

CARACTERISATION DES REJETS ORGANIQUES URBAINS ET ETUDE DE LA CAPACITE D'ASSIMILATION DU MILIEU RECEPTEUR

Abdellatif El-Bari TIDJANI ⁽¹⁾, M.BENYAHIA ⁽¹⁾, A.E.K. IDDOU ⁽²⁾, D.YEBDRI ⁽¹⁾

(1) Département d'Hydraulique, (2) Département de Chimie Industrielle
Université des Sciences et de la Technologie Mohamed Boudiaf d'Oran USTO-MB
B.P.1505 El-M'Naouer 31000 Oran Algérie

tél : 00 213 07 75 59 33 72, fax : 00 213 41 56 03 44 e-mail : baritid@yahoo.com & tidjani@univ-usto.dz

Résumé :

Dans cet article nous présentons une approche environnementale à travers un diagnostic des performances de nos stations d'épuration et une mise en évidence de la capacité d'assimilation de la matière organique par nos cours d'eau récepteurs. Il s'agit de quatre stations d'épuration situées dans l'ouest algérien (Tlemcen, Maghnia, Mascara et Saida).

L'exploration des résultats de la campagne d'analyse des rejets effectuée par l'Office Nationale d'Assainissement (O.N.A), montre que les rendements des STEP étudiées sont assez satisfaisants, où les concentrations des principaux descripteurs de la pollution (T°, PH, MES, DBO5, DCO, O2, NH4, NO3, NO2) à la sortie sont dans l'ensemble conformes aux normes algériennes de rejet. Par ailleurs, le pouvoir auto épurateur du cours d'eau de Mouillah a été vitrifié pour les rejets de la station d'épuration de Maghnia grâce à des tests de biodégradabilité effectués au laboratoire de chimie des eaux (USTO). Les résultats obtenus nous ont permis de confirmer que la matière organique contenue dans nos rejets est facilement biodégradable avec une durée de demi-vie de l'ordre de 48 heures ce qui confirme son caractère labile. Ces résultats sont en concordance avec les travaux de Namour (France 1999) qui a obtenu des cinétiques très rapides de l'ordre de quelques heures pour la matière organique labile et de l'ordre de 14 à 20 jours pour la matière organique récalcitrante.

En perspective, il serait intéressant d'effectuer des mesures de la matière organique le long du cours d'eau récepteur afin d'évaluer réellement son pouvoir auto épurateur.

Mots clés : STEP, rejets, matières organiques, biodégradation, pouvoir auto épurateur

1. INTRODUCTION

Le développement socioéconomique à travers le monde ont eu pour conséquences l'intensification et la diversification des activités industrielles et agricoles qui pèsent, notamment ces dernières années, de plus en plus sur le milieu naturel en le poussant à dépasser ses limites d'assimilation des pollutions qui y sont introduites, pollutions de type urbain. De ce fait, le suivi et le contrôle de la pollution des écosystèmes aquatiques en général, les cours d'eau et les rivières en particulier, est devenu un enjeu important dans le but de garantir des potentialités hydriques suffisantes tant en quantité qu'en qualité.

Pour les pays souffrant d'un déficit en matière de ressources hydriques ce suivi est plus une nécessité qu'un choix, alors que pour les pays possédant une aisance en la matière ce suivi est dicté le plus par la recherche d'une qualité meilleur des eaux naturelles (lacs, rivières, nappes, estuaires ...etc.) pour des activités de loisir; dans cette optique, les pays développés ont commencé à légiférer très tôt ;ainsi, en Europe et aux états unis les premiers règlements concernant les rejets des eaux usées dans le milieu naturel ont été établi dès la fin du 18^{ième} siècle ; au début cela ne concernait que des exigences sanitaires d'ordre général (hygiène) mais au fur et à mesure que les rejets urbains et industriels deviennent complexes, cette réglementation est de plus en plus renforcé.

Actuellement, a cause des besoins croissants en eaux potables pour les différents usages et la rareté de la ressource a travers le monde, l'idée d'utiliser les eaux usées après traitement trouve de plus en plus sa place en tant qu'alternative au déficit en ressources hydriques conventionnelles, du moins

pour certains usages par trop exigeant tels que l'agriculture et certaines industries. En Algérie cette solution est devenue incontournable étant donné le déficit important en matière de disponibilité de ressources hydriques. Dans cette optique l'état a lancé un vaste programme de réhabilitation et de réalisation de stations d'épurations à travers le territoire national au nombre de 55 en 2007.

