

Essai de traitement des lixiviats par UASB : cas de la ville de Kasba Tadla

F. BENYOUCEF ^{1*}, A. EL GHMARI ¹, A. OUATMANE ²

¹ Equipe de télédétection et SIG appliquées aux Géosciences et à l'environnement,
Faculté des Sciences et Techniques de Beni Mellal Maroc, BP 523 000 BM

² Laboratoire de L'Environnement et la Valorisation des Agro-ressources, Faculté des Sciences et Techniques de Beni Mellal Maroc, BP 523 000 BM

*Correspondant : f.benyoucef@yahoo.fr, Tél : 212 06 67 26 31 70

RÉSUMÉ

L'objectif de notre travail est de présenter les caractéristiques physico-chimiques des lixiviats frais des déchets ménagers à l'entrée de la décharge de la ville de Kasba Tadla au Maroc et réaliser des essais de traitement par la Technique de UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket). Les résultats obtenus durant cette étude montrent que la production des déchets ménagers et assimilés est de l'ordre de 11 787 tonnes durant l'année 2013, soit 0.27 tonne/hab/an. Ces déchets sont constitués essentiellement de matière organique putrescible (74 %), de papier (3 %), plastique (9 %), métal (1 %) et verre (0,5 %). Les quantités de lixiviats produites mensuellement varient entre un maximum de près de 131 m³ en Août 2013 et un minimum de moins de 22 m³ en Décembre 2013, la moyenne mensuelle étant de l'ordre de 79 m³ par mois. L'analyse physico-chimique des lixiviats de la zone d'étude montre une très forte charge organique (DCO de l'ordre de 26 700 mgO₂/l), et une forte acidité pH = 4,49. Le traitement de ces effluents par une technique efficace et adaptée aux conditions climatiques de la zone d'étude est donc impératif avant rejet dans l'environnement. La technique étudiée ici est un traitement biologique anaérobie par UASB Technique. Les travaux réalisés ont permis d'atteindre un abattement de 94 % de DCO et une neutralisation du lixiviat (pH = 6,87). Les résultats obtenus confirment donc que la technique de traitement par UASB est adaptée aux lixiviats fortement chargés.

MOTS-CLÉS : lixiviat, déchet ménager, traitement biologique, anaérobie, UASB, Kasba Tadla

ABSTRACT

The objective of this study is to present the physicochemical characteristics of the fresh leachate household wastes at the city dump in Kasba Tadla in Morocco (Figure 1) and to make test a UASB treatment Technique (Upflow Anaerobic Sludge Blanket). According to the finding obtained during this study we have managed to show that the household wastes of the city of Kasba Tadla are always on the increase. The production of these waste are of the order of 11 787 ton during the year 2013, that is, 0.27 ton per person every year. This waste consists essentially of organic matter (74%), the paper (3%), plastic (9%), metal (1%) and glass (0.5%). The quantities of leachate produced monthly at the city of Kasba Tadla vary between a maximum of 131 m³ during august 2013 and a minimum of 22 m³ during December 2013, whose average is of the order of 79 m³ per month. The physico-chemical analysis of leachate of the city of Kasba Tadla shows a high concentration of organic matter (COD at about 26 720 (mgO₂/l)) and high acidity (pH=4,49), hence the importance of the treatment of these effluents through effective and adaptable technical of climatic conditions of the area like the technique of UASB technology, before being discharged directly into the environment. The results of the tests of leachate treatment by UASB technique allowed us to have a 94% reduction of COD and a passage to neutral pH (pH = 6.87). The results show the success of the leachate treatment by UASB technology in the study area, especially since this technique is already proposed by the urban municipality for the treatment of waste water.

KEYWORDS : leachate, household waste, biological treatment, anaerobic, UASB, Kasba Tadla

Essai de traitement des lixiviats par UASB : cas de la ville de Kasba Tadla

F. BENYOUCEF, A. EL GHMARI, A. OUATMANE

Introduction

Selon les statistiques de l'année 2011, la production marocaine de déchets ménagers est estimée à 6,5 millions tonnes par an. Dans les conditions locales de mise en décharge, ces déchets génèrent d'importants volumes de lixiviats à forte charge organique et contenant des teneurs élevées en composés complexes, relativement difficiles à dégrader (Souabi et al, 2011). D'après, Kaschl et al (2002) la grande partie de ces déchets est mise en décharges sauvages ce qui constitue une réelle et permanente menace à l'environnement.

