



Energy valorization from Sludge Anaerobic
Digestion by the Tamuda Bay WWTP, Tetouan,
Morocco.

Elkhachine Douae, Laila Elajhar, Ahmed El Bakouri,
Moad Morarech, Younes Argach, Khadija El Kharrim and
Driss Belghyti

EasyChair preprints are intended for rapid
dissemination of research results and are
integrated with the rest of EasyChair.

June 27, 2020

Energy valorization from Sludge Anaerobic Digestion by the Tamuda Bay WWTP, Tetouan, Morocco.

EI KHACHINE DOUAE¹, LAILA EL AJHAR¹, AHMED EL BAKOURI¹, MORARECH MOAD², ARGAZ YOUNES³, EL KHARRIM Khadija¹ & BELGHYTI DRISS^{1*}

1: LABORATORY BIOTECHNOLOGY, ENVIRONMENT AND QUALITY. FACULTY OF SCIENCE, BIOLOGY DEPARTMENT, KENITRA, MOROCCO. Email: douae_elkhachine@hotmail.com, k_elkharrim@hotmail.com, ahmed-el-bakouri@hotmail.fr, elajhar.laila@gmail.com.

2 : LABORATORY OF OCEANOLOGY, GEODYNAMICS AND GEOLOGICAL ENGINEERING FACULTY OF SCIENCES RABAT.

3 : QSE AT VIOLIA SERVICES TO THE ENVIRONMENT –TETOUAN

*Corresponding authors: belghyti@hotmail.com

ABSTRACT

The treatment of wastewaters in the sewage treatment plant Tamuda Bay is accompanied by an important production of waste muds. That pushes the community and the researchers to seek technological solutions allowing an effective drug of muds.

Anaerobic digestion is one of technologies which allow the treatment these muds and return them as a source of wealths. The latter becomes essential in the production of compost and the production of biogas, which is a renewable energy source being able to be used in the electrical production and of heat.

In our project the interest is related to the study of the process of anaerobic digestion of muds of the station Tamuda Bay as well as the optimization of this last, by the control of the various parameters of the stability of the digester such as the pH, alkalinity, the AGV, as well as the measurement of the specific rate of production of biogas and is evaluated its quantity and its quality.

The median value of the production of biogas is about 455 m³ per day, which is currently used with the heating of digester, this volume produces daily will produce a quantity of electrical energy of about 2900 kWh by the system of cogeneration.

Keywords : WWTP, Muds, Anaerobic Digestion, Biogas, Valorization, Tetouan, Morocco.

Valorisation énergétique des boues à partir de la digestion anaerobique par la STEP TAMUDA BAY Tetouan, Maroc

EL KHACHINE DOUAE¹, ELAJHAR LAILA¹, AHMED ELBAKOURI¹, MORARECH MOAD², ARGAZ YOUNES³, EL KHARRIM Khadija¹, EBELGHYTI DRISS¹

1 : LABORATOIRE BIOTECHNOLOGIE, ENVIRONNEMENT ET QUALITE. FACULTE DES SCIENCES KENITRA. BP 133. 14000

2 : LABORATOIRE D OCEANOLOGIE, GEODYNAMIQUE ET GENIE GEOLOGIQUE FACULTE DES SCIENCES RABAT.

3 : QSE CHEZ VIOLIA SERVICES A L'ENVIRONNEMENT –TETOUAN

douae_elkhachine@hotmail.com, k_elkharrim@hotmail.com, ahmed-el-bakouri@hotmail.fr,
elajhar.laila@gmail.com

RESUME :

Le traitement des eaux usées dans la station d'épuration Tamuda Bay s'accompagne d'une production importante des boues résiduelles. Cela pousse la communauté et les chercheurs à rechercher des solutions technologiques permettant un traitement efficace des boues. La digestion anaérobie est l'un de technologies qui permettent le traitement ces boues et les rendent une source de richesses. Cette dernière devient essentielle dans la production de compost et la production de biogaz, qui est une source d'énergie renouvelable pouvant être utilisée dans la production d'électricité et de la chaleur.

