

REVIEW OF WASTEWATER FROM THE CITY OF OUAGADOUGOU: SELF-PURIFICATION CAPACITY FOR THE PRODUCTION OF BIOGAS

BILAN DES EAUX USEES DE LA VILLE DE OUAGADOUGOU : CAPACITE AUTO-EPURATOIRE EN VUE DE LA PRODUCTION DE BIOGAZ

Inoussa Zongo^{1,2*}, Martine Diallo-Koné¹, Kalifa Palm¹,
Ablassé Tientoré¹, Oumar Sanogo¹, Edouard Guiguemdé¹,
François Lopicque³, Jean-Pierre Leclerc³

¹*Institut de Recherche en Sciences Appliquées et Technologies (IRSAT),
03 BP 7047 Ouaga 03, Burkina Faso*

²*Laboratoire de recherche Eau, Dépollution, Ecosystèmes et Santé,
2iE, 01 BP 594 Ouaga 01, Burkina Faso*

³*Laboratoire Réactions, Génie des Procédés (LRGP), 1 rue Grandville,
54001 Nancy Cedex, France*

*Corresponding author: zinoussa@hotmail.com

Received: February, 04, 2011

Accepted: May, 15, 2012

Abstract: The two tests realized in this study show that the anaerobic conditions are better than the aerobic ones in order to treat most of the effluents of Ouagadougou in Burkina Faso. This essay allows 95% reduction of greenhouse gases specifically CO₂ by anaerobic way. The survey of effluent gives 14 456 000 m³ yr⁻¹ with 3716 mg O₂ L⁻¹ COD and 790 520 m³ yr⁻¹ of industrial wastewater with 2 238 mg O₂ L⁻¹. The potential of biogas based on the domestic wastewater is evaluated to 29 434 m³ per day.

Keywords: *anaerobic digestion, biogas, fermentation, lagoon, wastewater treatment*

INTRODUCTION

Le réchauffement climatique est un phénomène alarmant constaté depuis les années 1970 mais son ampleur est fortement ressentie de nos jours [1]. Ce phénomène a eu pour conséquence le bouleversement de tous les autres phénomènes atmosphériques, climatiques et météorologiques. Les inondations constatées dans de nombreux pays d'Afrique, d'Europe et d'Asie par suite de pluie sont citées comme l'une des conséquences du réchauffement de la planète. L'évolution climatique est tellement inquiétante qu'elle mobilise le monde entier. Le réchauffement est souvent cité comme causé par les activités anthropogéniques et plus précisément par les émissions de gaz à effet de serre (GES).

Le protocole de Kyoto a imposé une limitation des émissions des GES de 6% en 2008 comparé à celles de 1990 [2]. Ensuite, le protocole a introduit la notion de crédit carbone permettant à ceux qui sont au delà des quotas imposés de pouvoir acheter des droits de polluer aux pays moins industrialisés qui sont loin d'atteindre les limites admises. Ceci a suscité la création de la notion de Mécanisme de Développement Propre (MDP). La mise en œuvre du protocole de Kyoto requiert une approche qui consiste en la réduction de la consommation d'énergie, en l'utilisation de sources d'énergie pauvres en carbone, ainsi qu'en la séquestration du carbone émis.

Une des sources d'émission de carbone provient du manque de procédés adéquats de traitement des eaux qui entraîne un transfert de carbone des eaux vers l'atmosphère notamment par le gaz méthane produit lors des traitements biologiques et dont le potentiel de réchauffement global (PRG) est 25 fois supérieur à celui du gaz carbonique. En 2000, 2,8 milliards d'individus habitaient en zone urbaine et plus de 14% n'ont pas accès à un système d'assainissement adéquat qui se définit comme un système où les excréta sont suffisamment isolés et traités pour permettre de minimiser les risques de contamination orofécale de la population.

Au delà de ces aspects liés aux eaux usées domestiques et les excréta, l'assainissement concerne aussi les effluents des industries et des centres communautaires. Le travail que nous présentons ici a été effectué en grande partie pendant la période de Janvier à Juin 2009. Il commence par un bilan quantitatif et qualitatif des eaux usées de la ville de Ouagadougou, ensuite un essai de traitement par biodigestion et par lagunage de manière concomitante. Cela, comme nous le verrons, permettra de classer les effluents en plusieurs catégories et enfin, nous quantifierons les quantités de biogaz pouvant être valorisées à partir de ces eaux usées.

MATERIEL ET METHODES

Cette partie rassemble les protocoles expérimentaux mis en œuvre, les différentes méthodes de prélèvement, les analyses de DCO (demande chimique en oxygène) et de DBO (demande biochimique en oxygène) ainsi que les tests anaérobie et aérobie.

