R= 100 Vs= 9.5 t r / M n	Tél : 01-44-82-39-50 Fax: 01-44-82-39-51 Lien : www.europelec.com E-mail : info@europelec.com				
Turbine immergée pour déshuileur	Marque : AD01.5 Puissance : 1.5kw Vitesse de rotation : 1390 tr/min Poids : 34kg	BIOTRADE : hall Gilbert Durand 135 avenue de Ranguel 31077 TOULOUSE Cedex 4 Tél : (+33)5 61 14 93 30 Fax : (+33)5 61 14 93 31		1	1	
récupération	Incliné en aluminium					

Annexe


des graisses		Line : www.biotrade.fr		/	/	
Pompe à sable	Marque : EVA Débit maxi : 400 m ³ /h HMT maxi : 32 m	SEIM S.r.l. Via A.Volta, 17 - 20090 Cusago(MI) Italy Tel.:+39 029039211 Fax:+39 0290392141 Line : www.seim.com E -mail : seim@seim.it		1	/	
Classificateur à sable	Marque : SSS210 Débit : 18 m ³ /h Surface de l'eau : 1.3m ² Volume : 0.5 m ³ Longueur : 2906 mm Hauteur : 1100 mm Largeur : 820 mm Hauteur de décharge : 1185 mm Puissance de moteur : 0.25 kw Vitesse de rotation : 5 rpm Diamètre entre : 100 mm	SNOEK TECHNOLOGY sa/nv-Europark-zuid7-B-9100 Sint-Niklaas-Belgique Tél : 03 766 64 22 Fax : 03 766 64 23 E-mail : snoek-techno@pandora.be		1	/	

Annexe

	Diamètre sortie : 150 mm					
Garde –corps plate-forme	/	INTER ENTREPRISE Z.I de Chetouane, Desserte 3		1		
Platelage caillebotis sur ouvrage de répartition	/	Tlemcen – Algérie Tél : +21343276050 Fax : +21343274344 Line: www.groupekherbouche.com		1		
Couverture en tôle du bac à graisse	/	e-mail:info@groupekherbouche.com		1		
Batardeaux d'isolement files biologiques	/			1		

Annexe

Bassin d'aération

désignation	Caractéristique techniques	Fournisseurs	logo	Nombre de pièces en marche	Nombre de pièces en stock	Prix unitaire DA
Turbine d'aération	<p>Diamètre du rotor : 1460 mm</p> <p>Marque : turbine lente fixe FLENDER</p> <p>Type : ZF 148</p> <p>Le moteur :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Marque : SIEMENS - Type : LG200 LB4EW - Vitesse : 1475 t/min - Puissance : 30 kw - Tension d'alimentation : 400 v-50 Hz 	<p>EUROPELEC : 8 rue d'ABOUKIR 75002 PARIS</p> <p>Tél : 01-44-82-39-50</p> <p>Fax: 01-44-82-39-51</p> <p>Line: http://www.europelec.com</p> <p>E-mail : info@europelec.com</p>		4	/	22 800 000,00


Annexe

Agitateur	<p>Marque : CAPRARI</p> <p>Type : CMRY-4.0-4-80</p> <p>Puissance : 4 kw</p> <p>Longueur : 840 mm</p> <p>Largeur : 395 mm</p> <p>Hauteur : 330 mm</p> <p>Diamètre : 515 mm</p> <p>Poids : 106.5 kg</p>	<p>CAPRARI</p> <p>Via Emilia Ovest 900</p> <p>41123 Modena - Italy</p> <p>Tel : +39 059 897 611</p> <p>Fax : +39 059 897 89</p> <p>Line : www.caprari.it</p>		5	/	
Chaîne de mesure d'O ₂	<p>Marque : COS41</p> <p>Gamme de mesure : 0.05.....20mg/l</p> <p>Débit mini : 0.5cm/s</p> <p>Longueur de câble : 7m</p>	<p>ENDRESS+HAUSER S.A.</p> <p>3, Rue du Rhin (Z.I.)</p> <p>B.P. 150</p> <p>68331 Huningue Cedex,</p> <p>France</p> <p>Tel:+33 (0)3 89 69 67 68</p> <p>Fax:+33 (0)3 89 69 48 02</p> <p>E-mail: info@fr.endress.com</p> <p>Web: www.fr.endress.com</p>		2		
Garde-corps plates-formes	/	<p>INTER ENTREPRISE</p> <p>Z.I de Chetouane, Desserte 3</p> <p>Tlemcen - Algérie</p>				
Lames		Tél : +21343276050				