Dans notre projet l'intérêt est porté sur l'étude du processus de digestion anaérobie des boues de la station Tamuda Bay ainsi que l'optimisation de ce dernier, par le contrôle des différents paramètres de la stabilité du digesteur tels que le pH, l'alcalinité, les AGV, ainsi que la mesure du taux spécifique de production de biogaz et évalué sa quantité et sa qualité. La valeur moyenne de la production de biogaz est de l'ordre de 455 m³ par jour, qui est utilisé actuellement à l'échauffement de digesteur, ce volume produit journallement produira une quantité d'énergie électrique de l'ordre de 2900 KWh par le système de cogénération.

Mots clés : STEP, Boues, Digestion anaérobie, Biogaz, Valorisation, Tétouan, Maroc.

1. INTRODUCTION

La station d'épuration Tamuda Bay adopte un procédé de digestion qui permet l'élimination des matières organiques en milieu anaérobie (digesteur) ainsi de réutiliser le biogaz formé pour produire de la chaleur et éventuellement de l'électricité.

La méthanisation permet cependant de répondre en partie à la problématique des boues de stations d'épuration, car ce processus permet de réduire le volume de boues, de les désodoriser et dégrader la matière organique. -
(Etat de l'environnement du Maroc 2010)

2. OBJECTIF DE L'ETUDE

L'étude physico-chimique des boues urbaines résiduaires de la station d'épuration de M'diq-Fnideq « TAMUDA BAY est pour :

- 1 la gestion de ces déchets ;
- 2 Créer une valeur ajoutée ;
- 3- garantir la protection de l'environnement et au développement durable.

3. METHODES DE TRAVAIL

Les boues font l'objet d'un échantillonnage représentatif. Les récipients destinés à l'emballage final des échantillons doivent être inertes vis-à-vis des boues, résistants à l'humidité et étanches à l'eau et à la poussière. IL doit être représentatif d'un emplacement précis et avoir un volume suffisant pour les besoins d'analyse. L'échantillon prélevé a une couleur noire foncée, sous forme solide fraîche et dégage une odeur désagréable. On a fait les analyses pour déterminer :

- ✚ ÉVOLUTION DU pH ;
- ✚ TENEUR EN MATIÈRES VOLATILES (MVS) ;
- ✚ DÉTERMINATION DE LA TENEUR EN AGV ;
- ✚ DÉTERMINATION DE LA TENEUR EN TAC ;
- ✚ DÉTERMINATION DE LA MO.

4. SITUATION DE LA STEP

La station d'épuration (STEP) reçoit l'ensemble des effluents de la ville de Fnideq et des complexes et résidences situées entre le complexe Kabila à M'diq et Fnideq. Elle est construite dans une zone agricole plane (plaine de l'oued Negro), loin des périmètres d'habitations (500 m), et des zones touristiques (2 km) et urbanisées (5 km), à plusieurs kilomètres de la plage et à 1,5 km de la RN 13.

Elle est en bordure d'un effluent de l'oued Negro.

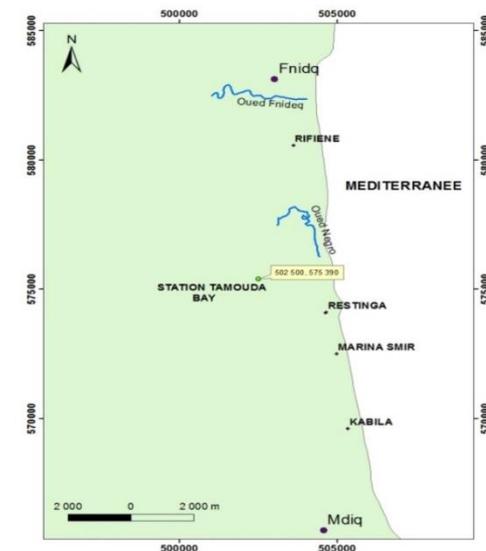
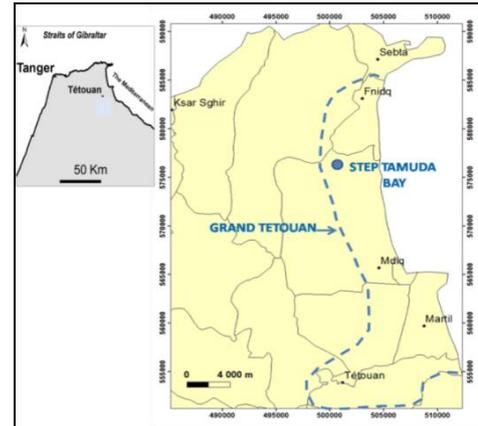