Identification des sources de pollution

Les pollutions les plus difficiles à évaluer sont celles qui proviennent des entreprises et des industries. Les entreprises de la ville de Ouagadougou ont été inventoriées sur la

base du rapport de l'industrie pour la période 2003-2007 [3]. Après cela, une visite effectuée dans les sociétés et l'interview du responsable de production sur la base d'une fiche d'enquête ont permis de déterminer avec certitude les différentes sources de pollution.

Au total 42 entreprises ont été recensées dans la ville de Ouagadougou comme susceptibles de produire des effluents et donc concernées par les enquêtes et finalement 32 sociétés se sont avérées réellement productrices d'effluents.

Le bilan des effluents industriels a été fait sur la base d'une fiche d'enquête remplie par nos soins et notre présence dans la chaîne de production pour évaluer les besoins en eau et les rejets. Les eaux domestiques ont été évaluées sur la base de la consommation annuelle d'eau [4] par la population de la ville de Ouagadougou et un ratio établissant le taux de rejet.

La fiche d'enquête recueille des informations sur la nature et la quantité de la matière première, les intrants et le produit fabriqué. Ces données sont complétées par les données de rejets d'effluents notamment la périodicité des rejets, la quantité, la présence de station de traitement, le recyclage ; ainsi que des données sur la consommation d'eau de la société (voir fiche d'enquête à l'annexe).

Echantillonnage

Une fois les sociétés susceptibles de générer des effluents identifiées, l'échantillonnage s'effectue de façon inopinée dans les entreprises de la ville pendant qu'elles sont en activité. Trois échantillons ont été prélevés à différents jours et à différentes périodes de la journée pour une quantité totale de 3 litres par entreprise. Les échantillons sont prélevés dans des flacons en PET d'1L. Les flacons sont d'abord lavés au détergent au laboratoire et rincés afin d'éliminer toute trace de produits pouvant affecter la qualité des eaux prélevées. Avant chaque prélèvement, le flacon est rincé avec les eaux usées concernées. Les flacons remplis sont transportés au laboratoire et conservés à 4°C jusqu'à leur analyse pour éviter toute évolution de l'échantillon.

Analyses

La DCO et la DBO₅ constituent les deux paramètres les plus importants qui caractérisent globalement la pollution d'un effluent. De ce fait, ce sont les deux paramètres dont le suivi permet d'apprécier l'efficacité du traitement d'un effluent. Ils ont été analysés sur chaque échantillon avant et après les traitements. Pour éviter l'influence du traitement physique notamment la décantation sur les différents traitements, tous les échantillons sont décantés 24 h avant analyse.

Analyse de la DCO

La DCO est la quantité d'oxygène nécessaire à la dégradation par voie chimique des matières organiques et minérales présentes dans l'échantillon à analyser. Elle est aussi définie comme une expression de la quantité d'oxygène dissoute nécessaire pour oxyder par voie chimique, sans intervention d'organismes vivants, toutes les substances oxydables dans des conditions opératoires définies.

La DCO de l'effluent est un critère important en méthanisation étant donné que sa valeur entre dans le choix de la technique de traitement de l'effluent.

Les analyses sont effectuées suivant la norme NF T 90-101 : "Détermination de la demande chimique en oxygène (DCO) - Méthode par le dichromate de potassium".

L'étalonnage du DCO mètre a été réalisé avec une solution acide de hydrogénophthalate de potassium (KHP). Le produit a été séché au préalable à l'étuve à 103°C pendant 2 h. La précision de la mesure est de $\pm 5\%$.

Analyse DBO₅

La DBO₅ exprimée en mg O₂ L⁻¹ traduit la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder par voie biologique c'est-à-dire par les germes présents dans l'eau, les matières organiques présentes dans l'échantillon. Elle mesure la consommation d'oxygène par les germes d'une masse d'eau conservée dans l'obscurité en tube Eméri fermé à 20°C pendant 5 jours.

La DBO₅ permet ainsi de prédire la capacité de traitement d'un effluent par voie biologique.

Les analyses des échantillons prélevés sont effectuées selon la norme NF T 90-103: "Détermination de la demande biochimique en oxygène (DBO)".

Traitement des échantillons

Chaque échantillon moyen est soumis à un traitement aérobie et à un autre traitement anaérobie de biodigestion. Le traitement aérobie permet de déterminer la capacité de l'effluent urbain à être traité par lagunage et le traitement de biodigestion nous renseigne sur la capacité de l'effluent à produire du biogaz dans les conditions d'anaérobiose.

