

## Détermination du niveau quotidien de fiabilité dans une station de traitement des eaux usées municipale

DJEDDOU Messaoud<sup>a</sup>, ACHOUR Bachir<sup>b</sup> et MARTAUD Maurice<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Département d'Hydraulique, Faculté des Sciences et Sciences Appliquées, Larbi Ben M'Heidi Université de Oum El Bouaghi-BP 358, Route de Constantine, Algérie.

<sup>b</sup>Département Génie Civil et Hydraulique et, Faculté des sciences et de la technologie, Mohamed Kheider Université de Biskra, Algérie. BP. 145 RP, 07000 Biskra, Algérie.

<sup>c</sup>Lyonnaise des Eaux. Centre Technique Assainissement Réseaux, 51 Avenue de Sénart, BP29, 91230 Montgeron, France.

### RESUME

Cette étude présente une détermination du niveau quotidien de fiabilité d'une station de traitement des eaux usées résiduaires utilisant un procédé à boue activée dans l'Est de l'Algérie, on utilisant un modèle probabiliste développée par Niku et al. (1979) pour la détermination du coefficient de fiabilité (CdF), pour les concentrations des paramètres de qualités (DBO<sub>5</sub>, DCO, et MES) de l'effluent obtenus à partir des données de quatre ans d'exploitation (2009-2012). Nous avons calculé le Coefficient de fiabilité, puis les niveaux quotidiens de fiabilité pour les paramètres considérés suivant les normes algériennes de rejet.

Les résultats ont prouvés en global un bon niveau de performances puisque les concentrations de la DBO<sub>5</sub> et la DCO des eaux traités présentent en global une conformité avec les normes de rejet en Algérie, par contre le niveau de performance des MES est très médiocre du à la grande variabilité des quantités et de la qualité des eaux usées, et des problèmes dans quelques composants du procédé de traitement.

**Mots-clés:** Eaux usées, station d'épuration, fiabilité quotidienne, concentration des effluents, boues activées.

### ABSTRACT

This paper presents a determination of daily reliability level of activated sludge wastewater treatment plant in Eastern of Algeria, using a method developed by Niku et al (1979) for determination of coefficient of reliability (COR), for effluent concentrations of BOD<sub>5</sub>, COD, and TSS obtained from four years data operation (2009-2012). We calculated COR, and using Algerian standards concentrations we have determined a daily reliability level for the considered parameters.

The results showed that in global effluent BOD<sub>5</sub> and COD performances are in terms of compliance with the Algeria standards, effluent TSS performances are not enough good due to the high variability of the quantity and quality of waste water, and problems in some components of the treatment process.

**Keywords:** Wastewater treatment plant, daily reliability, effluent concentration, activated sludge.

## 1 Introduction

La fiabilité d'un système peut être définie comme « la probabilité d'atteindre une performance adéquate pour une période de temps spécifique sous certaines conditions » [1] ou comme « la capacité d'effectuer la période de temps spécifiée dans des conditions de fonctionnement spécifié » ou « la capacité de répondre aux exigences spécifiées libres de l'échec ». Pour des performances des stations d'épuration, une définition plus spécifique est proposée: " le pour cent de temps que la concentration des effluents respecte les exigences du permis précisées » [2,3].

Les fondamentaux de l'ingénierie de la fiabilité peuvent être appliqués à la quantification de la probabilité que les événements indésirables peuvent survenir. Par conséquent, l'analyse basée sur la fiabilité des installations de traitement des eaux usées permet à l'ingénieur d'exploiter la structure statistique de données entrantes et sortantes afin de prédire la probabilité d'événements indésirables. La nature variable à la fois de la quantité et la qualité des effluents à l'entrée de la station pendant la durée de vie de l'installation peut entraîner des écarts par rapport à l'efficacité souhaitée lors de la conception. Cependant, les niveaux d'effluents ciblées (ou seuils) doivent être choisis à des fins d'exploitation quotidiennes. Ces seuils peuvent être choisis et sauvegardés avec une probabilité acceptée pour atteindre en permanence ces valeurs [4].