Figure 1 : Localisation géographique de la station Tamuda Bay

5. DIFFÉRENTS PARAMÈTRES INFLUENÇANT LA MÉTHANISATION

Un digesteur n'est pas un simple réacteur où on laisse fermenter de la boue. Un suivi très précis de différents paramètres permettra d'exploiter au mieux cet ouvrage. Le tableau ci-dessous montre les paramètres suivis par la station Tamuda Bay ainsi que la valeur optimale de chaque paramètre. (RECORD, 2003.)

5.1 TEMPÉRATURE :

Le développement des bactéries dépend de la température de milieu. On distingue trois modes de fonctionnement :

- ✚ Psychrophile : 15 à 25°C
- ✚ Mésophile : 25 à 45°C
- ✚ Thermophile : 55 à 65°C

Dans le cas de la station Tamuda Bay, la digestion anaérobie s'effectue dans des conditions mésophiles, en effet, une température élevée accélère les cinétiques de réaction et améliore l'hygiénisation. Dans le cas de la station Tamuda Bay, la digestion anaérobie s'effectue dans des conditions mésophiles (25 à 45° C) (fig. 2), en effet, une température élevée accélère les cinétiques de réaction et améliore l'hygiénisation. (Amir S., 2005)

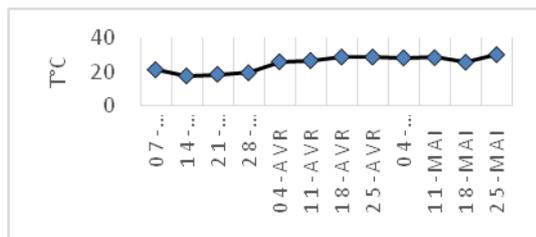


Figure 2 : Évolution de la température de digesteur :

5.2 VARIATION DE LA MVS :

La digestion anaérobie permet une réduction de la matière volatile des boues. Cette matière organique est convertie en biogaz.

L'analyse de la MS et MVS est faite sur les boues alimentant le digesteur et les boues à la sortie du digesteur.

Après un temps de séjour d'environ 60 jours dans le digesteur une partie de la matière organique des boues méthanisés est dégradé transformant en biogaz. L'aptitude des boues à être méthanisées dépend de leur teneur en matière organique. (Stitou. A, (2012)

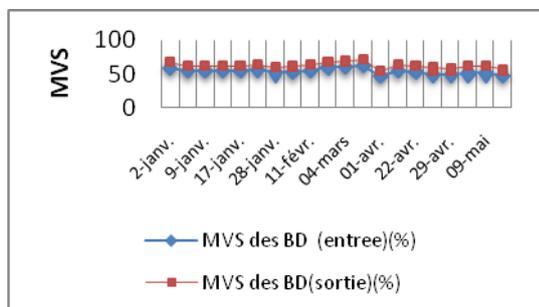


Figure 3 Dégradation de la MVS en % dans le digesteur

La (fig. 3) montre une réduction journalière de la quantité du MVS dans les boues après leur digestion, on remarque que la plupart des mesures effectuées sont comprises entre 50 et

70 qui respectent les valeurs usuelles préconisées par la note de dimensionnement Le taux de réduction de la MVS est de 31%.

5.3 ÉVOLUTION DU pH :

Le ph est un paramètre qui renseigne sur la stabilité et le bon fonctionnement de la digestion, sa variation dépend de l'existence des différentes espèces en solution, tels que (CO₂).

