
Gestion de la production de la boue dans la STEP de Souk-Ahras en utilisant le modèle STOAT

Daira S. ⁽¹⁾, Bensoltane M. ⁽¹⁾, Djebbar Y. ⁽¹⁾, Abida H. ⁽²⁾

(1) : Centre universitaire de Souk Ahras; daira_sabri@hotmail.fr

(2) : Université de Sfax, Sfax, Tunisie ; habib_abida@voila.fr.

RÉSUMÉ. D'après un rapport publié par l'office national d'assainissement en 2006, l'Algérie compte 49 stations d'épuration réparties à travers tout le territoire national. Le rapport précise que l'état de 63% de ces stations nécessite une réhabilitation, 18% d'entre elles sont abandonnées et 19 % ne fonctionnent pas correctement. Cette situation est due essentiellement à la mauvaise conception de certains ouvrages, l'inadéquation des certains équipements, le manque de pièces de rechange et de réactifs chimiques, ajoutons à cela l'insuffisance des moyens opérationnels pour assurer une bonne exploitation des réseaux d'assainissement et leurs maintenance. La STEP de Souk-Ahras n'est pas en dehors de ce constat pour le moins négatif. Aujourd'hui avec le durcissement de la réglementation, il faut faire face à d'innombrables difficultés concernant la réutilisation des eaux épurées dans l'agriculture et la gestion des boues. La STEP de Souk-Ahras rencontre beaucoup de problèmes quant à la gestion de la boue produite. Les agriculteurs sont toujours réticents et les gestionnaires de la STEP n'arrivent pas à se débarrasser des volumes de boues grandissant sans cesse. Une solution attractive consiste à minimiser le taux de production des boues et à améliorer leurs qualités. Le modèle de simulation des STEP, STOAT, est utilisé dans cette recherche pour essayer de mieux comprendre les transformations biologiques dans la STEP et de caractériser la production de la boue en vue de la mieux gérer sur des bases scientifique et technique. On a utilisé le modèle ASMI de l'IWQ en y introduisant des modifications rendues nécessaires vu la nature des données mises à notre disposition. Cet article présente les étapes de mise en place du modèle et son utilisation pour la minimisation de la production de la boue. Les résultats obtenus sont très satisfaisants.

MOTS-CLÉS : eau usée, boue activée, caractérisation, modélisation, ASMI.

1. Introduction

Dans le but de respecter les dispositions de la loi de l'eau, de mieux gérer les investissements publics, d'assurer une production des eaux épurées à des fins agricoles, et afin d'aider les opérateurs à mieux opérer les stations d'épuration des eaux usées (STEP) l'outil informatique de modélisation est devenu indispensable. Ce dernier est nécessaire pour la connaissance des mécanismes épuratoires de la STEP. Cette recherche vise à réaliser des simulations biologiques et hydrauliques des différents processus de la STEP de Souk-Ahras afin d'obtenir une solution optimale du point de vue performances épuratoires et offrir des éléments indispensables pour permettre aux responsables des collectivités de mieux fonder scientifiquement et techniquement leur gestion des stations d'épuration, parce que l'efficacité et la fiabilité de l'épuration biologique et la gestion des boues restent étroitement dépendantes aux différentes mesures physiques présentant l'avantage d'être rapidement accessibles et donc de se prêter à une régulation en ligne. Ces mesures physiques portent selon notre étude sur :

- la concentration en oxygène dissous dans le bassin d'aération.
- la concentration en boues activées de la liqueur mixte contenue dans ce bassin d'aération .
- le débit de l'effluent traversant le bassin d'aération, ($Q_t + Q_r$), et
- le temps de séjour de la biomasse.