Le réacteur aérobie est un récipient ouvert en PET d'une capacité de 2 litres, ce qui permet de créer une plus grande surface libre afin de favoriser un meilleur contact de l'eau à traiter avec l'oxygène de l'air. Le niveau de l'eau est ramené au niveau initial afin de minimiser l'effet de l'évaporation sur le traitement.



Figure 1. Bocaux de traitement aérobie



Figure 2. Bocal de traitement anaérobie

Le réacteur de biodigestion est un récipient étanche, hermétique d'où l'effluent est traité moyennant l'apport de substrat qui est la bouse de vache. Un couvercle solidement attaché au récipient permet de faire l'étanchéité, empêchant ainsi le contact du liquide

avec l'air du milieu ambiant. Un dispositif muni d'une vanne permet d'évacuer les gaz produits. Au cours du traitement, la vanne est ouverte une fois tous les trois jours.

Les temps de séjour et les méthodes de traitement sont choisis sur la base des technologies existantes au laboratoire de Technologies de l'Environnement et des Produits Naturels de l'Institut de Recherche en Sciences Appliquées et Technologies (IRSAT) testées dans des études antérieures [5].

Le temps de séjour moyen pour chaque échantillon est d'environ un mois. La durée d'un mois est considérée comme maximale étant donné que les études antérieures réalisées au laboratoire montraient que le traitement est optimal au bout de 3 semaines [5].

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Les résultats présentés ci-dessous concernent les quantités d'effluents de la ville de Ouagadougou, les indicateurs de pollution (DCO, DBO₅) des différents effluents prélevés, les taux d'abattement de ces deux indicateurs de pollution après traitement de biodigestion et de lagunage, ainsi que les mêmes résultats obtenus sur les eaux domestiques.

Bilan des eaux usées

Les eaux usées de la ville de Ouagadougou sont constituées par les eaux usées domestiques collectées et non collectées, les eaux usées des industries, des hôpitaux, des marchés et des hôtels, les eaux usées agricoles et les eaux de ruissellement ou eaux de pluie [6].

Le Tableau 1 fait le bilan global des eaux usées de la ville de Ouagadougou.

Tableau 1. Bilan DCO des effluents de la ville de Ouagadougou

Types d'eaux	Quantité produite (m ³ an ⁻¹)	DCO (mg O ₂ L ⁻¹)	Total d'O ₂ (kg O ₂ an ⁻¹)
Eaux usées domestiques	14 456 056	3 716	53 718 704
Eaux usées industrielles	790 520	2 238	1 769 184
TOTAL	15 246 576	3 639	55 487 888

La capitale Ouagadougou avec ses habitants rejette au moins les 2/3 de sa consommation d'eau en eaux usées domestiques et cette consommation était estimée à 21 675 084 m³ en 2006 [4] soit un volume d'eaux usées domestiques de 14 456 056 m³ pour cette même année et 40 000 m³ par jour rejetés.

Le bilan de la DCO montre qu'il y a une importante quantité d'oxygène nécessaire pour la dégradation chimique des matières organiques des eaux usées. Sans un traitement adéquat toute cette matière risque d'être dégradée en produisant des gaz non contrôlés notamment les gaz à effet de serre (GES).

Les eaux domestiques

Celles-ci proviennent des ménages et assimilés tels que les hôtels et les centres commerciaux. Elles sont constituées des eaux provenant des usages de la population de la ville. Elles sont un mélange des eaux vannes et des eaux ménagères. Ces eaux représentent en moyenne 80% de la consommation journalière de chaque habitant. La plus grande partie de ces eaux est gérée par assainissement autonome : la plupart à travers des fosses sceptiques ou puits perdus dans les concessions. Pour ce qui est des « eaux vannes », et les eaux ménagères, elles sont rejetées à l’air libre. Seule une petite partie de ces eaux, représentant les rejets de quelques habitations, hôtels et commerce du centre ville, est acheminée à la station de traitement de Kossodo via le réseau de collecte de la ville.

Les eaux usées agricoles

Dans la ville de Ouagadougou, seuls quelques quartiers au bord des barrages et les villages environnants connaissent une activité agricole et maraîchère. Les eaux usées agricoles dont les pollutions sont dues aux engrais et aux pesticides ont des débits négligeables par rapport à ceux des autres effluents.

Les eaux usées industrielles

Les eaux usées industrielles sont les rejets liquides des différentes unités de transformation physique, chimique ou agroalimentaire. Le volume émis par ces unités dépend de leur secteur d’activité, de leur taille et de leur nombre dans la ville.

Les quantités et la nature des eaux usées des principales sociétés de la ville sont résumées dans le Tableau 2 à partir des enquêtes menées et des différentes analyses effectuées au cours de cette étude.