D'après les nombreuses études effectuées dans le domaine de l'épuration des eaux usées, la caractérisation des rejets brutes revêt une importance capitale car de sa finesse et de sa précision dépend le choix de la filière traitement à proposer pour le dimensionnement d'une station d'épuration en phase d'étude (M.C. Gromaire Mertz,1998); dans le cas d'une station d'épuration déjà en service, cette caractérisation a pour but un suivi de l'évolution des paramètres de pollution et une vérification de la conformité des mesures aux valeurs nominales pour les quelles cette station a été dimensionnée ainsi que la vérification certains ratios notamment le rapport DCO/DBO5 qui indique le degré biodégradabilité de l'effluent et le rapport C/N/P important pour un traitement biologique optimal ;Par contre à la sortie d'une STEP la mesure des paramètres de pollution vise à vérifier la conformité aux normes de rejet du milieu naturel approprié (cours d'eau, estuaires, lacs, nappes...Etc.) et de palier ainsi à tous dysfonctionnement pouvant provoquer une chute de rendement de traitement.

Le respect des normes de rejet ne suffit pas à lui seul pour bien cerner le problème de pollution des eaux naturelles (cours d'eau et nappes souterraines surtout) et souvent un diagnostic aussi exhaustif que possible des états de pollution et un suivi chronologique de cette dernière sont impératifs à une maîtrise de la pollution et une bonne gestion des ressources en eaux naturelles

Dans le cadre de cette étude quatre STEP (Tlemcen, Maghnia, Mascara et Saida) ont fait l'objet d'une étude de diagnostic. Après une exploration des résultats d'analyse des principaux paramètres de pollution, une étude expérimentale a consisté en un test de biodégradabilité effectué sur l'effluent de sortie de la STEP de Maghnia afin de vérifier si la pollution résiduelle serait facilement ou non assimilée par le milieu récepteur.

2. CINETIQUE DEGRADATION DE LA MATIERE ORGANIQUE :

Les cinétiques de dégradation de la matière organique sont décrites par une variété d'expressions mathématiques de complexité croissante intégrant de nombreuses variables affectant la disparition de la matière organique. La biodégradation peut donc se modéliser selon plusieurs cinétiques.(Simkins & Alexander (1984). Selon Eckenfelder (1981), dans le cas d'un substrat unique, l'élimination suit une cinétique d'ordre zéro, c'est-à-dire que l'élimination du substrat suit une loi linéaire mais il est rare que le substrat soit constitué d'un seul composé, il s'agit au contraire d'un mélange complexe de plusieurs composés et donc c'est le modèle à une cinétique d'ordre un qu'est le plus fréquemment utilisé. La vitesse de dégradation est proportionnelle à la concentration du substrat. Ce modèle considère le substrat comme une substance homogène, de vitesse de dégradation constante égale à k

$$\frac{d[S]}{dt} = -k[S] \quad (1)$$

$$e^{-kt} = \frac{[S]}{[S_0]} \quad \text{ou} \quad [S] = [S_0]e^{-kt} \quad \text{ou} \quad \ln \left[\frac{[S]}{[S_0]} \right] = -kt \quad (2)$$

k : constante de dégradation [T^{-1}]

t : durée de la dégradation [T]

$[S_0]$: Concentration de substrat initial [$M.L^{-3}$]

$[S]$: Concentration de substrat au temps t [$M.L^{-3}$]

La constante k permet de calculer le temps de demi-vie $\tau_{1/2}$ avec $\tau_{1/2} = \frac{\ln(2)}{k}$ En réalité, les substrats hétérogènes se décomposant sous des conditions constantes ne suivent pas en général un modèle à exponentielle simple. (Minderman, 1968) suggéra que chaque famille de composés se dégrade individuellement selon une fonction exponentielle simple. Il proposa l'utilisation d'un modèle à plusieurs exponentielles pour tenir compte de la variabilité du coefficient k . (Otsuki & Hanya, 1972) divisèrent la MO en deux compartiments, l'un labile et l'autre réfractaire.

$$\frac{[S]}{[S_0]} = \alpha \cdot e^{k_1 t} + (1-\alpha) \cdot e^{k_2 t} \quad (3)$$

k_1 : constante de dégradation de la MO labile [T^{-1}]

k_2 : constante de dégradation de la MO réfractaire [T^{-1}]