Une station d'épuration sera totalement fiable si il n'y a pas violation des limites prescrites par les normes et réglementations environnementales en vigueur. Mathématiquement, une station de traitement est totalement fiable si il n'ya pas de manquement dans l'exécution du processus de traitement [2,3].

L'intérêt de l'étude découle de l'absence de recherches sur la fiabilité des technologies de traitement des boues activées présentés par Niku et al. (1979) [5] sur les processus de boues activées et Niku et al. (1982) [6] sur les lits bactériens. Dans la littérature, le manque d'études d'analyses et de quantification de la fiabilité des stations d'épuration utilisant le procédé de traitement par boues activées se fait remarqué malgré que cette technique est majoritairement utilisées dans le traitements des eaux usées municipales.

Cet article présente le contexte mathématique proposé par Niku et al. (1979) [5] et sa mise en œuvre pour évaluer la fiabilité de la station de traitement des eaux usées municipales de la ville de

Khenchela (STEU) (Est de l'Algérie) qui conduit à une première évaluation des niveaux de performances des composantes essentielles du processus de traitement des eaux usées.

## 2 Méthodologie

La fiabilité d'une station d'épuration est basée sur la connaissance du comportement du processus. En raison de la variabilité dans le temps en quantité et en qualité des eaux usées à l'entrée. La station d'épuration devrait être conçu pour réduire la charge polluantes des effluents, et permettre le rejet d'une eau traité ayant des paramètres de qualité en dessous d'un seuil de décharge réglé. Niku et al. (1979) [5] ont développé une méthode basée sur une analyse probabiliste pour déterminer ce seuil. Leur procédé concerne la concentration moyenne d'un paramètre à la valeur du seuil légal. Cette méthode a été utilisée et recommandée dans les deux manuels importants [6,2] et utilisé ou consulté par plusieurs auteurs dans les 25 dernières années [7,8,9].

Le défaut de fonctionnement de la station de traitement se produit lorsque les normes requises établies pour les effluents traités et rejetés dépassent ces normes [10]. Niku et al. (1979) [5] ont modélisé l'échec par la simple équation suivante:

$$D = C_S > C_N \quad (1)$$

avec:

D: Défaillance;

$C_S$ : concentration des paramètres sélectionné de qualité de l'effluent traité à la sortie de la station;

$C_N$ : concentration de la norme de rejet établi par législation.

D'un point de vue technique, le concept essentiel de la fiabilité est "la probabilité de succès" ou «probabilité d'une performance adéquate", ce qui est le pourcentage de temps qui a sélectionné les effluents traités concentration des paramètres de qualité conforme aux exigences [5]:

$$F = 1 - P(D) \quad (2)$$

avec:

F: Fiabilité;

P(D): Probabilité de défaillance.

De l'équation (1), la valeur de R est égale à:

$$F = 1 - P(C_S > C_N) \quad (3)$$

La probabilité de défaillance est extrêmement sensible à la fonction de distribution de probabilité de la concentration des paramètres de qualité de l'effluent traité sélectionné. Par conséquent, une fois que cette loi de distribution est connue, une expression analytique peut être utilisée pour traiter la fraction de temps que pour une concentration donnée a été dépassée dans le passé. En supposant que les paramètres de fabrication et les paramètres de contrôle sont maintenus inchangés, cette expression peut être utilisée pour prédire le comportement futur d'une station d'épuration [11].

Le seuil ( $m_x$ ) fixé pour une qualité moyenne des effluents constituant d'un paramètre donné traité peut être dérivé de l'équation:

$$m_x = CdF \times C_N \quad (4)$$

Avec:

$m_x$ : concentration moyenne du paramètre considéré de l'effluent;

$C_N$ : concentration imposé par la réglementation algérienne (normes de rejet) de l'effluent traité sélectionnée;

CdF: coefficient de Fiabilité.