Les lixiviats désignent l'eau qui a percolé à travers les déchets en se chargeant de polluants. Ces effluents pollués doivent être traités pour éviter des impacts environnementaux et/ou sanitaires et respecter les exigences croissantes des normes de rejet (Trebouet et al, 1998). La technique de traitement par UASB est une technique qui a été utilisée pour le traitement anaérobie dans de nombreux pays (Brazil, Mexic, Colombia, Cuba, Uruguay...) (Foresti, 2001), généralement à une température proche de 20°C ou au-delà. Cependant d'après G. Zeeman et G. Lettinga (1999), ce système peut fonctionner même dans des conditions où la température est comprise entre 5 et 20°C ce qui va permet le fonctionnement du système sur toute l'année. Cette technique développée vers les années 1970 pour le traitement des eaux usées de l'industrie d'agro-alimentaire au Pays Bas (Lettinga et al., 1980), puis optimisée dans les années 80 pour le traitement des eaux usées domestiques, a été utilisée par de nombreux auteurs ces derniers années (Liu et al., 2010 ; Sun et al., 2010). A l'heure actuelle, avec plus d'une décennie d'expérience dans le domaine de traitement par UASB, certains paramètres semblent avoir atteint des valeurs qui sont acceptées par la communauté scientifique, alors que d'autres critères sont encore mal connus (Wiegant, 2001).

A ce sujet plusieurs auteurs (Foresti, 2001 ; Zeeman, & Lettinga, 1999 ; Lettinga et al., 1980 ; Seghezzi, 2004) rapportent que le rendement du système est lié directement à la charge organique des effluents et au temps de séjour hydraulique dans le réacteur. L'abattement de la DCO après traitement par UASB atteint généralement des valeurs de l'ordre de 80 % à 95 % (Foresti, 2001).

La ville de Kasba Tadla est située sur la rive droite de Oued Oum Er Rbia au moyen Atlas centre du Maroc. La structure de la population est caractérisée par une taille moyenne avec un taux d'accroissement annuel de 1,1 %. La population de la ville serait en 2015 de 45131 habitants (Ministère de l'intérieur, Maroc, 2008). La production annuelle des déchets ménagers est assez importante, elle est de 11787 (T/an) pendant l'année 2013. Ces quantités des déchets génèrent un volume des lixiviats de l'ordre de 945600 litres/an.

Le présent travail consiste tout d'abord à évaluer la composition et les caractéristiques des lixiviats frais des déchets ménagers de la ville de Kasba Tadla à l'entrée de la décharge, à déterminer le volume de ces rejets produits mensuellement et en fin de réaliser des essais de traitement par la technique d'UASB dans un réacteur anaérobie. Le but de ce travail est de tester l'efficacité du traitement par UASB par la détermination du temps de séjour hydraulique adéquat pour avoir un abattement de DCO plus de 90 % pour réduire la charge polluante et d'amener ces effluents vers la neutralité. Le choix de cette technique est dû aux plusieurs facteurs : c'est une technique efficace moins coûteuse, facile à utiliser et qui ne demande pas d'équipement lourd.

I. Matériels et méthodes

I.1 Détermination de la composition des déchets ménagers de la ville de Kasba Tadla

La composition des déchets ménagers de la ville de Kasba Tadla a été déterminée par un tri manuel. Nous avons effectué dans un premier lieu la collecte de 12 bacs de 360L des déchets ménagers répartis sur trois types de zones (zone villa, zone économique et une zone d'activité), ensuite nous avons effectué le pesage de la benne satellite dans un pont bascule. L'étape suivante est le versement des déchets collectés sur une plateforme de tri. Après, nous avons réalisé le tri des déchets versés selon différentes fractions, Puis, nous avons récupéré les matières triées dans des sacs en plastiques, et en fin nous avons pesé des sacs de la matière triée. L'essai a été répété chaque mois durant la période comprise entre 2011 et 2013 sur une masse comprise entre 730 et 1150 kg des déchets.

1.2 Suivi des quantités des lixiviats produites dans la ville de Kasba Tadla

La détermination des volumes des lixiviats se fait à la fin de la prestation de collecte et avant le passage de la benne tasseuse au pont bascule. L'opération se réalise par le vidage du réservoir de stockage des lixiviats existé au-dessous de la benne tasseuse dans un bac gradué pour déterminer le volume récupéré. La détermination du tonnage récupérés est déduit par la différence de poids au début et à la fin de la collecte par le pesage quotidien de cet engin par un pont bascule bétonné sur site, l'essai de quantification des lixiviats a été effectué une fois par semaine depuis le mois Janvier 2013.