La mesure de pH est faite sur les boues à l'intérieur de digesteur. Le ph peut être un facteur de réduction de certains types des bactéries .La stabilité du processus en phase mésophile sera assurée à des valeurs de ph comprises entre 6.8 et 7.8.Dans le cas d'une variation du pH du milieu, il est nécessaire de la corriger par ajout de produits correcteurs tel que la chaux (GEDEON MARLEIN DAHOU ;2015) .

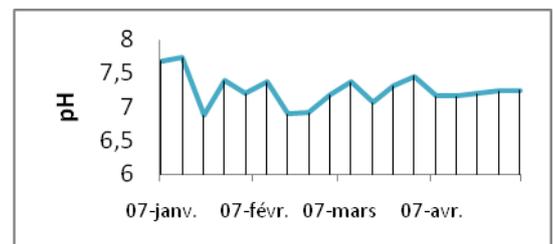


Figure 3 : graphe de variation de pH

Comme confirmé par les résultats expérimentaux du les valeurs du pH sont comprises entre 6.8 et 7.7 durant toute la période de suivi avec une valeur moyenne de 7.2 qui favorise la stabilité du processus (milieu favorable pour la majorité des souches microbiennes) et donc le bon fonctionnement du digesteur. Dans le cas d'une variation du ph du milieu, il est nécessaire de la corriger par ajout de produits correcteurs tel que la chaux.

5.4 TEMPS DE RÉTENTION :

Le temps de séjour est le principal paramètre de dimensionnement d'un digesteur, Il est généralement de l'ordre de 20 jours pour la digestion mésophile, ce qui est un compromis entre l'optimisation des performances de la dégradation de la matière organique et le volume du digesteur. (TRH = temps de rétention hydraulique)

TRH =volume digestion / volume des boues à traiter journallement.

Le digesteur de la station Tamuda Bay est dimensionné pour avoir un temps de séjour d'environ 20 j, mais puisque le débit journalier des eaux usées à l'entrée de la STEP est encore faible (environ 8000 m³/j, le temps de séjour peut atteindre parfois 60 jours. (Bolzonella, D., Zanette, M., Pavan, P., Cecchi, and F. (2006)

5.5 ACIDE GRAS VOLATIL :

La variation de la concentration des AGV dans le digesteur. La concentration des AGV varie légèrement en fonction du temps, et n'atteint pas la valeur critique où les AGV inhibent le système. La concentration obtenue à travers cette étude est comprise entre 96 et 276 mg/l.

La variation de la concentration des acides gras volatils dans le digesteur influe directement sur le rendement de la digestion ainsi que sur la qualité et le volume du biogaz produit. En effet un déséquilibre entre les phases acidogène et méthanogène résulte en une accumulation d'acides qui provoque la diminution de pH.

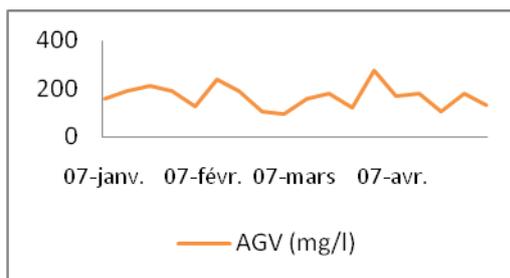


Figure4 : graphe de variation d AGV

La concentration des AGV est entre 100 et 500 mg/l ; cela assure une stabilité du fonctionnement du digesteur.

5.6 VARIATION DE L'ALCALINITÉ :

L'alcalinité est un autre paramètre de contrôle de la stabilité de la digestion anaérobie ; une diminution importante de cette dernière exprime une production conséquente d'acide soulignant ainsi un déséquilibre entre la phase acidogène et la phase méthanogène.