Tableau 2. Classification des effluents industriels

Effluents	Industries	Quantité d’eaux usées rejetée par an (m ³ an ⁻¹)	Total (m ³ an ⁻¹)	DCO (mg O ₂ L ⁻¹)	Total DCO (kg O ₂ an ⁻¹)
Effluents organiques biodégradables	BRAKINA	400 000	696048	2436	1695572
	Hôtels	120 000			
	SIMAO	48			
	Abattoirs	76 000			
	Hôpital	100 000			
Effluents chimiques	Huileries	1 176	4 471,920	8457	9945
	Hage chimie	1 200		1360	1632
	SIBEA	20		3818	80
	SAB	2,4		961	2,3
	COBIFA	7,92		3125	24,75
	Nana Industries	60		7235	434
	Hage métal	5,6		2000	11,2
	SONABEL	2 000		4400	8800
Effluents minéraux	Tan Aliz	90 000	90000	1340	120600

Les effluents des différentes industries sont collectés par le réseau collectif de la zone industrielle de Kossodo. Les eaux usées industrielles se divisent selon la matière première traitée en effluents biodégradables, en effluents chimiques et en effluents minéraux. Les eaux usées chargées par des composés organiques regroupent les eaux usées de l'industrie agroalimentaire et on note que les grands pollueurs sont la BRAKINA, l'abattoir frigorifique de Ouagadougou, l'hôpital Yalgado Ouédraogo, les hôtels.

Les caractéristiques des principales eaux industrielles de la ville de Ouagadougou sont résumées dans le Tableau 3 [7] :

Tableau 3. *Autres caractéristiques des eaux usées industrielles de Ouagadougou [7]*

Paramètres	Unités	Faso norme	Abattoir	Brakina	Tan Aliz	Sonabel	CHUNYO
Turbidité	NTU	-	293	80,5	359,7	23,6	119,7
Conductivité	mS cm ⁻¹	-	2,57	11,1	28,2	527	786
Chlore libre	mg L ⁻¹	0,05	-	-	-	0,095	-
Température	°C	18 - 40	30	41,2	29,5	38,3	18 - 40
pH		6,4 - 10,5	7	11,4	9,4	8	7,3
TA	mg L ⁻¹	-	-	-	-	0	-
TAC	mg L ⁻¹	-	65	31,98	64,8°F	1,76	10,5
Sodium	mg L ⁻¹	-	-	-	-	0	-
Potassium	mg L ⁻¹	-	-	-	-	1,3	-
Fluorures	mg L ⁻¹	10	-	-	-	0,3	-
TH	mg L ⁻¹	-	57,5	8°F	250,5	1,7	3°F
Ca ²⁺	mg L ⁻¹	500	45,5	28,9	230,5	47,56	9,6
Mg ²⁺	mg L ⁻¹	200	485	1,9	20	13,2	1,5
Fer total	mg L ⁻¹	20	3,3	1,1	traces	0,07	2,6
Sulfates	mg L ⁻¹	600	50	90	750	-	30
Chlorures	mg L ⁻¹	600	3637,2	71	16830	62,31	74,6
Phosphates	mg L ⁻¹	5	15,6	2,8	5,7	0,019	3,6
Nitrites	mg L ⁻¹	1	3,18	0,1	3,86	-	0,4
Nitrates	mg L ⁻¹	50	8,8	8,8	85,8	-	1,1
Plomb	µg L ⁻¹	0,5	-	-	-	14	-
Cadmium	mg L ⁻¹	0,1	-	-	-	-	-
Chrome	mg L ⁻¹	0,1	-	-	-	<1	-
Cuivre	mg L ⁻¹	1	-	-	-	0,07	-
Nickel	mg L ⁻¹	2	-	-	-	<2	-
Zinc	mg L ⁻¹	5	-	-	-	0,3	-
COT	mg L ⁻¹	65	1092	352	2700,5	7,2	86
O ₂ dissous	mg L ⁻¹	-	0,14	0,1	0,11	-	0,1
NTK	mg L ⁻¹	-	-	9,2	83,4	-	-
DBO ₅	mg L ⁻¹	50	1700	1200	1300	-	100
DCO	mg L ⁻¹	150	1824,3	1798	2656,8	2200	1063,8

Le Tableau 3 fait la synthèse des caractéristiques des principaux effluents industriels de la ville de Ouagadougou [7]. Il est à noter que les deux principaux indicateurs que sont la DBO₅ et la DCO ont des valeurs différentes de celles obtenues sur les effluents moyens. Cela s'explique par le fait que la qualité des effluents dépend de l'activité en cours dans l'industrie.