1.3 Détermination de l'humidité des déchets ménagers de la zone d'étude

Nous avons déterminé l'humidité des déchets par le séchage naturel à l'air libre, la température du site d'étude durant notre teste dont la moyenne est de l'ordre de 47 °C. Les échantillons sont prélevés et conditionnés dans un filet. Ils sont pesés, suspendus au soleil, pesés régulièrement à l'aide d'un « crochet peseur » jusqu'à stabilisation du poids. La quantité prise en compte pour cette détermination correspond à un poids de 80 kg (Zahrani, 2006), nous avons refait l'opération 20 fois.

1.4 Caractéristiques physico-chimiques des lixiviats

La demande chimique en oxygène (DCO) a été déterminée par la méthode de dichromate de potassium, la matière en suspension a été mesurée par la méthode de centrifugation (Rodier, 1984). La conductivité électrique a été relevée in-situ, le pH et la turbidité des lixiviats ont été mesurés avant et au cours du traitement.

1.5 Technique de traitement par UASB

Le protocole expérimental utilisé dans cette étude est composé d'un réservoir tampon et d'un digesteur type UASB ayant un volume utile de 200 litres et une hauteur 0.93 m et de diamètre de 0,58 m respectivement (figure 1). Le dimensionnement du digesteur UASB est conçu pour traiter une quantité des lixiviats qui représente d'environ le 1/10 des quantités produites journalièrement.

L'optimisation des conditions d'anaérobie et de séparation triphasiques boues-lixiviat-biogaz sont facilitées par un colon métallique qui est lié au plafond du digesteur et immergé dans les lixiviats sur une profondeur de 0.24 mètres. L'alimentation des lixiviats a été effectuée d'une manière continue après la récupération quotidienne à partir des bennes tasseuses de

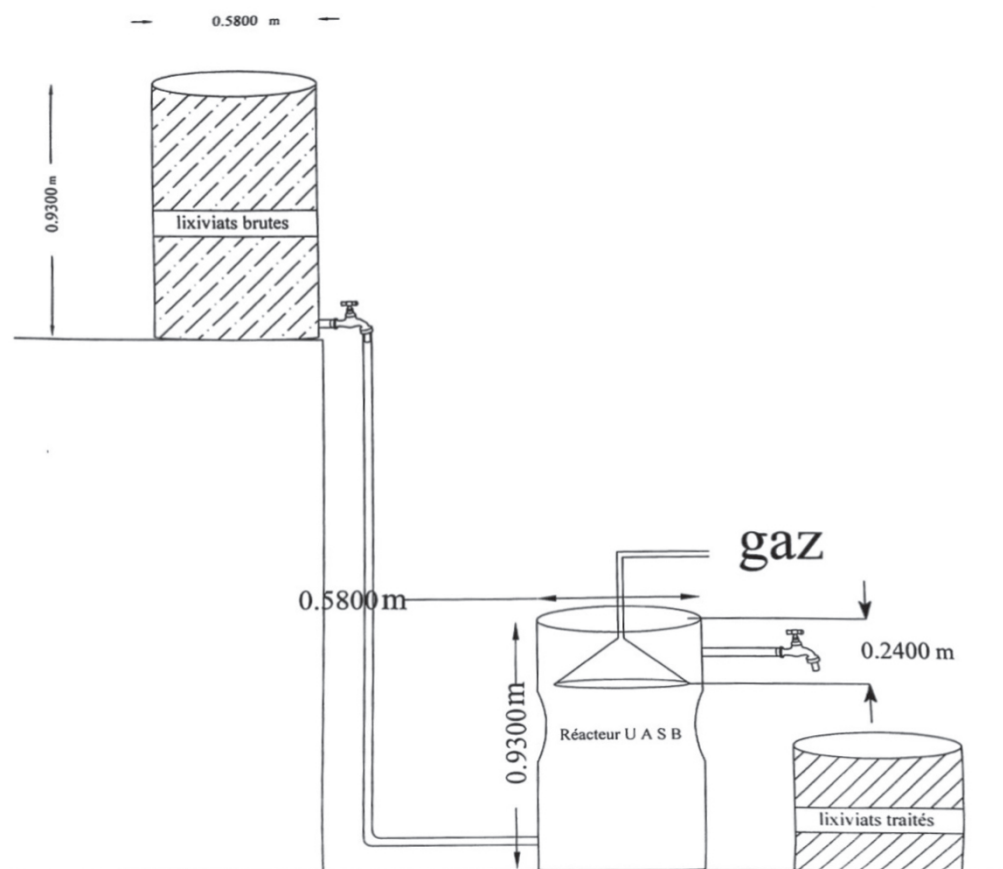


Figure 1 : Schéma du réacteur UASB expérimenté

collecte des déchets ménagers lors du transport de ces déchets vers la décharge. Pour réduire la phase de stabilisation et d'adaptation de la flore méthanogène, le digesteur a étéensemencé au début des essais par 3 kg des boues naturelles.