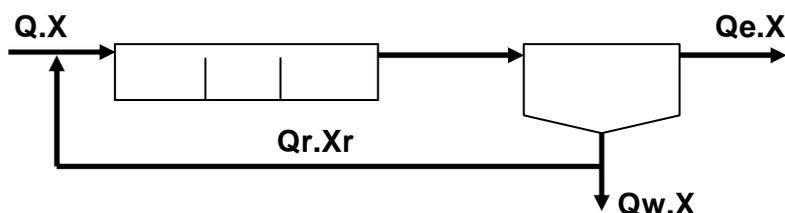


Figure 1 : Procédé de traitement des eaux résiduaires par boues activées

A partir de ces mesures, cette démarche munie d'un outil de simulation STOAT permet d'accéder à toute une série de scénarios d'informations fondamentales sur l'état de la station de Souk Ahras pour essayer de mieux comprendre l'influence de ces variations (quantitatives mais aussi qualitatives) sur les performances de la STEP. On a utilisé le modèle ASM1 de l'ITWQ en y introduisant des modifications rendues nécessaires vu la nature des données mises à notre disposition. Dans cette approche, la pollution carbonée est abordée notamment, par une décomposition du substrat en plusieurs fractions selon les différentes réactions avec les microorganismes (fractions rapidement ou lentement biodégradable, fractions réfractaires ou inertes, etc.) .

2. Le Modèle ASM 1

En 1982, l'association internationale sur la recherche et le contrôle de la pollution de l'eau (IAWPRC), a créé un groupe de travail sur la modélisation mathématique pour la conception et la mise en œuvre des processus à boues activées. Le but premier de ce groupe de travail était de prévoir des modèles réalistes dans le fonctionnement de systèmes simples à boues activées. Ainsi, pour créer une base commune qui pourrait être employée pour le développement de futurs modèles. Le résultat a été le modèle à boues activées ASM 1 qui fut présenté lors d'une conférence à Kollokollo, Danemark, en 1985. Il a été édité en 1987 sous sa forme finale dans le rapport « Scientific and Technical Report N°1 de l'IAWPRC ». C'est un modèle simulant au sein d'un système à boues activées les phénomènes tels que l'oxydation du carbone, la nitrification et la dénitrification en quantifiant la cinétique et la stoechiométrie de chaque réaction. Ce modèle est basé sur la simulation de la croissance de la biomasse comme moteur principal du processus de dégradation. Le rendement de croissance (YH) définit la fraction de matière organique qui est utilisée pour former de la biomasse nouvelle.

Une question qui a jeté la confusion et qui, dans une certaine mesure, a empêché le développement de la théorie des boues activées est le choix du paramètre permettant d'évaluer le mieux la matière organique dans l'eau usée. Trois mesures reconnues sont largement répandues : la Demande Biochimique en Oxygène (DBO), le Carbone Organique Total (COT), et la Demande Chimique en Oxygène (DCO). De ces dernières, la DCO est assurément la meilleure mesure. En effet, elle seule fournit un lien entre les équivalents électrons dans le substrat organique, la biomasse et l'oxygène utilisé. En outre, le bilan massique peut être fait en termes de DCO. Ainsi, les concentrations de toutes les formes organiques, y compris la biomasse, sont dans des unités de DCO dans le modèle. Notre étude consiste à modéliser et caler les variables de la matière organique dans les eaux résiduaires qui peut être subdivisée en un certain nombre de catégories :

- La matière organique non biodégradable,
- La matière organique biodégradable,
- Les biomasses hétérotrophes (X_{bh}) et autotrophe.