Production potentielle de biogaz à partir des eaux usées de la ville

Détermination de la biodégradabilité des effluents

La biodégradabilité des effluents est déterminée par le rapport DCO/DBO₅ qui donne une valeur permettant la classification des eaux. Selon Nikiéma [8], les eaux usées sont caractérisées en fonction du rapport DCO/DBO₅ comme le montre le Tableau 4. Le Tableau 5 montre les rapports DCO/DBO₅ des effluents analysés.

Tableau 4. Caractéristiques des eaux usées en fonction du rapport (R) DCO/DBO₅

DCO/DBO ₅	Type d'eaux usées
R < 1,66	Eaux facilement traitables biologiquement (I)
1,66 < R < 2,55	Eaux traitables biologiquement (II)
2,55 < R < 5	Eaux devant subir un traitement biologique après adaptation (III)
R > 5	Eaux toxiques et non traitables (IV)

Tableau 5. Rapports DCO/DBO₅ calculés pour les principales eaux usées de la ville de Ouagadougou

Provenance des eaux	DCO (mg O ₂ L ⁻¹)	DBO ₅ (mg O ₂ L ⁻¹)	DCO/DBO ₅	Traitement préconisé
GENOL	8457	3109	2,72	III
BRAKINA	3154	2920	1,08	I
Hage chimie	1360	180	7,56	IV
SIBEA	3818	948	4,02	III
SAB	961	825	1,16	I
COBIFA	3125	2745	1,13	I
Hage ceramix	270	208	1,29	I
SIMAO	713	605	1,17	I
Tan Aliz	1340	250	5,36	IV
Nana Industries	7235	1790	4,04	III
Silmandé cuisine	1071	978	1,09	II
Silmandé douche	135	41	3,29	III
Splendide cuisine	3402	943	3,41	III
Splendide douche	2499	1830	1,36	I
Hôtel Libya	3716	2503	1,48	I
Hôtel Azalaï douche	7810	25	1,49	I
Hôtel Azalaï cuisine	1300	985	1,31	I
ONEA	1455	1010	1,44	I
Abattoir	2827	1620	1,74	II
Boues de vidanges et excréta	6000	2860	2,09	II

Le choix I, II ou III définit le type d'eau usée et permet de déterminer le traitement adéquat pour l'effluent donné.

Le Tableau 5 montre que la majorité des effluents peut être traitée par la méthode biologique (I et II). Seuls quelques effluents nécessitent une adaptation avant le traitement biologique (III) et deux autres (Tan Aliz et Hage chimie) sont considérés comme toxiques et impossibles à traiter par voie biologique (IV).

Les premières catégories (I et II) peuvent subir sans grande difficulté la bio-méthanisation. Il reste quand même les deux dernières catégories (III et IV) à traiter par

d'autres méthodes. Les effluents difficiles et impossibles à traiter par les deux procédés testés sont résumés dans le Tableau 6.

Tableau 6. Bilan d'effluents non biodégradables

Industries	Quantité d'effluent rejetée (m ³ an ⁻¹)	DCO (mg O ₂ L ⁻¹)
Huilerie	1176	8457
SIBEA	20	3818
Nana Industries	60	7235
Hage Métal	5,7	7235
Tan Aliz	90000	1340
Total (moyenne)	91262	1436

Les résultats du Tableau 7 expriment les valeurs DCO des différents échantillons prélevés au sein des entreprises de Ouagadougou. Dans les entreprises disposant de stations de traitement, des prélèvements d'échantillons y ont été effectués à l'entrée et à la sortie. Chaque échantillon a par la suite subi un traitement aérobie et anaérobie (comme décrit dans le paragraphe matériel et méthodes) en vue de quantifier la DCO.

Tableau 7. Rendement des traitements biologiques

Industries	DCO initial		Traitement aérobie		Traitement anaérobie	
	avant station	après station	avant station	après station	avant station	après station
GENOL	8457	6583	8406	8483	4715	5414
BRAKINA	3154	1309	1991	401	1025	610
Hage chimie	1360	Néant	211	Néant	645	Néant
SIBEA	3818	Néant	3250	Néant	3700	Néant
SAB	961	Néant	86	Néant	373	Néant
COBIFA	3125	Néant	2420	Néant	1086	Néant
Hage ceramix	270	Néant	191	Néant	153	Néant
SIMAO	713	Néant	35	Néant	173	Néant
TAN ALIZ	1201	1027	1200	728	1068	838
Nana Industries	7235	Néant	1340	Néant	1908	Néant
Silmandé cuisine	1071	Néant	531	Néant	385	Néant
Silmandé douche	135	Néant	55	Néant	53	Néant
Splendide cuisine	3402	Néant	1421	Néant	861	Néant
Splendide douche	2499	Néant	125	Néant	498	Néant
Libya	3716	10	117	38	956	50
Azalaï douche	7810	Néant	30	Néant	125	Néant
Azalaï cuisine	1300	Néant	1089	Néant	506	Néant
ONEA	1455	Néant	150	Néant	112	Néant
Abattoir	2827	2405	467	Néant	209	Néant
Eaux usées domestiques	3716	Néant	23	Néant	65	Néant
Boues de vidanges et excréta	6000	Néant	2440	Néant	1934	Néant