Le rendement épuratoire a été suivi par des prélèvements d'un litre, à partir du réservoir tampon à la sortie du digesteur sur une période de cinq jour à des intervalles de 24h ce qui correspond à des temps de séjour hydraulique de : 24h, 48h, 72, 96 et 120h. L'essai a été répété trois fois durant le mois de Février et Mars 2013. Ces échantillons sont ensuite mis dans des bouteilles en plastiques puis mis dans une mallette isotherme, et transportés directement au laboratoire pour analyse (Rassam et al. 2012). L'essai a été répété trois fois durant le mois de Février et Mars 2013.

2. Résultats et discussions

2.1 Evolution du tonnage des déchets ménagers de la ville de Kasba Tadla durant la période entre 2011 et 2013

Les déchets ménagers à la ville de Kasba Tadla ont connus une évolution en fonction de la croissance démographique de la population. En effet, le tableau 1 montre cette augmentation entre 2011 et 2013.

Tableau 1 : Evolution du tonnage des déchets ménagers de la ville de Kasba Tadla (2011/2013)

Années	2011	2012	2013
Population estimée /hab	43198	43673	44154
Qtt des déchets ménagers T/an	11529	11656	11787
Qtt des déchets ménagers T/hab/an	0,27	0,27	0,27

Tableau 2 : Composition des déchets ménagers de la ville de Kasba Tadla de l'année 2011 à 2013

Désignation	Moy 2011		Moy 2012		Moy 2013	
	Poids (kg)	pourcentage %	Poids (kg)	pourcentage %	Poids (kg)	pourcentage %
Plastique (PET incolore)	14±1,02	1,65±0,11	5±0,65	0,65±0,11	5±0,65	0,56±0,09
Plastique (PET coloré)	25±0,83	2,97±0,29	33±1,95	4,27±0,41	3±0,34	0,34±0,04
Plastique (PVC)	16±1,14	1,9±0,24	3±0,34	0,39±0,06	4±0,55	0,45±0,07
Film plastique	42±1,19	4,98±0,49	65±5,47	8,44±1,11	94±12,54	10,61±1,57
Papier carton	45±0,79	5,34±0,49	68±7,47	8,82±1,27	97±11,63	10,96±1,57
Aluminium	0,5±0,12	0,06±0,01	0,5±0,12	0,06±0,02	1±0,22	0,11±0,02
Fer	9±0,8	1,07±0,15	9±0,8	1,17±0,15	4±0,55	0,45±0,06
Verre	9±1,13	1,07±0,19	17±2,17	2,21±0,38	12±1,95	1,35±0,19
Textile	16±1,12	1,9±0,22	26,5±3,1	3,44±0,52	20±3,77	2,27±0,5
MO et refus	673±76,32	79,06±1,98	550±74,16	70,54±3,29	650±69,45	72,9±3,48
TOTAL	849,5±76,64	100	777±72,3	100	890±62,5	100

Note : PET : Polyéthylène téréphtalate, PVC : Poly-chlorure de vinyle, MO : Matière organique

2.2 Composition des déchets ménagers de la ville de Kasba Tadla par triage

Les résultats relatifs à l'analyse de la composition des déchets ménagers humide de la ville de Kasba Tadla sont reportés au tableau 2.

D'après ces résultats, la classe majoritaire est celle de la matière organique putrescible qui inclut aussi les refus non classés par un pourcentage de (74 %). Cette dernière varie selon la nature et la composition des déchets entreposés (Tabet-Aoul, 2001). Les classes de déchets restantes regroupent le papier (8 %), le plastique (9 %), alors que les quantités d'aluminium, du fer et du verre sont très négligeables. Ces résultats sont similaires à ceux trouvés dans d'autres villes du Maroc (Rabat, Salé, Agadir...) (Rassam et al. 2012) et d'autres pays (Tunisie, Nord-africain, Alger ...) (Rassam et al. 2012, Hwang et al. 2012 ; Beylot & Villeneuve, 2013 ; Ezequiel et al., 2013 ; Ajir, 2002).

2.3 Taux d'humidité des déchets ménagers de la zone d'étude

L'humidité des déchets ménagers de la ville de Kasba Tadla varie entre un maximum de 68 % et un minimum de 56,25 %, dont la moyenne est de l'ordre de 61,71 %. Les mêmes résultats ont également trouvé sur les déchets ménagers d'autres villes marocaines (Mohammadia, El hocima) (Souabi et al.,

2011, Rassam et al. 2012), cet état d'humidité a pour conséquence, les quantités des lixiviats produites lors du transport de ces déchets vers la décharge vont être très élevées et vont produire des quantités élevées des lixiviats.