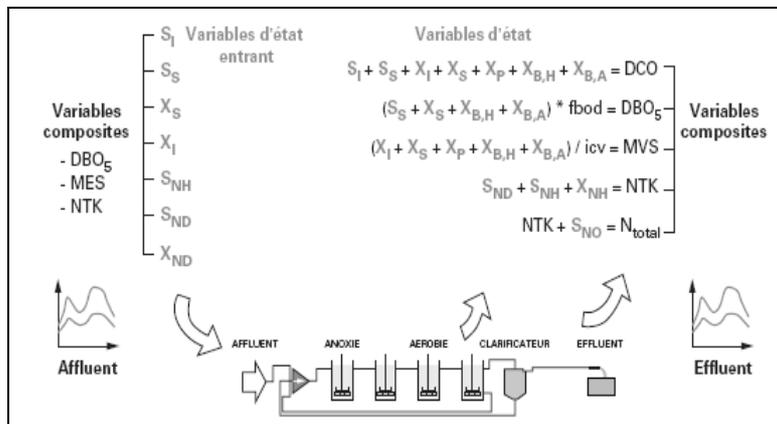


Figure 2a : Principe du fractionnement de la pollution et de la simulation dynamique (Modèle ASM1)

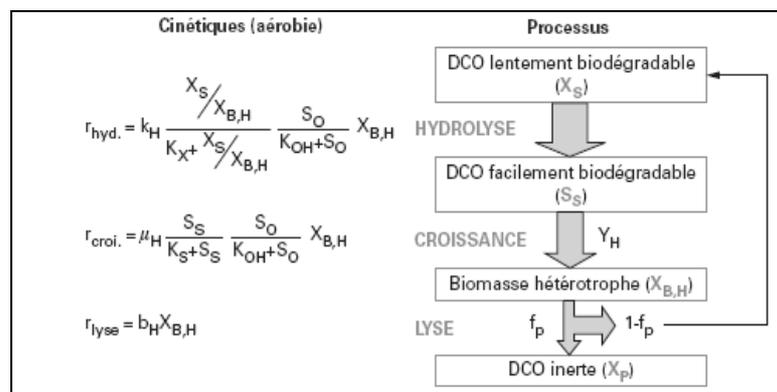


Figure 2b : Transformation de la matière organique dans les procédés d'épuration biologiques (Modèle ASM1)

Fondamentalement, quatre processus sont considérés :

- Croissance aérobie des bactéries hétérotrophes.
- Croissance anoxie des bactéries hétérotrophes.

- Mortalité des bactéries hétérotrophes.
- Hydrolyse de la matière organique particulaire .

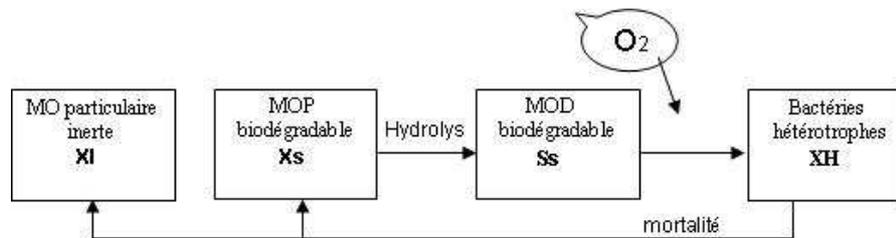


Figure 2c : Concept décrivant la biodégradation de la matière organique dissoute et particulaire dans ASM1 (d'après Henze et al.,1987).

2. Matériel et méthodes

2.1 Présentation du STOAT :

STOAT est un Modèle dynamique des stations de traitement des eaux résiduaires, a été développé au cours des 10 dernières années, conçu pour simuler dynamiquement l'exécution de différents processus d'épuration. Le modèle permet à l'utilisateur d'optimiser la réponse des systèmes aux changements des charges des eaux à traiter, et de gérer les conditions de fonctionnement de processus pour avoir une STEP performante.

2.2 Présentation du site « STEP Souk-Ahras »

La station d'épuration de la ville de Souk Ahras est destinée à traiter les eaux usées domestiques avant leur rejet à l'oued Medjerda. La première phase permet de traiter la pollution résultant d'une population de 150 000 EH et la deuxième étape portera sa capacité à 225 000 EH.