Niku et al. (1979) [5] proposent de traiter le coefficient de fiabilité (CdF) en utilisant le modèle mathématique suivant:

$$CdF = (Cv_x^2 + 1)^{1/2} \times e^{\left\{-Z_{1-\alpha} \left[ \ln(Cv_x^2 + 1) \right]^{1/2}\right\}} \quad (5)$$

Avec:

$Cv_x$ : coefficient de variation (écart-type divisé par la moyenne) pour une concentration de paramètre de qualité choisi de l'effluents traités (identifié par le suffixe X);

$Z_{1-\alpha}$ : Variables aléatoires normales standards (obtenue à partir des tableaux de loi normale

standard) correspondant à la probabilité de non-dépassement à un seuil de confiance de  $(1-\alpha)$ ;

$\alpha$ : niveau de signification.

Le modèle exposé ci-dessus a été utilisé pour quantifier la fiabilité quotidienne de la station de Khenchela (Est de l'Algérie). Il a été mis en œuvre à l'aide des mesures journalières des concentrations de paramètres sélectionnés utilisés pour le suivi de la qualité des effluents traités durant quatre années d'exploitation (2009-2012).

### 3 Etude de la fiabilité de la station d'épuration de Khenchela

#### 3.1 Etude statistiques préliminaires des données

Le modèle de fiabilité de Niku et al. (1979) [5] a été conçu pour modéliser les données selon une loi de distribution log-normale. Par conséquent, la première étape à franchir est de déterminer les lois de distribution de probabilité réelle des paramètres de qualité de l'effluent traité de la station d'épuration.

La qualité des effluents traités rejetés par la station d'épuration a été étudié à l'aide de trois paramètres couramment utilisés pour les rejets des stations d'épuration : La demande biochimique en oxygène après cinq jours ( $DBO_5$ ), la demande chimique en oxygène (DCO), et les matières solides en suspension (MES).

Les coefficients d'asymétrie et d'aplatissement présentés dans le Tableau 1, ont été utilisés pour une vérification préliminaire de la normalité des données des effluents traités rejetés par la station d'épuration de Khenchela.

Le coefficient de dissymétrie est une mesure de la déviation ou de la distance de la symétrie d'une distribution ayant une valeur proche de zéro lorsque la courbe de distribution est symétrique et a tendance à être positive lorsque la distribution est décalée vers la droite.

Le coefficient d'aplatissement mesure le degré de courbure ou de la planéité d'une distribution [12,13,14,15].

Tableau 1: paramètres statistiques des concentrations DBO<sub>5</sub>, DCO, et des MES de l'effluent à la sortie de la station d'épuration de Khenchela (2009).

	DBO <sub>5</sub> (mg/l)	DCO (mg/l)	MES (mg/l)
Moyenne	32.06	62.70	33.32
Ecart-type	17.15	37.66	31.04
Coeff. De variation	53.49%	60.06%	93.15%
Minimum	13.0	13.0	11.0
Maximum	99.0	164.0	363.0
Intervalle	86.0	151.0	352.0
Coeff. d'asymétrie	7.956	2.719	37.823
Coeff. d'aplatissement	12.707	0.720	181.792

### 3.2 Lois de distribution des concentrations des paramètres de la qualité des effluents traités

La variabilité des concentrations pour les paramètres sélectionnés utilisés pour le suivi de la qualité de l'effluent traité peut être représenté et analysé par la détermination de l'histogramme et de la fonction de densité de probabilité (FDP) de chaque concentration. Figure 1, 2 et 3 présentent les histogrammes et les FDP des concentrations DBO<sub>5</sub>, DCO, MES de l'effluent traité rejetés durant l'année 2009.

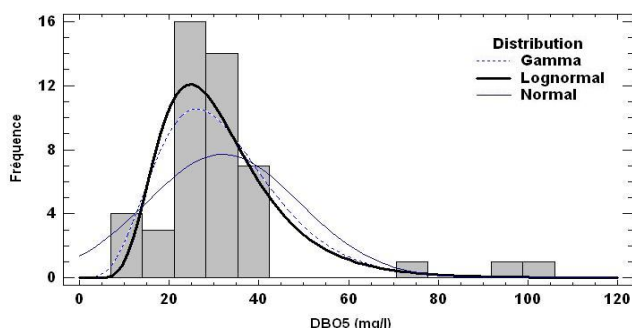


Figure 1: Histogramme et FDP de la concentration du DBO<sub>5</sub> de l'effluent à la sortie de la station d'épuration de Khenchela (2009).