2.4 Quantification et caractérisation des lixiviats des déchets ménagers de la ville de Kasba Tadla

2.4.1 Suivi de la production des lixiviats

Les lixiviats des déchets ménagers sont des effluents très chargés en polluants organiques et minéraux et en éléments toxiques (Renou et al., 2008). La quantité de production des lixiviats varie selon la nature et la composition des déchets. La détermination du volume des lixiviats produits lors de l'opération de transport à la décharge des déchets ménagers de la ville de Kasba Tadla a été suivie durant deux ans. Les résultats obtenus ont montrés que les volumes de lixiviats varient entre

un volume maximal près de 131 m³ pendant le mois d'Août 2013, et un volume minimal moins de 22 m³ pendant le mois Décembre 2013 avec une moyenne mensuelle de l'ordre de 79 m³. L'évolution annuelle a montré également que les mois de Juillets et Août sont les mois qui présentent une forte production (Tableau 3).

2.4.2 Caractéristiques des lixiviats des déchets ménagers de la ville de Kasba Tadla au cours du traitement par UASB

Les compositions chimique et biochimique des lixiviats sont non seulement très diverses mais aussi variables dans le temps et dans l'espace. La détermination de la composition globale de ces rejets est le plus fréquemment s'effectuée grâce à des analyses physico-chimiques (Schlumpf et al., 2001). La composition physico-chimique des lixiviats a été déterminée à la fois sur les lixiviats brutes et les lixiviats traités par UASB afin de montrer l'efficacité de ce processus de traitement (tableau 4).

Tableau 3 : Evolution des quantités des lixiviats produites mensuellement extraits des bennes lors du transport durant les années 2013 et 2014

Mois	Qté mensuelle de lixiviat dans les déchets en 2013 (litre/mois)	Déchets mensuels produits par mois 2013 (T/mois)	Qté mensuelle de lixiviat dans les déchets en 2014 (litre/mois)	Déchets mensuels produits par mois 2014 (T/mois)
Janvier	84000±8326,66	1028	74580±5884,47	996
Février	61812±7798,64	904	62450±7049,73	901
Mars	76530±8162,35	961	73940±9235,44	959
Avril	76668±8137,35	969	77580±8138,97	973
Mai	82387±8243,8	1001	83300±8243,8	998
Juin	98191±8008,74	1025	97950±8008,74	1018
Juillet	127430±18409,31	1047	128560±11911,81	1052
Août	130921±17675,56	1069	130050±18184,52	1065
Septembre	108549±11466,54	979	90670±15765,61	996
Octobre	44988±7104,22	945	51060±5964,15	981
Novembre	32255±2080,44	939	37550±4196,83	963
Décembre	21880±1664,77	920	23380±2418,98	947

Tableau 4 : Caractérisation des lixiviats de la zone d'étude avant et après traitement par UASB

N° d'Echantillon	TSH (jour)	Température en (°C)	pH	Conductivité en µs/cm	Turbidité en NTU	MES en mg/l	DCO en mg d'O ₂ /l
Lixiviat brute	0	22±2,65	4,49±0,43	26720±1578,73	2890±348,71	5,552±0,56	25700±3439,48
Moyen E1	1	25±2,65	6,17±0,16	21100±854,4	2540±321,87	3,998±0,79	17542±2623,46
Moyen E2	2	25±1,73	6,28±0,14	15550±1985,17	1970±135,28	2,416±0,26	11840±935,79
Moyen E3	3	26±2,65	6,34±0,11	14230±1990,08	1460±190,79	1,712±0,2	7625±534,44
Moyen E4	4	26±2	6,55±0,14	12230±1985,17	1020±91,65	1,58±0,13	4865±345,43
Moyen E5	5	26±2,65	6,87±0,24	7670±1037,93	491±55,68	1,308±0,2	1542±178,02

Note : TSH (Temps de séjour hydraulique), MES (Matière en suspension), DCO (Demande chimique en oxygène)