Annexe


déversâtes sortie bassin d'aération	/	Fax : +21343274344 Line : www.groupekherbouche.com e-mail:		2	
Vanne murale	/	info@groupekherbouche.com		2	
Dégazage	Caisson de reprise des flottants en acier inox longueur: 0,50 m Largeur : 0,30 m Profondeur: 0,30 m			1	

Clarificateur


désignation	Caractéristique techniques	Fournisseurs	logo	Nombre de pièces en marche	Nombre de pièces en stock	Prix unitaire DA
Ponts racleurs	Diamètre : 18 m Hauteur : 3m	EUROPELEC : 8 rue d'ABOUKIR 75002 PARIS Tél : 01-44-82-39-50 Fax: 01-44-82-39-51		2	/	800 000,00
réception des flottants Clifford	/	Line : www.europelec.com E-mail : info@europelec.com		2	/	

Annexe


Désinfection

désignation	Caractéristique techniques	Fournisseurs	logo	Nombre de pièces en marche	Nombre de pièces en stock	Prix unitaire DA
Cuve de stockage eau de javel	Réf : 8000h Volume : 8000L Diamètre : 1820 mm Longueur : 3820 Hauteur : 1950 mm Poids : 360kg	EUROPELEC : 8 rue d'ABOUKIR 75002 PARIS Tél : 01-44-82-39-50 Fax: 01-44-82-39-51 Line : www.europelec.com E-mail : info@europelec.com		1	/	1 500 000,00
Pompe doseuse	Motor : 0.55kw Liquide : hypochlorite de sodium Température : +50° Pression : 4,7 bar	SEKO S.p.A via di vittoria, 25- 20068 peschiera B.(MI)- ITALY Tél : + 39 02 97 37 24 11 Fax: + 39 02 55 30 17 44 Line : www.seko.com		1/2	/	

Annexe

		E-mail : info.psd@seko.com				
Lame déversant canal désinfection	/	EUROPELEC : 8 rue d'ABOUKIR 75002 PARIS Tél : 01-44-82-39-50 Fax: 01-44-82-39-51 Line : www.europelec.com E-mail : info@europelec.com		1	/	


Canal de comptage

désignation	Caractéristique techniques	Fournisseurs	logo	Nombre de pieces en marche	Nombre de pièces en stock	Prix unitaire DA
Canal de comptage	/	ENDRESS+HAUSER S.A. 3, Rue du Rhin (Z.I.)	 Endress+Hauser	1	/	800 000,00
Sonde ultrasons	/	B.P. 150 68331 Huningue Cedex,		1	/	
Canal venturi	Type : préfabriqué à fond plat Débit nominal : 95m ³ /h	France Tel:+33 (0)3 89 69 67 68		1	/	


Annexe

	Débit mini : 30m ³ /h Débit max : 300m ³ /h	Fax: +33 (0)3 89 69 48 02 Line : www.fr.endress.com			
Prélèvement d'échantillons	Marque : LIQUISTATION CSF48 Largeur : 816mm Longueur : 1758	E-mail: info@fr.endress.com		1	/