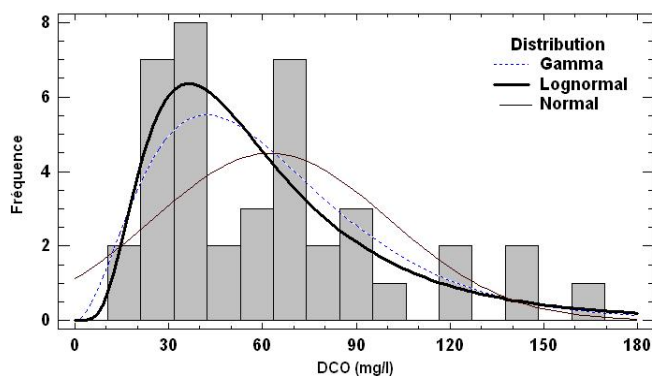


Figure 2: Histogramme et FDP de la concentration du DCO de l'effluent à la sortie de la station d'épuration de Khenchela (2009).

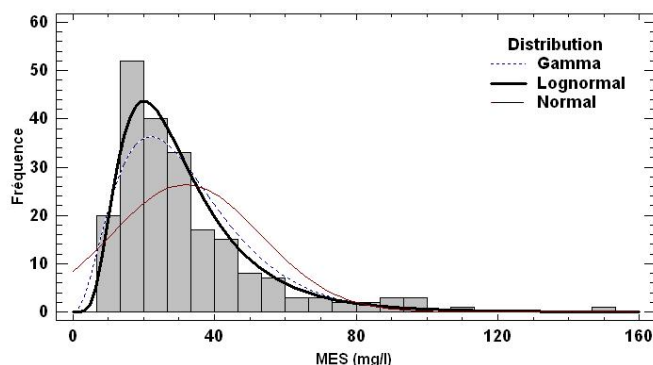


Figure 3: Histogramme et FDP de la concentration des MES de l'effluent à la sortie de la station d'épuration de Khenchela (2009).

On constate que les données sont généralement asymétrique à droite, ce qui est cohérent avec le tableau 1.

Pour caractériser la loi de distribution des concentrations de la DBO<sub>5</sub>, DCO et MES ont été étudiés suivant les lois: Normal, log-normales et gamma.

La vérification de la qualité de l'ajustement-des données de concentrations des effluents est réalisée par les tests suivants: Test de Kolmogorov-Smirnov (D), Cramer-Von Mises (W<sup>2</sup>), Anderson Darling (A<sup>2</sup>), et Watson (U<sup>2</sup>). Le "logiciel" utilisé pour effectuer les tests était STATGRAPHICS Centurion XVII.I.

Les résultats montrent que la distribution log-normale est la plus représentative du comportement des paramètres considérés (DBO<sub>5</sub>, DCO et MES) des effluents. Pour confirmer le choix de cette distribution, les données ont été transformées à leur valeur logarithmique et un test de normalité a été réalisé. La normalité des données a été vérifiée en utilisant le test de Shapiro-Wilk (W).

Le résultat obtenu sont cohérent avec l'observation faite par [11,16,17]. Une série d'études publiées sur la répartition des données sur la concentration de la station d'épuration (les paramètres les plus considérés, la DBO<sub>5</sub> et MES ) signalent que la distribution log-normale donne un bon ajustement global aux valeurs des concentrations des effluents [11,5,16,18,19,20,21,22,23,24,17].

La distribution log-normale des concentrations de l'effluent était également compatible avec d'autres recherches [25,26,27,28,29].

### 3.3 Détermination du coefficient de fiabilité (CdF) de la station d'épuration de Khenchela

Les valeurs prises par le coefficient de variation ( $C_v$ ) pour les paramètres sélectionnés de qualité de l'effluent traité ont été traitées pour la période 2009-2012. Les valeurs correspondantes du coefficient de fiabilité ont été traités pour un seuil de confiance unique, égale à 95% ( $\alpha = 5\%$ , le niveau de signification, équation 5). La sélection des valeurs de  $\alpha$  (niveau de signification, l'équation 5) (et par la suite les valeurs  $1-\alpha$ ) conduit à la probabilité cumulée correspondante de la distribution normale standard.