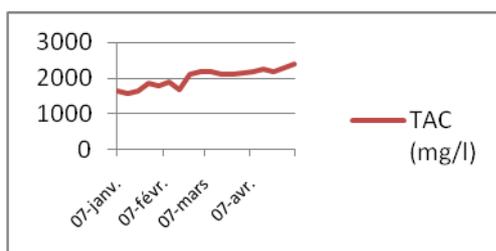


Figure 5: graphe de variation de l'alcalinité

La variation de la concentration de l'alcalinité dans le digesteur de 1575 à 2400 mg/l ce qui assure un fonctionnement optimal de la digestion qui a recommandé une alcalinité entre 1500 et 6500 mg/l de CaCO₃. Cependant sous ce niveau une action corrective doit être engagée. Il faut noter que l'alcalinité du système est en moyenne de 2200 mg/l de CaCO₃.

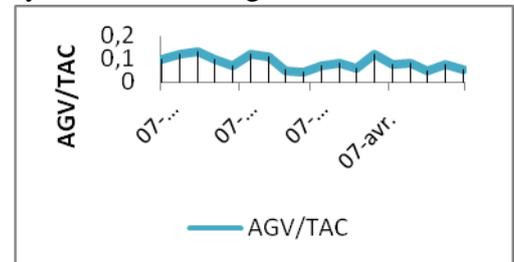


Figure 6: graphe de la variation d AGV/TAC

Le rapport AGV / TAC compris entre 0.05 et 0,25, on peut dire que la digestion de la station respecte la zone optimale recommandés.

6. BIOGAZ :

Le biogaz produit par la digestion dépend de la quantité de matières organiques dans les boues, et aussi du débit des boues introduite au digesteur. Ce biogaz peut pratiquement être converti dans toutes les formes d'énergie, notamment sous forme thermique ou encore sous forme électrique après transformation dans un moteur. (

bolzonella, D., Zanette, M., Pavan, P., Cecchi, and F. (2006)

La quantité de biogaz produite dépend de la matière organique dégradé dans le digesteur, alors on peut calculer le volume de biogaz produit par jour selon la relation suivante :

$$\text{MO dégradable (kg)} * 850.10^{-3} \text{ (m}^3 \text{ /kg)}$$

Avec :

- ✚ La matière organique dégradable : est le résultat de la différence entre la quantité de MVS (kg) des boues mixtes et celles des boues digérées.
- ✚ 850 l/kg : Production de biogaz par kg de MVS détruite.

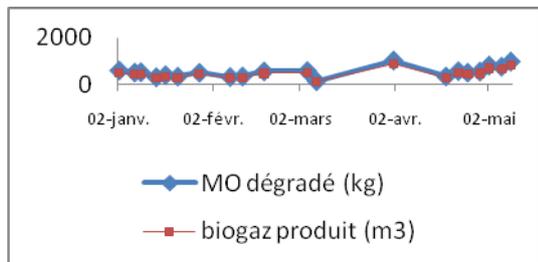


Figure 7 : la dégradation de la matière organique dans le digesteur

Le résultat des calculs par cette courbe, dont la production de biogaz varie selon la dégradation de la matière organique dans le digesteur. On a trouvé que la valeur moyenne journalière du biogaz produite est d'environ 455 m³ et la valeur moyenne de la MO est de 535.8 kg.

6.1 COMPOSITION DE BIOGAZ :

La composition d'un biogaz dépend à la fois du procédé de méthanisation et de ses conditions de fonctionnement, et aussi de la nature et de la composition des boues utilisés. L'ensemble des paramètres étant en pratique très variable et aléatoire, la composition d'un biogaz est très différente d'un site à l'autre mais aussi très variable dans le temps.

La qualité du biogaz est évaluée essentiellement par la mesure du pourcentage de méthane (CH₄) qu'il contient. En effet, un biogaz est d'autant meilleur que son pourcentage en méthane est élevé. Mais, elle repose aussi sur la détermination du pourcentage de dioxyde de carbone (CO₂), pourcentage de sulfure d'hydrogène (H₂S) et pourcentage d'hydrogène (H₂).

La composition de biogaz de la station avec un pourcentage 67% de méthane en moyenne ce qui est acceptable pour ce type de procédé. (Bolzonella, D., Zanette, M., Pavan, P., Cecchi, F.;2006).Le pourcentage de H₂S est 3%, qui sont élevé par rapport à la valeur usuelle. , à haute concentration (>1%) il affecte le système nerveux central et provoque la mort.