α : fraction de MO labile

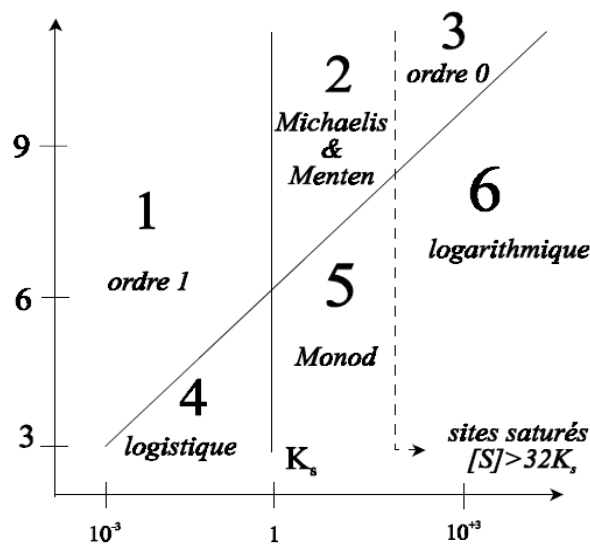


Fig.1. Choix des modèles cinétiques en fonction du substrat et de la biomasse (Labanowski J, 2004)

Ainsi, la majorité des chercheurs utilise le modèle d'ordre 1, facile à linéariser et dont l'intérêt réside dans sa constante k , caractéristique de la perte de masse. Le coefficient k exprime la réactivité globale de la MO vis-à-vis des facteurs biologiques et abiotiques de dégradation. Il est particulièrement utile pour comparer des compositions d'origines diverses entre elles ou des conditions de dégradation différentes sur une même MO. La constante k représente la moyenne statistique des vitesses de dégradation des composés organiques.

| Modèles | $-\frac{d[S]}{dt} =$ | Constantes de vitesse (unités) |
|-----------------------|--|---|
| 1- Ordre 1 | $k [S]$ | $k = \mu_{\max} \frac{X_0}{K_s} \text{ (h}^{-1}\text{)}$ |
| 2- Michaelis & Menten | $k \frac{[S]}{K_s + [S]}$ | $k = \mu_{\max} X_0 \text{ (mg.l}^{-1}\text{.h}^{-1}\text{)}$ |
| 3- Ordre 0 | k | $k = \mu_{\max} X_0 \text{ (mg.l}^{-1}\text{.h}^{-1}\text{)}$ |
| 4- Logistique | $k [S] \left([S_0] + X_0 - [S] \right)$ | $k = \frac{\mu_{\max}}{K_s} \text{ (1.mg}^{-1}\text{.h}^{-1}\text{)}$ |
| 5- Monod | $\frac{k [S] \left([S_0] + X_0 - [S] \right)}{K_s + [S]}$ | $k = \mu_{\max} \text{ (h}^{-1}\text{)}$ |
| 6- Logarithmique | $k \left([S_0] + X_0 - [S] \right)$ | $k = \mu_{\max} \text{ (h}^{-1}\text{)}$ |

Tableau 1: Récapitulatif des différents modèles de cinétique de biodégradation (Namour, 1999).

3. PRESENTATION DES STEP ETUDIEES

La qualité des eaux usées à l'entrée et à la sortie des stations d'épuration est contrôlée régulièrement par l'Office Nationale de l'Assainissement (O.N.A). L'objectif est d'éviter de déverser dans le milieu naturel une eau usée non conforme aux normes de rejet. Dans cette étude, nous avons retenu quatre (04) stations d'épuration que nous avons jugé représentatives de la région ouest du pays. Elles sont situées dans les principales villes (Tlemcen, Maghnia, Saida et Mascara).

| STEP | Situation géographique | Capacité de traitement et débit traité | | Procédé de traitement | Objectif du traitement |
|----------|------------------------|--|-------|-----------------------|---|
| | | EH | M 3/j | | |
| TLEMCEN | Tlemcen | 150000 | 30000 | Boue activée | Protection du barrage boughrara |
| MAGHНИЯ | Maghnia | 150000 | 30000 | Boue activée | Protection de l'oued mekerra / barrage Cherfa |
| MASCARA | Mascara | 100000 | 13000 | Boue activée | Protection de la nappe & irrigation |
| AIN DJAR | Saida | 30000 | 3200 | Boue activée | Protection de la nappe Ain skhouna |