Ces valeurs ont été déterminées par la fonction LOI.NORMALE.STANDARD dans Excel, mais sont faciles à trouver dans les manuels statistiques. Fixer arbitrairement les valeurs pour  $C_{v_x}$  donne des valeurs CdF pour un seuil de confiance donné ( $1-\alpha$ ).

Le contexte théorique exposé au paragraphe 2 conduit à fixer des limites opérationnelles ( $m_x$ ) pour les concentrations de certains paramètres utilisés pour le suivi de la qualité des effluents traités. Ces limites opérationnelles sont traitées à l'aide de l'équation (4) du modèle exposé au paragraphe 2.1 où les valeurs prises par la variable  $C_s$  sont dérivées des normes algériennes en vigueur :  $C_{N-DBO_5} = 40$  mg/l ;  $C_{N-MES} = 40$  mg/l ;  $C_{N-DCO} = 130$  mg/l. Les résultats des applications numériques sont présentés dans le tableau 4.

Tableau 2: Valeurs moyennes des directives opérationnelles ( $m_x$ ) pour les concentrations de la  $DBO_5$ , DCO et MES. Station d'épuration de Khenchela ( 2009-2012)

		2009	2010	2011	2012
BOD <sub>5</sub> (mg/l)	Cv	0.53	0.65	0.32	0.29
	COR	0.5	0.45	0.63	0.65
	$m_x = COR \times C_s$	20	18	25.2	26
COD (mg/l)	Cv	0.6	0.58	0.32	0.58
	COR	0.47	0.45	0.63	0.48
	$m_x = COR \times C_s$	61.1	58.5	81.9	62.4
TSS (mg/l)	Cv	0.93	0.75	0.55	0.69
	COR	0.37	0.42	0.49	0.43
	$m_x = COR \times C_s$	14.8	16.8	19.6	17.2

Le procédé mis en œuvre pour définir les lignes directrices opérationnelles donne des seuils plus

exigeants que la réglementation en vigueur. En d'autres termes, en mettant l'accent sur la fiabilité ont doit aboutir à la conception et au fonctionnement de la station de telle manière que la concentration moyenne du paramètre sélectionné donné est au-dessous des limites en vigueur. L'écart entre la valeur de consigne et la limite dépend de la variation réelle de la concentration (modélisé et quantifié par le coefficient de variation), et par le seuil de confiance sélectionné.

### 3.4 Détermination du niveau de fiabilité de la station d'épuration de Khenchela

Le niveau de fiabilité est traité en utilisant l'équation 3 du modèle exposé au paragraphe 2. Dans ce modèle, la variable  $C_s$  prend les valeurs calculées pour la concentration  $m_x$ . Le suivi quotidien de la STEU fournit les données pour le calcul de la probabilité  $P(C_s > C_N = m_x)$ , en tenant compte du fait que la loi de distribution de la concentration des paramètres de qualité des effluents traités sélectionnés sont des distributions log- normales .

Les opérateurs manifestent un intérêt à mettre en œuvre la méthode de Niku et al. (1979) [5] pour effectuer une évaluation quotidienne de la fiabilité de la station d'épuration, avec un intérêt particulier pour la fiabilité du processus de traitement (boues activées), et son impact sur les paramètres caractérisant la qualité de rejet ( $DBO_5$ , DCO et MES). Par la suite, une analyse complète des données de fonctionnement a été réalisée pour recueillir toutes les données nécessaires.

Ensuite, nous avons procédé à une comparaison entre les concentrations des effluents quotidiennes de la station d'épuration et la gamme de concentration moyenne en fonction des différents niveaux de fiabilités pour déterminer le niveau de fiabilité approprié pour les paramètres considérés . Les calculs du niveau de fiabilité quotidien de la station d'épuration de Khenchela des paramètres de qualités d'effluents ( $DBO_5$ , DCO et MES) sont présentés dans les figures ci-dessous.