7. Valorisation thermique par combustion direct de biogaz :

Actuellement, la station Tamuda Bay profite du biogaz stocké dans le gazomètre pour réchauffer les boues dans le digesteur, en utilisant une chaudière.

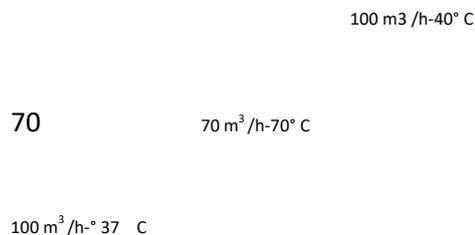


Figure 8 : fonctionnement de la chaudière

Les boues dans le digesteur doivent être maintenues à une température de 35°C-37°C, pour que les conditions de digestion soient optimum. Afin de maintenir la température de 35°C-37°C dans le digesteur, il faut donc : - Réchauffer les boues mixtes - Compenser les déperditions de température liées aux murs du digesteur (M. Sänger, J. Werther, T. Ogada. 2001)

Pour réaliser cela, une partie des boues est extraite en continu du digesteur et réchauffée dans un échangeur tubulaire eau/boues d'une température de 37°C à une température de 40°C de manière à compenser les déperditions de chaleur dans les digesteurs. L'apport énergétique nécessaire pour réaliser cette augmentation de température de 3°C pour le débit donné est de 500 kW.

La chaleur sera apportée par de l'eau qui sera réchauffée par une chaudière de puissance 540 kW: Pour réchauffer ces boues, la quantité d'eau à apporter est de 70 m³/h par échangeur pour une température en entrée d'échangeur de 75°C et une température en sortie d'échangeur de 70°C. La température de « l'eau chaude » ne doit pas dépasser les 75°C pour éviter de « cuire » les boues et empêcher ainsi le développement des bactéries anaérobies propices à la digestion. (BLASZKOW Frédéric ;2008)

CONCLUSION

La méthanisation est un procédé naturel de transformation de la matière organique par des bactéries en absence d'oxygène. C'est la "digestion anaérobie" qui conduit à la formation d'un biogaz riche en méthane et utilisable comme source d'énergie. La digestion anaérobie est utilisée depuis la fin du XIX^e siècle pour traiter les boues de stations d'épuration urbaines (**Lahav, O., Morgan, B. E. and Loewenthal, R. E ; 2002**)

L'opération de la digestion des boues, donne 9,5 tonne/jour des boues digérées qui seront utilisées comme fertilisant et la production de l'énergie verte par le système de cogénération, production environ 350 KWh soit 35% des besoins de la STEP en énergie électrique.

Bibliographie

AMIR SAMIRA , 2005 : Thèse de Doctorat ; Contribution à la valorisation de boues de stations d'épuration par compostage : Devenir des micro polluants métalliques et organique et bilan humique du compost.

BLASZKOW Frédéric ,2008 : valorisation énergétique des boues de la station d'épuration.

Bolzonella, D., Zanette, M., Pavan, P., Cecchi, F.;2006 : Extreme thermophilic anaerobic pre-fermentation of waste activated sludge to enhance anaerobic digestion performances. 1st MCCEE, 482-488

Etat de l'environnement du maroc 2010.

GEDEON MARLEIN DAHOU ,2015 :DIGESTION ANAEROBIE DES BOUES DE STATIOND'EPURATION AU BENIN : CAS DE BENEAU ETETUDE DU MODELE DE DIGESTION ANAEROBIE .

Lahav, O., Morgan, B. E. and Loewenthal, R. E ; 2002 : Rapid, Simple, and Accurate Method for Measurement of VFA and Carbonate Alkalinity in Anaerobic Reactors” Environmental Science & Technology..

Stitou. A, 2012 : Système de management environnemental iso 14001 : AMENDIS Tétouan, Tétouan. Inédit