Tableau 2 : Caractéristiques des STEP étudiées

4. DISCUSSIONS DES RESULTATS D'ANALYSE

Nous avons retenu dans cette étude les principaux descripteurs de la pollution des eaux usées ; à savoir : DCO, DBO5, NH4, NO3, NO2. On dispose pour cette étude de séries de prélèvements instantanés d'une fréquence au moins mensuelle, couvrant une période de trois ans pour la station de Tlemcen (31/12/2005 au 18/06/2008) et une période d'une année pour les autres stations d'épurations (07/04/07 au 05/04/08)

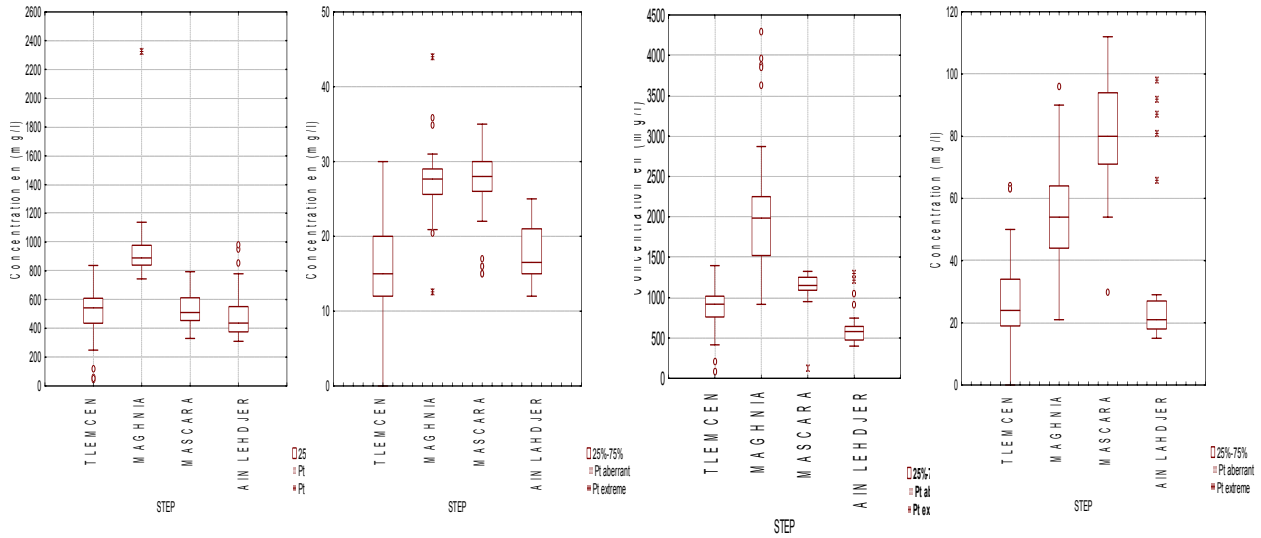


Fig.2 : DBO & DCO à l'entrée et à la sortie des STEP

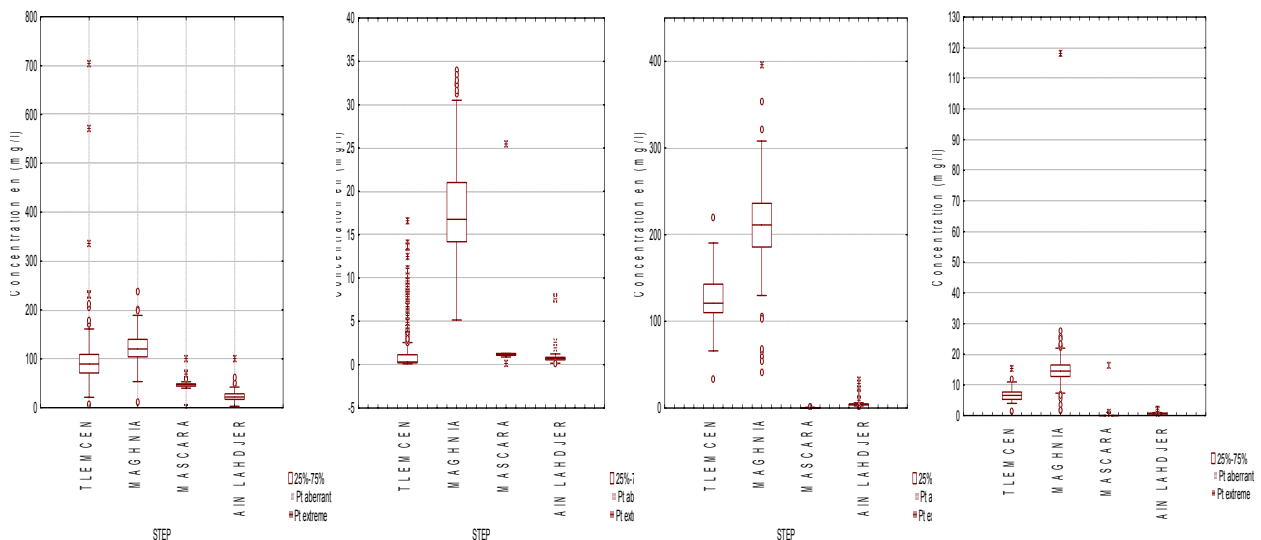


Fig.3 : NO2 et NO3 à l'entrée et à la sortie des STEP

Selon les représentations graphiques de Box an Whisker, nous notons dans le cas des paramètres indicateurs de pollution (DBO et DCO) que les espaces interquartiles sont courts ce qui indique la concentration de 50% résultats d'analyse. On constate également la présence d'un nombre assez important de valeurs aberrantes, un espace interquartile assez large et une longueur des moustaches importantes. Pour la pollution azotée (NH₄, NO₂, NO₃) nous constatons la présence de nombreux points aberrant, des espaces interquartiles très courts. Nous remarquons un tassement, c'est-à-dire, des limites des espaces interquartiles sont superposées, pour les stations Mascara et Ain lehdjer.