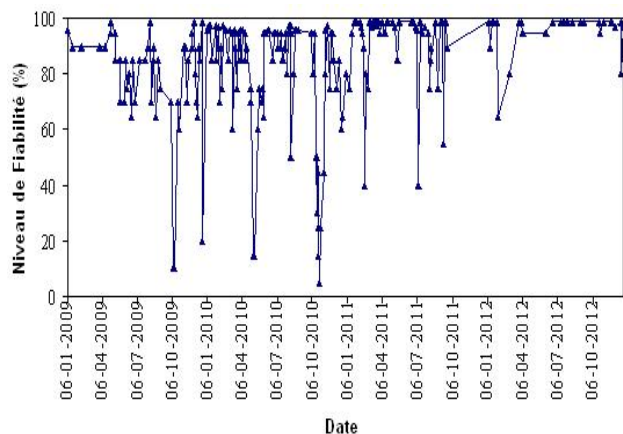


Figure 4: Niveau de la fiabilité de la DBO5 des effluents. Station d'épuration de Khenchela (2009-2012)

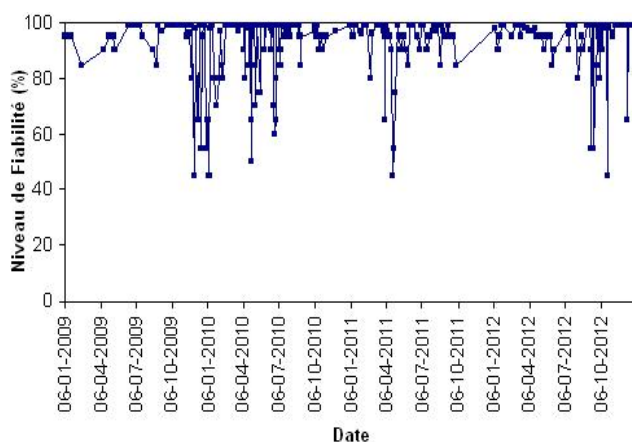


Figure 5: Niveau de la fiabilité de la DCO des effluents. Station d'épuration de Khenchela (2009-2012)

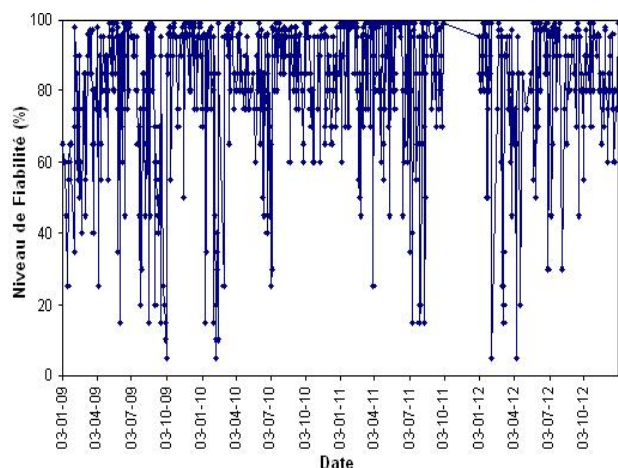


Figure 6: Niveau de la fiabilité des MES des effluents. Station d'épuration de Khenchela (2009-2012)

La variabilité du niveau de fiabilité de la station d'épuration est observée, cette variabilité est due à de nombreux facteurs qui affectent les performances du procédé de traitement des eaux usées. Parmi ces facteurs la variabilité des quantités et des caractéristiques des eaux usées, de leurs variabilité

dans le temps, du comportement inhérent des différents composants du processus de traitement des eaux usées (fiabilité intrinsèque), la variabilité est causée par des défaillances mécaniques, en plus du manque d'expérience des opérateurs d'usines de traitement des eaux usées en particulier dans les pays en développement.

#### 4. CONCLUSION

La variabilité des concentrations des effluents a été décrite par le coefficient de variation. Les variables d'effluents (DBO<sub>5</sub>, DCO et MES) ne sont pas réparties de manière symétrique et généralement leur distribution est décalé vers la droite. La loi de distribution de probabilité pour des concentrations DBO<sub>5</sub>, DCO et MES d'un procédé par boues activées a été examinée. L'étude a montré que la distribution log-normale donne toujours un bon moyen d'observation de l'ensemble des paramètres des effluents.