Recirculation et extraction de boues


désignation	Caractéristique techniques	Fournisseurs	logo	Nombre de pièces en marche	Nombre de pièces en stock	Prix unitaire DA
Vannes sous bouche à clé soutirage des boues	/	/	/	2	/	6 000 000,00
Pompes immergées	Marque : KCM080HG + 001241N1 Débit : 59.4 Hauteur de refoulement : 4.2m Puissance : 1.19kw	CAPRARI Via Emilia Ovest 900 41123 Modena - Italy Tel : +39 059 897 611		2/3	/	

Annexe

potence	Rendement : 55.1% Installation : fixe immergée	Fax : +39 059 897 89 Line : www.caprari.it				
Pompes à vis excentrée	Produit pompé : boues aération Viscosité : <200 cPo Densité : 1 Abrasivité : faible Taille de particules : <1mm Concentration : 35 g/l Température : ambiante PH : 6-9 Débit : 2,6 à 12 m ³ /h Pression D'aspiration : en charge Pression De Refoulement : 2 bar maxi Utilisation : <10 h/j	PCM : 17 rue Ernest – BP 35- 92173 VANVES CEDEX- France Tél : +33(0)1 41 08 15 00 Fax : +33(0)1 41 08 1515 Line : www.pcm.eu E-mail : contact@pcm.eu		2	/	

Annexe

Déshydratation de boues

désignation	Caractéristique techniques	Fournisseurs	logo	Nombre de pièces en marche	Nombre de pièces en stock	Prix unitaire DA
Filtre à bande	<p>Marque : EMO</p> <p>Type : OMEGA100 100</p> <p>Modelé : OMEGA 100 100</p> <p>Langueur : 2230 mm</p> <p>Largeur : 1900mm</p> <p>Hauteur : 1640 mm</p> <p>Poids : 1200kg</p> <p>Débit acceptable des boues : 6m³/h</p> <p>Largeur de toile : 1.0 m</p> <p>Longueur de filtration :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Egouttage : 1500mm - Pressage : 3800 mm <p>Puissance électrique : 0.75kw</p> <p>Débit d'eau de relevage : 6.0 m³/h</p> <p>Vitesse d'entraînement de la toile : 0.72-25 m/min</p>	<p>EMO</p> <p>4 rue Lépine - BP 53209</p> <p>Parc d'Activités de la</p> <p>RICHARDIERE</p> <p>35530 NOYAL SUR</p> <p>VILAINE</p> <p>France</p> <p>Tél. : +33.(0)2.99.86.02.03</p> <p>Fax : +33.(0)2.99.86.02.04</p> <p>Line : www.emo-france.com</p> <p>E-mail : emo@emo-france.com</p>		1	/	13 500 000,00

Annexe


Unité de préparation polymère	/			1	/	
-------------------------------------	---	--	--	---	---	--

Eau industrielle

désignation	Caractéristique techniques	Fournisseurs	logo	Nombre de pieces en marche	Nombre de pièces en stock	Prix unitaire DA
Pompe eau industriel	Model : CVX161/6+F0550T221 Débit : 25m ³ /h Hauteur de refoulement : 45.6m Fluide : eaux potable Fréquence : 50Hz Vitesse : 2900 t/min	CAPRARI S.p.A. VIA EMILIA OVEST, 900-41123 MODESNA (ITALY) Tél : +39 059 89 76 11 Fax : +33 059 89 78 97 E-mail : info@caprari.it Line : www.caprari.com		1	/	120 000,00

Annexe

Tuyauterie hydraulique

La sortie	L'alimentation	logo	Nombre de pièces en marche(ml)	Nombre de pièces en stock	Prix unitaire DA
Sortie canal dégrilleur	Alimentation PVC DN450 PN10	CANAL PLAST	5	/	3 500 000,00
// dégraisseur	// ouvrage répartition PVC DN400 PN10	Z.I de Chetouane, Desserte 3 Tlemcen - Algérie	0.6	/	
// ouvrage répartition	// bassin d'aération PVC DN400 PN10	Tél : +21343276050 Fax : +21343274344 Line :	2*8	/	
// bassin d'aération	// dégazage PVC DN400 PN10	www.groupekherbouche.com e-mail:	2*1.5	/	
// dégazage	// clarificateur PVC DN400 PN 10	 CANAL PLAST	2*30	/	
// clarificateur	// désinfection PVC DN315 PN10	Expanding of Commercial	2*11	/	
// désinfection	// canal de comptage PVC DN450 PN10		11	/	
// canal de	// regard PVC DN450 PN10		6	/	