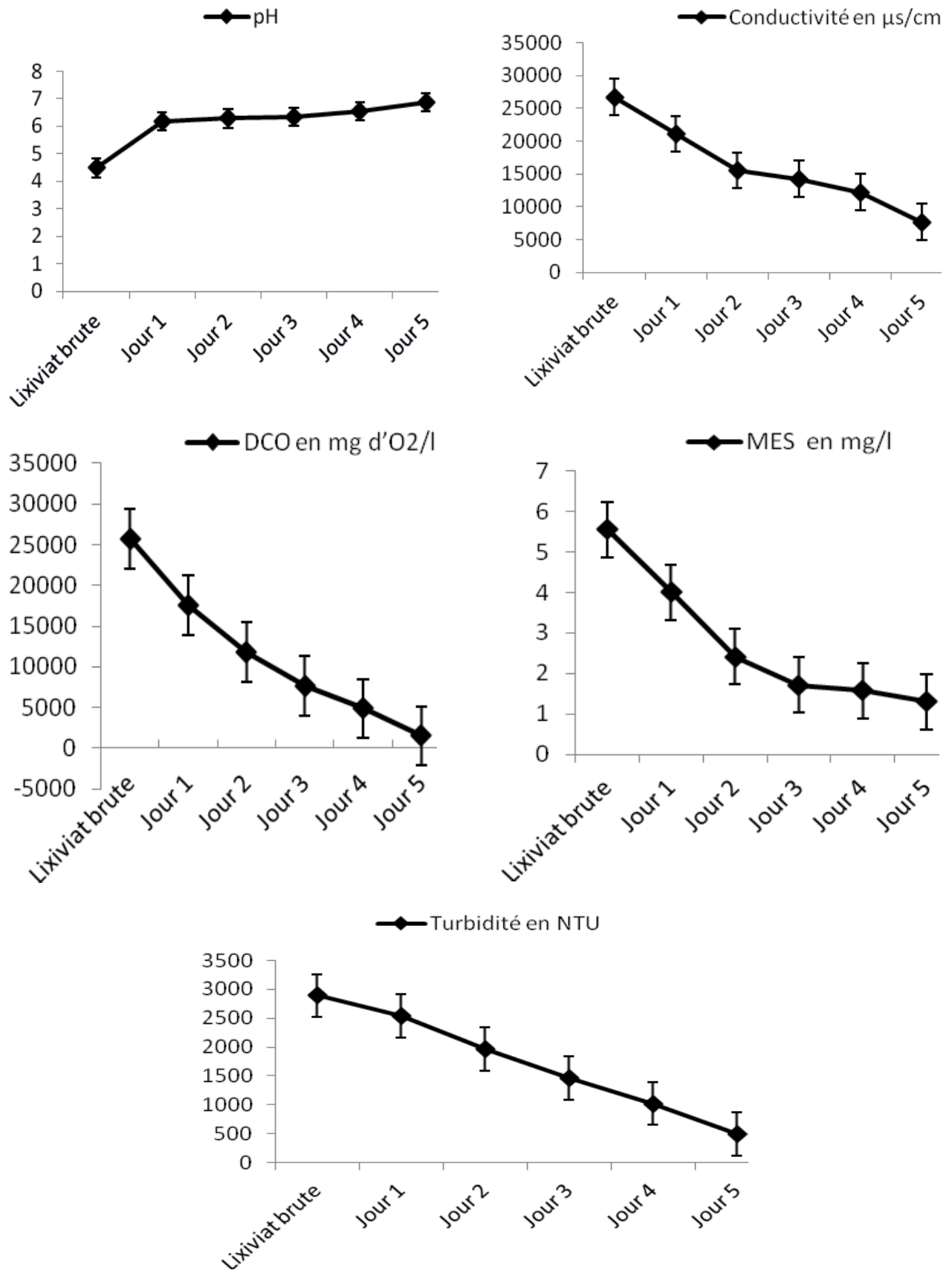


Figure 2 : Evolution des paramètres pH, Conductivité électrique, Demande chimique en oxygène (DCO), Matières en suspension (MES) et la turbidité des lixiviats de la région de Kasba Tadla avant et après traitement par la technique de UASB

La majorité des paramètres ont connus une nette diminution entre l'échantillon brute et les lixiviats après traitement par UASB dès le troisième jour. Ce qui confirme le bon fonctionnement de ce système de traitement. En effet, L'évolution de la conductivité électrique met en évidence des valeurs décroissantes d'une façon régulière par rapport au temps de résidence dans le réacteur UASB dès le premier jour pour avoir une diminution de 71 % après un temps de séjours hydraulique (TSH) de 5 jours. Le suivi du pH indique un caractère acide avec une valeur de 4,49 pour les lixiviat brute pour passer à la neutralité avec une valeur de 6,87 après le passage d'un temps de résidence de 5 jours au niveau du réacteur de UASB, Le suivi du rendement épuratoire de la matière en suspension et la turbidité arrive respectivement à 77 % et 83 %. L'étude de l'évolution temporelle du rendement épuratoire de la DCO met en évidence un abattement très important qui arrive à 94 % après un TSH de 5 jours avec une température moyenne de 25 °C varie entre un maximum de 29°C et un minimum de 15°C durant la période d'étude.