Un modèle probabiliste a été utilisé pour déterminer les seuils pour les effluents DBO<sub>5</sub>, DCO et MES concentrations. De la connaissance du comportement des concentrations de l'effluent, il était possible de calculer les valeurs des coefficients de fiabilité (CdF).

L'approche probabiliste fournit une base théorique pour la définition des seuils d'exploitation pour la gestion de la station d'épuration. En outre, l'analyse de la fiabilité découle de cette approche probabiliste où la fiabilité est exprimée comme la probabilité de succès ou une performance adéquate en fonction des valeurs moyennes et la variabilité des effluents. Si la performance d'une station d'épuration des eaux usées obéit à une loi de distribution log-normale comme indiqué par [11,19,5,16,8,20,21,2,24,30,17], il ya toujours une probabilité non nulle de dépasser une limite supérieure, même si cette probabilité peut être très faible. Ainsi, en utilisant des méthodes probabilistes dans l'établissement de normes de rejet est une approche pratique et réaliste d'un point de vue opérationnel

La contribution de l'étude réside dans la production d'information fiable qui peut être utilisé par les opérateurs de l'usine de traitement des eaux usées pour évaluer un niveau de fiabilité tous les jours, et de comprendre la performance de traitement biologique, compte tenu de la qualité de l'effluent pour le développement de normes de rejet que sont raisonnables, efficaces et techniquement réalisable.

#### Remerciement

Les auteurs tiennent à remercier Mr. Belaid Hichem, Mme Akila Messera de Khenchela station d'épuration, et M. Marco Von Sperling (Université fédérale de Minas Gerais, Brésil)