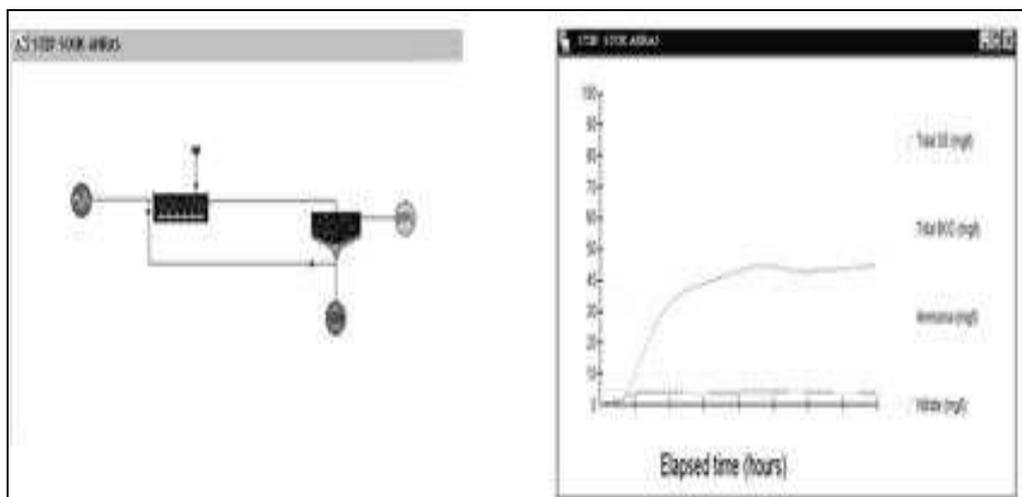


Figure 3: Configuration de la STEP.

2.3 Estimation du besoin d'oxygène

paramètre	symbole	unités	Automne	Hiver	Printemps	Été
débit journalier moyen	Qj moy	m ³ /j	36000	36000	36000	36000
débit journalier de pointe	Q pointe	m ³ /j	43200	39600	50400	39600
charge polluante en DBO5	DBO5	kg/j	12960	11880	15120	11880
Volume unitaire	V unitaire	m ³	13068	13068	13068	13068
Volume total	VTOT	m ³	26136	26136	26136	26136
Charge volumique	CV	kg (DBO5/m ³ /j)	0,50	0,45	0,58	0,45
Charge massique	Cm	Kg (DBO5/kg MS/j)	0,10	0,09	0,12	0,09
coefficient de respiration	a'		0,66	0,67	0,65	0,67
coefficient de respiration	b'		0,09	0,09	0,09	0,09
Quantité de boue	Sa	kg	130680	130680	130680	130680

Tableau 1 : Besoin d'oxygène pour STEP S/Ahras

2.3 Taux de transfert d'oxygène (OTRF)

paramètre	symbole	unités	Automne	Hiver	Printemps	Été
facteur de correction	Ω		0,99	0,99	0,99	0,99
concentration saturation Teau c ⁰	Cst	mg/L	10,095	11,861	11,303	7,669
concentration saturation 20c ⁰	Cs20	mg/L	9,116	9,116	9,116	9,116
taux de transfert du procédé	OTRF	kg O2/h	115,89271	138,44625	131,32	84,91032
nombre des aérateurs	N aéra		11	11	11	10

Tableau 2 : Estimation du taux de transfert d'oxygène pour STEP S/Ahras

2.4 Gestion des boues

La gestion d'un système de boues activées doit nécessairement être basée sur un bilan de masse qui tient compte de l'affluent, de l'effluent, des boues extraites et de la cinétique biologique dans le réacteur. Le volume des bassins d'aération doit être suffisant pour que le substrat ait le temps d'être transformé en biomasse. Cependant, il ne doit pas être trop grand, afin de pouvoir maintenir une concentration suffisante de biomasse dans les bassins tout en limitant l'âge des boues pour favoriser une qualité de biomasse propice à sa floculation et à sa décantation. Il faut s'assurer que la masse biologique pouvant être engendrée sous différentes conditions d'exploitation est suffisante compte tenu du volume de réacteur choisi. Une conception basée uniquement sur un temps de résidence hydraulique n'est pas acceptable. Le tableau ci-dessous récapitule les paramètres qui influent sur le bilan massique dans un réacteur biologique (exemple STEP Souk Ahras).