Au vu de ces résultats, on remarque que le traitement par UASB s'accompagne d'une diminution de la conductivité électrique sûrement liées aux échanges chimiques entre les lixiviats et le sédiment. Par ailleurs le même phénomène de diminution du pH apparaît par le passage du pH de 4,49 à une valeur de 6,17 après un temps de séjour de 24 heures ce qui confirme la réponse de notre système dès les premières heures de démarrage de la technique de traitement par UASB. Les résultats obtenus sont encourageants surtout en matière de réduction de la DOC par la diminution de la charge polluante. L'abattement de ce paramètre a été enregistré après quelques heures de lancement de notre procédé UASB d'une manière ponctuelle, liée à la biodégradation des matières organiques par des microorganismes anaérobies lors du cheminement des lixiviats du bas vers le haut du réacteur, qui est accompagnée par la production du biogaz. Nos résultats et celle obtenus par la littérature (Neena et al., 2007 ; Bohdziewicz & Kwarciak, 2008), ont données des valeurs très satisfaisantes suite à la diminution des différents paramètres physico-chimiques dans un temps optimal, ce qui confirme la réussite de cette technique de traitement pour ce type d'effluent.

3. Conclusion

Cette étude préliminaire a permis dans un premier lieu de déterminer les caractéristiques physico chimiques des lixiviats issus de la décharge de la ville de Kasba Tadla. Les essais de traitement biologique nous ont ensuite permis d'évaluer l'intérêt de du procédé anaérobie UASB et de tirer les conclusions suivantes :

- Le traitement par UASB permet un abattement de 94 % de la DCO entrante avec un temps de séjour hydraulique de 5 jours à une température moyenne de 25°C. Il permet en outre de neutraliser le pH grâce à la dégradation des acides organiques. Le procédé

est efficace dès les premières heures de sa mise en fonctionnement.

- Les conditions climatiques de la zone d'étude sont très favorables pour le fonctionnement de cette technique, avec une température moyenne annuelle de l'ordre de 37 °C avec un minimum qui ne dépasse pas 10°C en hiver et un maximum qui peut arriver jusqu'à 55 °C pendant l'été.
- Le choix du modèle de notre réacteur de UASB a donné satisfaction pour le traitement d'une quantité de 1/10 de la quantité produite journalièrement ce qui va nous donner une idée sur le dimensionnement de notre réacteur UASB pour le traitement de ces effluents a forte charge organique (Trebouet et al., 1998 ; Khattabi et al., 2002) et avoir un écoulement de traitement permanent.
- L'UASB est déjà proposé pour le traitement des eaux usées de la ville ce qui nous a poussés aussi à penser de faire un co-traitement des lixiviats avec les eaux usées de la zone d'étude.

A ce stade notre étude ouvre des perspectives intéressantes. La combinaison de la technique UASB avec la technique d'évaporation forcée pourrait permettre d'accroître encore les rendements. Une étude est actuellement en cours pour déterminer la possibilité d'utilisation des gaz produits par UASB pour garantir des températures optimales pendant la période hivernale et avoir un rendement d'évaporation important.

Ajir A. (2002). Gestion des déchets solides au Maroc : Problématique et approche de développement. Proceedings of International Symposium on Environmental Pollution Control and Waste Management, Tunis, (EP-COWM'2002), pp. :740-747.

Beylot, A., & Villeneuve, J. (2013). Environmental impacts of residual Municipal Solid Waste incineration: A comparison of 110 French incinerators using a life cycle approach. Waste management, 33(12), 2781-2788.

Bohdziewicz, J., & Kwarciak, A. (2008). The application of hybrid system UASB reactor-RO in landfill leachate treatment. Desalination, 222(1), 128-134.

Ezequiel J., Ponce-Ortega J M., Betzabe J., Serna-Gonzalez M., El-halwagi M. (2013). Optimal planning for the sustainable utilization of municipal solid waste. Mexico, USA, Saudi Arabia. Waste Management, 33 (1), 2607-2622

Foresti, E. (2001). Perspectives on anaerobic treatment in developing countries. Water Science & Technology, 44(8), 141-148.

Hwang, I. H., Aoyama, H., Matsuo, T., Nakagishi, T., & Matsuo, T. (2012). Recovery of solid fuel from municipal solid waste by hydrothermal treatment using subcritical water. Waste management, 32(3), 410-416.