- Les résultats sont exprimés en mg O₂L⁻¹

- « Néant » correspond à l'absence de traitement des eaux usées

Les boues de vidanges et excréta proviennent des vidanges des fosses sceptiques des habitations de la ville. L'échantillon a été prélevé dans les bassins de vidanges en banlieue de Ouagadougou.

Les résultats présentés dans le Tableau 7 proviennent du traitement des effluents prélevés à l'entrée et à la sortie des stations propres aux entreprises. Les valeurs plus importantes de la DCO observée après le traitement s'expliquent par la totale inefficacité du traitement couplée avec l'effet de la concentration due à l'évaporation.

Si on considère uniquement les effluents rejetés par les industries, il est à remarquer que les essais de laboratoire aérobique et anaérobique permettent de traiter la plupart des effluents mais il reste une minorité totalement réfractaire aux traitements.

Sur les 21 sites considérés seuls 5 soit 24% disposent d'une station de prétraitement ; l'efficacité de réduction de la DCO initiale de ces stations est présentée sur la Figure 3.

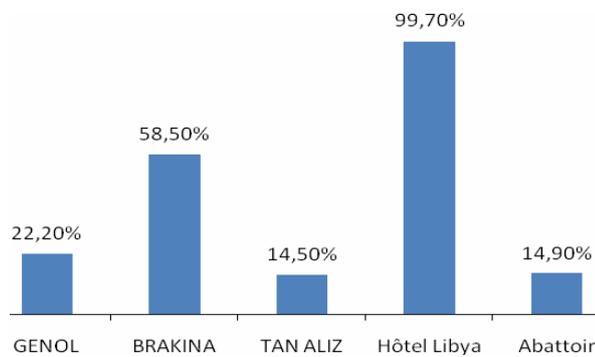


Figure 3. Efficacité de réduction de la DCO

On observe que seuls Brakina (58,5%) et Lybia (99,7%) assurent une réduction de DCO initiale de plus de 50%.

Nous allons supposer le maximum de DCO disponible sans tenir compte des stations de traitement existantes dans les entreprises étant donné que la plupart des stations, quand elles existent dans les entreprises, n'apporte pas le résultat escompté.

Les volumes des eaux usées provenant des différentes industries sont estimés à 790 519 920 L an⁻¹ à partir de nos enquêtes effectuées sur le terrain (cf. Tableau 1).

En tenant compte du rapport EIER-CREPA [9] « Etude pour la collecte et transport des boues de vidanges dans la ville de Ouagadougou », nous pouvons fixer la quantité de boues et excréta disponibles à 710 m³ j⁻¹.

La ville de Ouagadougou avec sa population actuelle et vu la quantité d'eau consommée par an [4] rejette au moins les 2/3 de sa consommation en eaux usées domestiques. Cette consommation étant estimée à 21 675 084 m³ en 2006, on évalue le volume d'eaux usées domestiques à 14 456 056 m³ pour cette même année soit un débit de 40 000 m³ j⁻¹ d'eaux usées domestiques rejetées. Cette valeur est inférieure aux prévisions bibliographiques relevées pour les pays plus consommateurs d'eau qui s'élève à plus de 66 300 m³ j⁻¹ [10].

Production de biogaz, aspects généraux

Le biogaz est un produit de la dégradation de la matière organique par les bactéries en absence d'oxygène dans un procédé anaérobique plus connu sous le nom de digestion

anaérobie. Le biogaz est un mélange de méthane (45 à 65%), de gaz carbonique (25 à 45%), d'eau (6%), d'oxygène et de sulfure d'hydrogène (traces) [11].

La digestion anaérobie est une fermentation de la matière organique par différentes bactéries pouvant utiliser la matière organique comme substrat. Cela se passe naturellement dans les fosses septiques, ..., ou dans la toundra arctique mais la science tend à rendre le procédé plus contrôlable et plus efficace. Il est encore possible de produire du biogaz par des techniques simples telles que les puits de biogaz existants dans certaines banlieues de Ouagadougou.

La Figure 4 montre les principales voies métaboliques et les populations microbiennes impliquées dans la méthanisation.