Paramètres	Unité	Valeurs
V	m ³	13068
X	mg/L MVS	250
XB	mg/L MVS	170
Xe	mg/L MVS	180
Yt	kg MVS/kg DBO5	0,8
Kd(20 °C)	j-1	0,06
Kd	j-1	0,073
θ_c	H	12,1
θ	/	1,04
T	/	25
Sa -Se	mg/L DBO5	650
Q	m3/J	36000,0
QB	m3/J	32
Px	kg MVS/d	9943,963737
MI	Kg	165389,1548
PI	kg/J	13680
MES _{1a}	mg/L	400
MES _{1e}	mg/L	20
PT	kg/J	23623,96374

Tableau 3 : les caractéristiques biologiques de la STEP de Souk-Ahras.

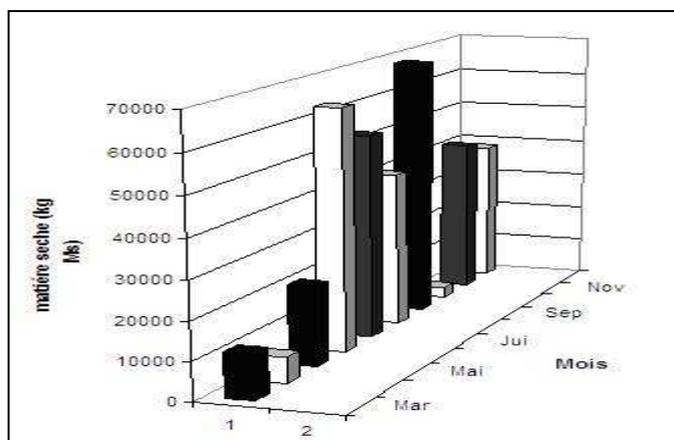


Figure 3 a : Matières sèches totales produites pour l'année 2007.

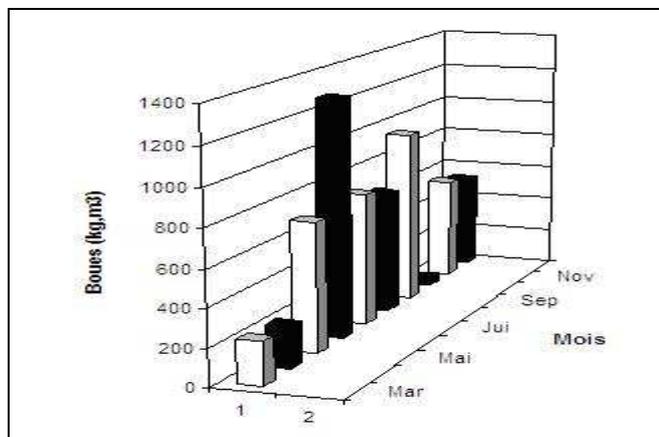


Figure 3 b : Quantité des boues totales produites pour l'année 2007.

2.5 Influence du temps de séjour hydraulique (HRT)

Ce graphique fait ressortir deux informations. Les valeurs du taux de conversion de l'ammonium (TCA) décroissent légèrement, de 100 à 95%, lorsque le HRT est diminué de 12.5 à 6 h. Le taux d'accumulation des nitrites croît de 0.1 – 20%. Ces résultats indiquent que pour des valeurs élevées du temps de séjour hydraulique, l'accumulation des nitrites est pratiquement négligeable. Ceci peut se justifier par le fait que, plus longtemps le milieu nutritif séjourne dans le réacteur, plus les composés nitrites sont convertis en nitrates par les microorganismes nitrifiants.