Annexe

comptage				
Sortir des boues depuis clarificateur	Vers fosse à boues PVC DN280 PN10		2*15	/
Recirculation des boues	Vers ouvrage de répartition PVC DN315 PN10		95	/
Refoulement des boues excès	vers épaisseur PVC DN110 PN10		125	/
Soutirage des boues depuis silo	Vers table d'égouttage PVC DN 110 PN10		45	/
Refoulement pompe gaveuse sortie table	Vers bennes de stockage PVC DN225 PN10		20	/
Refoulement colature prétraitements et silo	PVC DN 160 PN10		15	/
Réseau gravitaire colature bâtiment	PVC DN225 PN10		95	/
Refoulement poste colature	Vers ouvrage de répartition PVC DN90 PN10		125	/
Distribution eau industrielle depuis canal désinfection	PVC DN40 PN10		45	/
Distribution eau	PVC DN40 PN10		20	/



Annexe

industrielle sur la station				
injection javel dans canal de désinfection	PVC DN40 PN 10		125	/


Installation électrique

désignation	Caractéristique techniques	Fournisseurs	logo	Nombre de pieces en marche	Nombre de pièces en stock	Prix unitaire DA
Groupe électrogène	<p>Puissance : 250KVA</p> <p>Type : THLC200PB-AC</p> <p>Longueur : 3800mm</p> <p>Largeur : 1120mm</p> <p>Hauteur : 1940mm</p>	<p>TELLHOW :</p> <p>关于本站点的问题或建议, Tel:86-791-88105588 Fax:86-791-88106688</p> <p>域名: www.tellhow.com</p> <p>请发至 : manage@tellhow.com</p> <p>Traduction : (Questions ou des suggestions concernant ce site, s'il vous plaît envoyer à Tel :86-791-88105588 Fax :86-791-88106688</p>		2	/	7 000 000,00

Annexe

		line : www.tellhow.com E-mail: manage@tellhow.com				
Boite jonction	Prétraitement	SCHNEIDER ELECTRIC :Thalassa s/coto 1-9 sente boy di lyobrigat (08830) Tél : (0034)936353600		3	/	
	Bassin d'aération			/	/	
	Clarificateur			/	/	
	Désinfection	SCHNEIDER ELECTRIC ALGER N 2 rout wladefayet 16000 daliibrahimealger Tél: (00213)21 36 89 00 Line: www.schneider-electric.com		1	/	
	Déshydratation			1	/	
	Station de relavage			1	/	
Post électrique	Crouce+lumenireur	BELUX : 06 bd .ahmedbenabderezak ORAN ALGER Tél:041 40 99 36/041 40 72 92 Fax:041 40 83 29/041 40 08 95 E-mail:		12	/	
	Condilab + crouce +luminer			18	/	

Annexe

		belux@beluxclairage.com				
Arrête d'urgence	Groupe électrogène			1	/	
	Arrête général TGBT	SCHNEIDER		1	/	
	Armoire de commende	ELECTRIC :Thalassa s/coto 1-		3	/	
	Station de relevage + groupe	9 sente boy di lyobrigat		4	/	
	Prétraitement a clé	(08830)		1	/	
	Zone de contact	Tél : (0034)936353600		2x2	/	
	Bassin d'aération	SCHNEIDER ELECTRIC		1x1	/	
	Clarificateur	ALGER		1	/	
	Désinfection	N 2 rout wladefayet 16000		4	/	
	Déshydrations	daliibrahimealger		1	/	
	Eau industriel	Tél : (00213)21 36 89 00		1	/	
Poste dessous	Line: www.schneider-electric.com					