- Kaschl, A., Römheld, V., & Chen, Y. (2002). The influence of soluble organic matter from municipal solid waste compost on trace metal leaching in calcareous soils. *Science of the Total Environment*, 291(1), 45-57.
- Khattabi, H., Aleya, L., & Mania, J. (2002). Lagunage naturel de lixiviat de décharge. *Revue des sciences de l'eau/Journal of Water Science*, 15(1), 411-419.
- Lettinga, G. A. F. M., Van Velsen, A. F. M., Hobma, S. W., De Zeeuw, W., & Klapwijk, A. (1980). Use of the upflow sludge blanket (USB) reactor concept for biological wastewater treatment, especially for anaerobic treatment. *Biotechnology and bioengineering*, 22(4), 699-734.
- Liu, J., Zuo, J. E., Yang, Y., Zhu, S., Kuang, S., & Wang, K. (2010). An autotrophic nitrogen removal process: Short-cut nitrification combined with ANAMMOX for treating diluted effluent from an UASB reactor fed by landfill leachate. *Journal of Environmental Sciences*, 22(5), 777-783.
- Ministère de l'intérieur (2008). Cahier des charges pour la gestion déléguée des services de propreté comprenant la collecte et l'évacuation des déchets ménagers et assimilés et le nettoyage des voies et place publiques, ainsi que l'évacuation des produits de nettoyage de la ville de Kasba Tadla, Morocco, 49 p.
- Neena, C., Ambily, P. S., & Jisha, M. S. (2007). Anaerobic degradation of coconut husk leachate using UASB-reactor. *Journal of environmental biology*, 28(3), 611-615.
- Rassam A., Bourkhis B., Chaouch A., El Watik L., Chaouki H. & Ghannami M. (2012). Caractérisation de lixiviats des décharges contrôlées au Maroc et solutions de traitement : cas de lixiviats de la ville d'Al Hoceima. *Environnement ScienceLib*, vol 4, N° 120204, ISSN 2111-4706.
- Renou, S., Poulain, S., Gagnaire, J., Marrot, B., & Moulin, P. (2008). Lixiviat de centre de stockage : déchet généré par des déchets. *L'Eau L'industrie Les Nuisances*, 310, 37-43.
- Rodier, J. (1984). *L'analyse de l'eau*. 7ème édition. Dunod, Paris, 1365 p.
- Schlumpf, J. P., Trebouet, D., Quemeneur, F., Maleriat, J. P., & Jaouen, P. (2001). Réduction de la DCO dure des lisiers de porc et lixiviats par nanofiltration. *Revue des sciences de l'eau/Journal of Water Science*, 14(2), 147-155.
- Seghezzi, L. (2004). Anaerobic treatment of domestic wastewater in subtropical regions. *PhD Thesis*, Wageningen University, Wageningen, the Netherlands, 172 p.
- Souabi, S., Touzare K., Digua, K., Chtioui, H., Khalil, F. & Tahiri, M. (2011). Triage et valorisation des déchets solides à la décharge publique de la ville de Mohammedia. *Les Technologies de laboratoire*, 6(25), 121-130.
- Sun, H., Yang, Q., Peng, Y., Shi, X., Wang, S., & Zhang, S. (2010). Advanced landfill leachate treatment using a two-stage UASB-SBR system at low temperature. *Journal of Environmental Sciences*, 22(4), 481-485.
- Tabet-Aoul, M. (2001). Types de traitement des déchets solides urbains évaluation des coûts et impacts sur l'environnement. *Rev. Energ. Ren. : Production et Valorisation-Biomasse*, 97-102.
- Trebouet, D., Berland, A., Schlumpf, J. P., Jaouen, P., & Quemeneur, F. (1998). Traitement de lixiviats stabilisés de décharge par des membranes de nanofiltration. *Revue des sciences de l'eau/Journal of Water Science*, 11(3), 365-382.
- Wiegant, W. (2001). Experiences and potential of anaerobic wastewater treatment in tropical regions. *Water Science & Technology*, 44(8), 107-113.
- Zahrani, F. (2006). Contribution à l'élaboration et validation d'un protocole d'audit destiné à comprendre les dysfonctionnements des centres de stockage des déchets (CSD) dans les pays en développement. Application à deux CSD : Nkolfoulou (Cameroun) et Essaouira (Maroc) (Doctoral dissertation, INSA de Lyon), 269 p.
- Zeeman, G., & Lettinga, G. (1999). The role of anaerobic digestion of domestic sewage in closing the water and nutrient cycle at community level. *Water Science and Technology*, 39(5), 187-194.