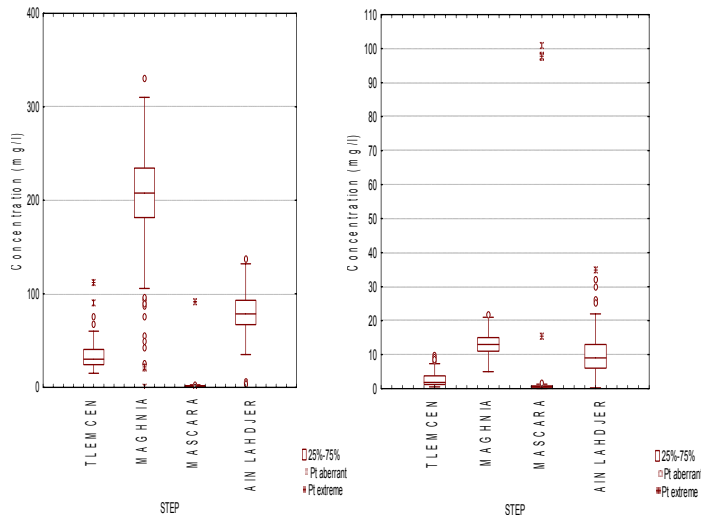


Fig.4 : NH₄ à l’entrée et à la sortie des STEP

Les valeurs de la DCO a l’entrée des stations sont caractéristiques d’un rejet urbains et sont considères comme des rejets à forte charges particulièrement au niveau de la station de Maghnia et mascara ; A la sortie, on constate que tous les effluents présentent des valeurs de DBO et DCO, dans leur majorité, en deca de la norme algérienne respectivement 120 et 40 mg/l. Nous notons, par ailleurs quelques anomalies au niveau des effluents de la station de Maghnia concernant les paramètres DBO où nous enregistrons une tendance au dépassement de la norme algérienne. Pour la pollution azotée, nous constatons une tendance à la hausse pour le paramètre NH₄ au niveau des stations de Tlemcen et Maghnia qui commence respectivement à partir du mois d’avril 2007 et d’avril 2008.

Concernant les performances des STEP étudiées, il est intéressant de voir que des taux importants sont atteints quand il s’agissait d’apprécier les paramètres de pollution organique (DCO et DBO) où des taux supérieurs à 90% sont enregistrés. Quant à la pollution azotée, nous remarquons des taux plus faibles de l’ordre de 60%.