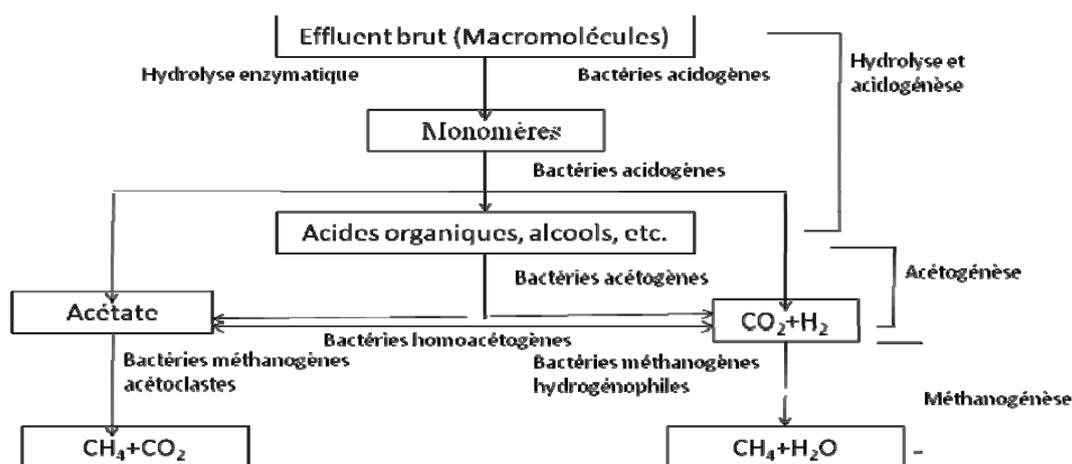


Figure 4. Principales voies métaboliques et populations microbiennes impliquées dans la méthanisation [12].

Le méthane étant difficile à comprimer et vu le danger et les dépenses que sa compression peut engendrer, il est utilisé beaucoup plus comme combustible statique que comme combustible automobile.

La Figure 5 donne l'équivalence énergétique d'un mètre cube (1 m³) de méthane.

Il ressort de tous les traitements comme nous l'avons déjà signalé, que la méthode anaérobie semble être la plus prometteuse sur la plupart des effluents. On peut conclure qu'on a davantage affaire à une pollution fermentescible qui est plus productrice du biogaz.

A Paris (France), la station d'Achères traite 2,1 millions de m³ d'eaux usées par jour et produit 211 millions de kWh an⁻¹. La production de biogaz atteint 15 à 25 m³ pour 1000 habitants et par jour et produit 350 L de biogaz par kilogramme de DCO dégradé et on estime que 1 m³ d'eaux usées domestiques permet de produire 0,2 m³ de biogaz [13]. Il a été aussi reporté selon le même auteur, qu'en moyenne, 22 L de biogaz sont produits par jour et par habitant correspondant à 15 L équivalent-pétrole par jour (ep j⁻¹) pour 1000 habitants.

Selon d'autres sources, 200 L de biogaz peuvent être produits par kg de DCO dégradé. Les besoins en énergie d'une famille moyenne (3 personnes) pour la préparation des repas, sont de l'ordre de 2 à 4 m³ par jour, ce qui correspond à la quantité de biogaz produite par au plus 20 m³ d'eau de DCO au moins égale à 1000 mg L⁻¹ [14].

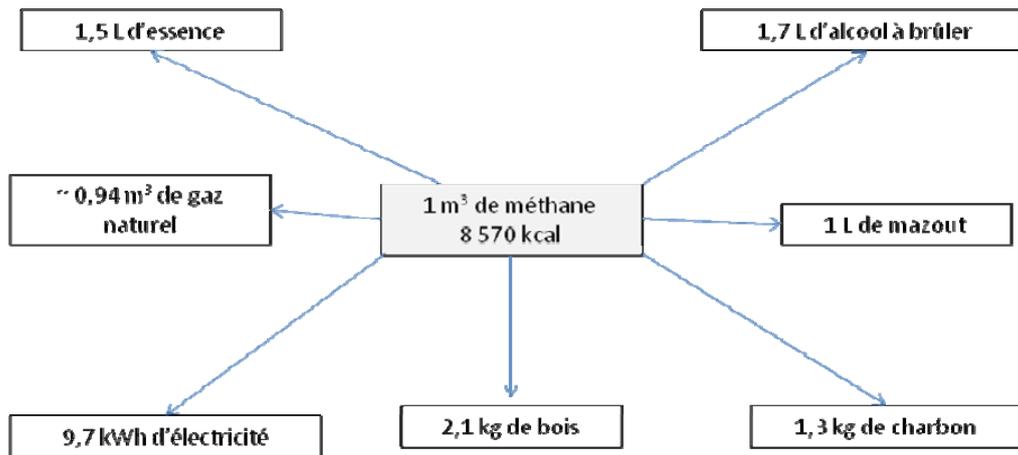


Figure 5. Équivalence énergétique d'un mètre cube de méthane [12]

Dans le cas d'une pollution organique, on considère que 1 ppm de carbone organique correspond à un niveau de DCO compris entre 4 et 5 ppm [15, 16]. Ainsi la quantité correspondante en carbone organique de la DCO totale des eaux usées de la ville peut être évaluée à 13800 t de carbone organique.