## References

- [1] D. N. Chorafas, *Statistical Process and Reliability Engineering*. D. Van Nostand Co., Princeton, New Jersey, (1960).
- [2] Metcalf and Eddy, *Wastewater engineering treatment and reuse*. Metcalf & Eddy, Inc., 4th. Ed. New York, (2003), 1819p.
- [3] N. T. Kottegoda and R. Rosso, *Statistic, Probability, and Reliability for Civil and Environmental Engineers*, Blackwell Publishing Ltd. 2nd Edition, Oxford, UK, (2008), 718p.
- [4] G. W. Ellis, D. Grasso, and X. Ge, ARMA Processes and Reliability-Based Design of Wastewater-Treatment Facilities. *Journal of Environmental Engineering*, Vol. 119, (1993) No. 3, pp.: 463-477.
- [5] S. Niku, E. D. Schroeder, and F. J. Samaniego, F. J., Performance of Activated Sludge Processes and Reliability-Based Design. *Journal Water Pollution Control Federation*, Vol.51, (1979),No. 12, pp.: 2841-2857.
- [6] R. Crites, and Tchobanoglous, *Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones*. Mcgraw-Hill Interamericana S.A., Bogota, Colombia, (2000), 776p.
- [7] S. T. Quek, K. K. Ang, and S. L. Ong, Reliability of domestic waste biofilm reactors. *J. Environ. Eng.* (1995), 121 (11), pp.: 785–790.
- [8] C. Etnier, J. Willets, C. Mitchell, et al., Decentralized Wastewater Treatment System Reliability Analysis. *EcoEng-Newsletter*, N°11, (2005). Available on: <http://www.iees.ch/EcoEng051>.
- [9] A. K. Gupta, and K. Shrivastava, Uncertainty analysis of conventional water treatment plant design for suspended solids removal. *J. Environ. Eng.* 132 (11), (2006), pp1413–1421.
- [10] S. S. A., Al Saleem, *Performance Analysis of Sanitary Wastewater Treatment Plants: Reliability-Based Analysis*. Master thesis, King Saud University, KSA, (2007), 198p.
- [11] R. B. Dean, R. B. and S. L. Forsythe, Estimating the reliability of advanced waste treatment. Part 1 and Part 2, *Water & Sewage Works*, (1976).
- [12] E. S. Pearson, R. B. D'Augustine and K. O. Bowman, Tests for Departure from Normality: Comparison of Powers. *Biometrika*, N 64, (1977), pp.: 231-246.
- [13] R. B. D'Agostino, and M.A. Stephens, *Goodness-of-fit Techniques*, MARCEL DEKKER, Inc, (1986), New York, USA.
- [14] R. B. D'Agostino, A. Belanger A., R. B. JR D'Agostino, (1990), "A Suggestion for Using Powerful and Informative Tests of Normality", *The American Statistician*, Vol 44, (1990), No. 4, pp.: 316-321.
- [15] D. R. Helsel and R. M. Hirsch, *Statistical methods in water resources. Techniques of Water Resources Investigations Series*, Book 4, chapter A3, U.S. Geological Survey, (1992), 509 p.
- [16] S. Niku, et al., 1981, Performance of activated sludge process: reliability, stability and variability. Environmental Protection Agency, EPA Grant No. R805097-01,(1981) ,124p.
- [17] S. C. Olivera, M. Von Sperling, 2008, Reliability analysis of wastewater treatment plants". *Water Research* 42, (2008), pp.: 1182-1194.
- [18] S. Niku, E. D. Schroeder and R. S. Haugh, Reliability and Stability of Trickling Filter Processes", *Journal Water Pollution Control Federation*, Vol. 54,(1982) ,No. 2, pp.: 457-470.
- [19] S. Niku and E. D. Schroeder, Stability of Activated Sludge Processes Based on Statistical Measures. *Journal Water Pollution Control Federation*, Vol. 53, (1981),No. 4, pp.: 129-143.
- [20] P. M., Berthouex, and W. G., Hunter, Simple statistics for interpreting environmental data", *Journal of Water Pollution Control Federation*, vol. 53, (1981), n. 2, 167-175.
- [21] P. M., Berthouex, and W. G., Hunter, How to construct reference distributions to Evaluate treatment plant effluent quality", *JWPCF*, v. 55, (1983), no. 12, pp.: 1417-1424.
- [22] W. R. Ott, *Environmental Statistics and Data Analysis*. Lewis Publishers, New York, (1995), 313p.
- [23] D. E. Burmaster, and D. A. Hull, D. A., Using Lognormal distributions and Lognormal Probability Plots In Probabilistic Risk Assessments. *Human and Ecological Risk assessment*, Vol. 3, (1997), No. 2, pp.: 235-255.
- [24] K. J. Charles, N. J. Ashbolt,, D. J. Roser, et al., 2005. Effluent quality from 200 on-site sewage systems: design values for guidelines. *Water Sci. Technol.* 51, (2005), (10), pp.: 163–169.

**The 4<sup>th</sup> International Congress Water, Waste & Environment (EDE4)**  
**Agadir, Morocco, December 18-20, 2013**

- [25] A. I. Cohen, Y. W. Bar-Shalom, et al., A Quantitative Method for Effluent Compliance Monitoring Recourses Allocation. EPA-600/5-75-015 (1975), U.S. Environmental Protection Agency, Washington, USA.
- [26] G. Culp, G. Wesner, R. Williams, M. V. Hughes, *Wastewater Reuse and Recycling Technology*. Noyes Data Corporation, (1980), New Jersey, USA.
- [27] P. J. Ossenbruggen, K. Constantine, M. R. Collins et al., Toward Optimum Control of the Activated Sludge Process with Reliability Analysis. *Civil Engineering Systems*, Vol. 4, (1987), No. 2, pp.: 77-86.
- [28] H. D. Kahn, and B. R. Marvin, Use of Statistical Methods in Industrial Water Pollution Control Regulations in the United States. *Environmental Monitoring and Assessment*, (1989), Vol. 12, No. 2-3, pp.: 129-148.
- [29] USEPA, *Technical Support Document for Water Quality-based Toxics Control*. EPA 505/2690-001,(1991) ,U.S. Environmental Protection Agency, Washington, USA. 335p.
- [30] S. C. Olivera, and M. Von Sperling, Performance and reliability of wastewater treatment plants. Doctorate Thesis, School of Engineering, Federal University of Minas Gerais, Belo Horizonte, (2006), 231p.