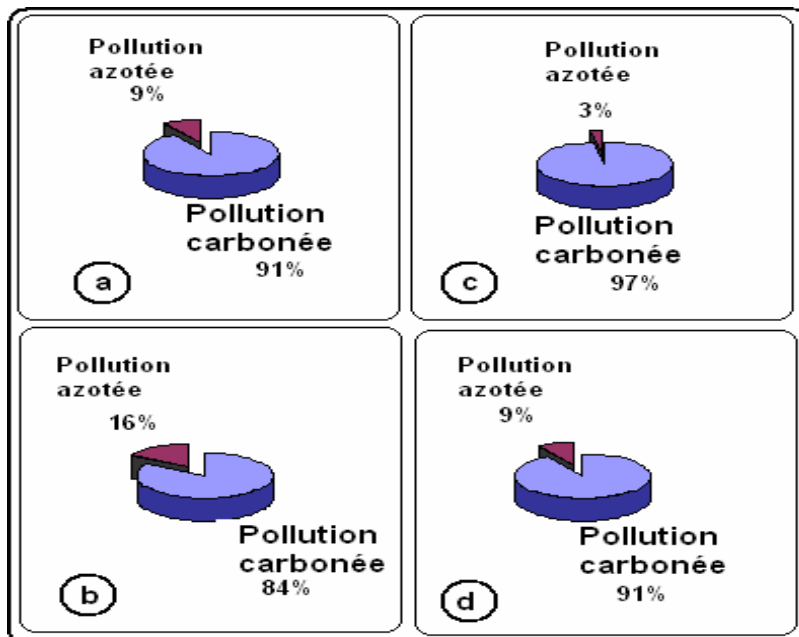


Fig. 5 : Composition de la matière organique

(a) STEP de Tlemcen, (b) STEP de Maghnia, (c) STEP de Mascara et (d) STEP de Ain lehjer
 Il ressort de la figure qu'un taux important de la pollution organique au niveau des 04 stations ($\geq 84\%$) est une pollution carbonée. Les taux des composés azotés sont compris entre 3% et 16% ce qui explique le choix de type de traitement proposé (boue activée) adéquat à de tels rejets.

5. ETUDE EXPERIMENTALE

La biodégradation de la matière organique, aussi bien en rivière qu'au sein d'un processus de traitement, suit généralement une cinétique d'ordre 1. L'objectif principal de ce travail expérimental est de connaître le devenir de la matière organique résiduelle (après traitement) dans le milieu naturel. La connaissance parfaite de ce phénomène en laboratoire n'est pas possible du fait que le laboratoire de chimie des eaux à l'université USTO BM ne dispose pas du matériel nécessaire pour ce type d'expérience ; par contre, il est possible, au niveau du même laboratoire, d'effectuer un test de détermination de la constante de demie vie $\tau_{1/2}$ qui donne une information assez suffisante sur le temps nécessaire à la dégradation de la pollution organique en milieu naturel. Elle représente le temps d'assimilation par le milieu récepteur de la moitié de la matière organique. Ce test nous permettrait de simuler expérimentalement la biodégradation de la matière organique contenue dans nos eaux usées. Comme site de prélèvement des échantillons, on a choisi la station d'épuration de Maghnia qui suscite un intérêt particulier de par sa proximité du barrage de hammam Boughrara, et dont les eaux usées sont parmi les plus chargées en matières organiques. Pour simuler le comportement du milieu récepteur vis-à-vis de la pollution organique contenue dans les rejets, nous avons réalisé un dispositif expérimental constitué de deux flacons teintés qui jouent le rôle de réacteurs biologiques. Dans le premier nous avons mis l'eau usée sans ajout de nutriments, dans le deuxième nous avons ajouté des nutriments (azote, phosphore, fer, magnésium,...). L'aération des solutions a été effectuée par l'intermédiaire d'une pompe à débit constant.

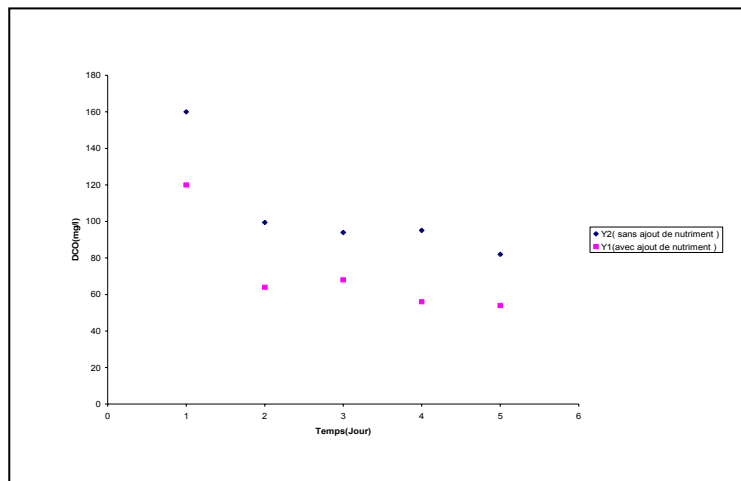


Fig.6: Résultats du test de biodégradabilité

| paramètre | K (j^{-1}) | $\tau_{1/2}$ (j) |
|--------------------------|----------------|------------------|
| Sans ajout de nutriments | 0,37 | 1,87 |
| Avec ajout de nutriments | 0,47 | 1,47 |