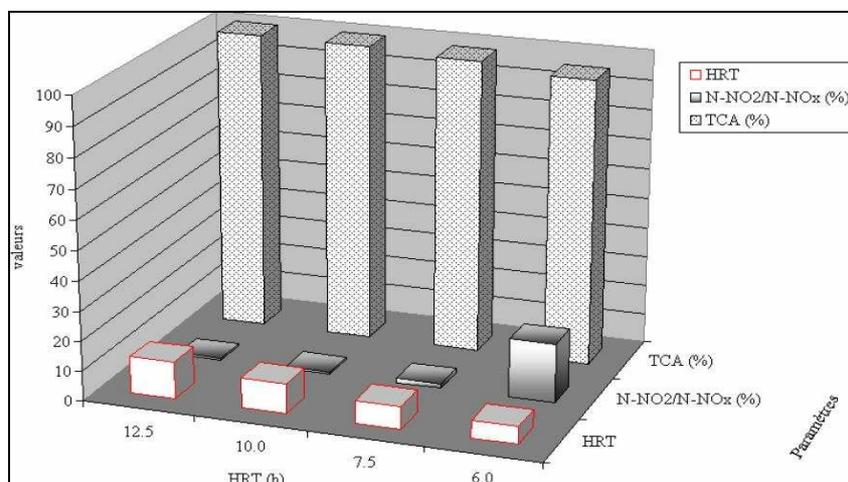


Figure 3 : Histogramme du taux de conversion de l'ammonium (TCA) et des nitrites accumulés, en fonction du temps de séjour hydraulique (HRT).

3. Conclusion et Perspectives

La réglementation Algérienne en termes de rejet des STEP est devenue de plus en plus sévère, suite à une complexité des problèmes relatifs au dysfonctionnement biologique et la diversité des choix des options techniques qui peuvent être utilisées, dont les résultats sont très encourageants.

A la croissance des eaux usées dans les prochaines années, une démarche pragmatique est nécessaire. Elle doit s'appuyer sur les données techniques recueillies dans le cadre d'une étude préalable, dont l'amélioration du fonctionnement des systèmes d'épuration passera par l'utilisation de la mesure en continu dans le contrôle, l'automatisation et la supervision des stations. Par ailleurs, une attention particulière sera portée au devenir des rejets de temps de pluie. Si nécessaire, une partie du volume supplémentaire d'eaux usées devra être traitée dans les stations d'épuration.

Bibliographie

- BOURSIER, H. ; BÉLINE, F. ; PAUL, E., 2005, Piggery wastewater characterisation for biological nitrogen removal process design, *Bio resource technology*, 96, p. 351 - 358.
- BOURSIER, H., 2003, Étude et modélisation des processus biologiques au cours du traitement aérobique du lisier de porcs en vue d'une optimisation du procédé, thèse de doctorat, Institut national des Sciences Appliquées de Toulouse
- CANLER J.P., ALARY G., PERRET J.M., RACAULT Y.. Traitement biologique aérobique par bassins en série des effluents vinicoles. In 2e congrès international sur le traitement des effluents vinicoles. Bordeaux, CEMAGREF éditions, 1998, p. 178-188. ISBN 2-85362-496-X
- Iwa Taskgroup On Mathematical Modelling For Design And operation of biological wastewater treatment. Activated sludge models ASM1, ASM2, ASM2d and ASM3, Scientific and Technical Report N°9, 2000, 121 p., ISBN 1-900222-24-8-
- MARQUOT, A. ; RACAULT, Y. ; STRICKER A.-E., 2004, Modélisation de la production et de l'extraction des boues à partir d'un suivi de station d'épuration à boues activées, conférence ACQE 29/10/04, Ottawa (Canada).
- Optimisation des systèmes d'aération pour l'épuration des eaux usées :Chabi M, Hammar. Y