Résumé

Les stations d'épurations rencontrent de temps à autres des problèmes qui pénalisent leurs fonctionnements et limitent leurs fiabilités. Complexes dans leur compréhension, leur maîtrise est parfois délicate pour les détecter. Le présent travail porte essentiellement sur l'analyse de l'ensemble des dysfonctionnements qui peuvent nuire à la continuité de service de la station d'épuration d'Ain El Houtz. Tout d'abord, nous avons étudié la variation des différents paramètres physico-chimiques et du process sur une série de données mensuelles de six ans d'exploitation (2009-2014) et nous les avons comparés avec les normes de rejets algériennes. Les résultats de l'analyse ont été présentés et discutés. Par la suite, nous avons appliqué la méthode de l'AMDEC sur les différents dépassements de ces paramètres par rapport à la norme, ce qui permet de comprendre l'origine et le problème de ces évolutions marqués, puis trouver des solutions adéquates pour y remédier. Ainsi, nous avons généralisé cette méthode sur l'ensemble des procédés de la STEP. Pour finir, nous avons proposé quelques solutions qui peuvent aider la STEP à minimiser certains problèmes et améliorer ses performances épuratoires.

Mots clés : dysfonctionnement, analyse, STEP d'Ain El Houtz, normes, AMDEC, performances épuratoires.

Abstract

Sewage treatment plants meet from time to time problems which penalize their operation and limit their reliability. Complex in their understanding, their control is sometimes difficult to detect. The present work focuses on the analysis of all malfunctions which may affect the continuity of service of the waste water treatment plant of Ain El Houtz. First, the variation of different physicochemical parameters and the process on a series of six monthly operating data (2009-2014) were studied and compared with the standards of Algerian norms. The results of the analysis were presented and discussed. Subsequently, the FMEA method of the on different overruns of these parameters in relation to the standard was applied. This allows to understanding the origin and the problem of these marked developments, then finding their appropriate solutions. Thus, this method was extended to all processes of the WWTP. Finally, some solutions were proposed which can help the WWTP to minimize the problems and improve the treatment performance.

Key words : malfunctions, analysis, waste water treatment plant of Ain El Houtz, norms, FMEA, treatment performance.

المخلص

تصادف محطات معالجة مياه الصرف الصحي من وقت لآخر مشاكل معرقله لعملها ومساهمة في الحد من موثوقيتها. تعد هذه الأخيرة معقدة و صعبة في فهمها و في بعض الأحيان نادرة السيطرة عليها. العمل المقدم في هذه الأطروحة يركز على تحليل جميع الأعطال التي قد تؤثر على استمرارية عمل محطة عين الحوت في معالجة المياه للصرف الصحي.

أولاً، قمنا بدراسة التغيرات لمختلف العناصر الفيزيوكيميائية وسلسلة من البيانات الشهرية لمدة ست سنوات. بعد ذلك قمنا بمقارنة نتائج التحليل ومناقشتها وفقاً لمعايير الصرف الجزائري.

وفي وقت لاحق قمنا بتطبيق نظرية AMDEC على مختلف تجاوزات هذه العناصر بالنسبة إلى المعايير، مما سمح بفهم مصدر و مشكل هذه التطورات الملحوظة. إيجاد الحلول المناسبة لها. أيضاً قمنا بتعميم هذه النظرية على كافة عناصر المحطة. أخيراً قمنا باقتراح بعض الحلول التي يمكنها أن تساعد محطة معالجة مياه الصرف للحد من بعض المشاكل و تحسين كفاءة التصفية.

الكلمات المفتاحية : الاعطال، تحليل، محطة معالجة المياه عين الحوت الصرف الصحي، المعايير، AMDEC، كفاءة التصفية.