Tableau 3 : vitesse de dégradation et constante de demi-vie

Les essais de biodégradabilité nous ont permis d'observer une cinétique de biodégradation comparable entre les deux systèmes utilisés, avec et sans ajout de nutriments. Les temps de demi-vie sont de 1,5 et 2 jours respectivement pour les deux systèmes. Ces résultats reflètent l'existence des deux types de matières organiques labiles et récalcitrantes. Cette constatation est confirmée par les travaux de Namour (1999) qui a obtenu des cinétiques très rapides de l'ordre de l'heure avec la matière organique labile et de l'ordre de 14 à 20 jours pour la matière organique récalcitrante.

6. CONCLUSION GENERALE

A l'issue de cette étude, qui résulte d'une exploration des résultats d'analyse des rejets d'eaux usées par l'Office National d'Assainissement (O.N.A), nous concluons que la matière organique contenue dans nos rejets est facilement biodégradable avec une durée de demi-vie de l'ordre de 48 heures. Les rendements des STEP étudiées sont assez satisfaisants, où les concentrations des principaux descripteurs de pollution (T° , PH, MES, DBO₅, DCO, O₂, NH₄, NO₃, NO₂) à la sortie sont dans l'ensemble conformes aux normes algériennes de rejet.

Néanmoins, la caractérisation des rejets reste incomplète car les mesures des débits ne sont pas effectuées aux moments des prélèvements, facteur important pour le contrôle de la charge polluante et la détection de d'éventuels pics de charges. Par ailleurs, les mesures sont faites toujours aux mêmes moments ce qui affecte la représentativité des échantillons. Nous signalons également l'absence d'analyse régulière des éléments toxiques tels que le Plomb et le mercure ...etc. Cette rigueur est indispensable dans une station comme celle de Maghnia située à l'amont d'un barrage destiné à l'AEP (barrage de Hammam-Bouhrara).

En perspective, il serait intéressant d'effectuer à l'avenir des mesures de la matière organique le long du cours d'eau récepteur, afin d'évaluer réellement son pouvoir auto-épurateur.

7. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ASSALI H. N et al., (2005) Influence des rejets des eaux usées sur la composition des eaux de surface et des sédiments superficiels du lac Merja Fouarate au Maroc In Afrique SCIENCE pp. 145 – 165

DISPAN Jérôme, (2003) biodégradabilité de la matière organique dans le continuum aquatique réseau d'assainissement - station d'épuration - milieu naturel récepteur . Ecole Nationale des ponts et chaussées 247P

ECKENFELDER, (1981) Gestion des eaux usées urbaines et industrielles Lavoisier 503P

GROMAIRE-MERTZ M.C, (1998), la pollution des eaux pluviales urbaines en réseau d'assainissement unitaire caractéristiques et origines . Ecole Nationale des ponts et chaussées 569P

HAZOURLI S. et al., (2007) caractérisation de la pollution des eaux résiduaires de la zone industrielle d'El-Hadjjar, Annaba in Larhyss Journal, , pp. 45-55

LABANOWSKI Jérôme, (2004) Matière organique naturelle et anthropique : vers une meilleure compréhension de sa réactivité et de sa caractérisation U.limoges 209P

NAMOUR Philippe, (1999) autoépuration des rejets organiques domestiques nature de la matière organique résiduaire et son effet en rivière Claude Bernard-LYON 1 161 P

SELKA . G et Debbal, (2007) Evaluation des effets environnementaux de l'oued Mouilah sur la Pérennité du Barrage Hammam Bouhrara 25 e rencontre de l'AUGC, Bordeaux

TUSSEAU-VUILLEMIN M.H, (1999) Biodégradabilité de la matière organique en sortie de station d'épuration, Paris, France. Rapport d'activité Piren-Seine, pp. 4-22.