Il a été aussi rapporté par plusieurs auteurs [12, 13] que le biogaz des eaux usées est de meilleure qualité que toutes les autres sources de biogaz ; sa capacité calorifique est de 8 kWh m⁻³ de biogaz contre 4,5 pour le biogaz de décharges et 6 kWh m⁻³ pour le biogaz des déchets bovins.

Evaluation du biogaz produit

Si l'on se base uniquement sur les eaux usées de Ouagadougou, on note un flux annuel total d'eaux usées domestiques de 14 456 000 m³ et des eaux usées industrielles de 790 520 m³. Ce qui a donné une DCO totale annuelle de 53 718 t pour les eaux usées domestiques, et de 1 769 t pour les eaux usées industrielles.

Deux bases de calcul existent pour l'évaluation de la quantité de biogaz produit par les eaux usées comme explicitées au paragraphe précédent [13] :

- Calcul basé sur le volume des eaux usées [13]

$$V_{\text{biogaz}} = \frac{V_{\text{effluent}} \cdot 5}{100} \text{ avec } V \text{ le volume en m}^3$$

Ce qui donne un volume de biogaz de 8 142 m³ j⁻¹ soit 2 971 830 m³ an⁻¹.

- Calcul sur la base de la DCO totale des eaux usées
La dégradation de 5 kg de DCO produit 1 m³ de biogaz

$$V_{\text{biogaz}} = \frac{DCO_{\text{total}}}{5} \text{ avec DCO en kg et } V \text{ en m}^3$$

Sur la base de la DCO dégradée, on trouve 29434 m³ j⁻¹ soit 10 743 600 m³ an⁻¹ de biogaz produit [13].

La DCO semble être le meilleur critère de calcul étant donné que les quantités d'effluent ne donnent pas la concentration en substrat à dégrader par les microorganismes.

En se basant sur le fait qu'un ménage moyen utilise pour sa cuisine 3 m³ de biogaz par jour, on arrive à la conclusion que la production de biogaz pourrait servir pour 9 810

ménages par jour sur la base de la DCO dégradée et 2714 ménages en se fiant au rapport de la quantité d'eaux usées dégradées.

On obtient de cette production de biogaz, une énergie journalière de 242 MWh et donc une puissance de 10 MW.

Cela permet d'avoir plus vraisemblablement sur la base de la DCO, 20 629 L équivalent pétrole par jour. C'est donc un potentiel énergétique considérable pour la ville de Ouagadougou sans compter le fait que cela a permis de réduire les gaz à effet de serre par la valorisation du méthane.

En tenant compte d'une composition moyenne de biogaz de 73% de méthane et de 11% de gaz carbonique, on trouve une valeur totale de 21 487 m³ de méthane et 3 238 m³ de CO₂ par jour.

A même concentration, le méthane contribue 25 fois plus à l'effet de serre que le gaz carbonique [1].

Evaluation du gain en carbone

La production du méthane et du CO₂ correspond au total de 540 413 m³ j⁻¹ équivalent CO₂. En brûlant le biogaz dans un moteur, la production totale de gaz carbonique sera d'environ 25 000 m³ j⁻¹ de gaz carbonique soit une réduction de 95 % d'équivalent gaz carbonique produit.

Tous ces calculs nous permettent de conclure qu'on gagnerait en connectant tous les ménages de Ouagadougou à un réseau de collecte et de traitement des eaux usées. On gagnerait en énergie de la même façon qu'on maîtriserait les émanations néfastes de gaz à effet de serre. Cela passera aussi par une augmentation de la capacité de la station existante ou une construction de petites stations pour un petit groupe de population.

Malheureusement, une étude menée dans les 14 pays francophones d'Afrique a montré qu'il y a eu un investissement important dans les stations d'épuration de type intensif (boues activées, oxydation, ...) (76%) au détriment du lagunage et les techniques conduisant à la production du biogaz (10%). En plus, les nombreuses études sur le lagunage en Afrique n'ont pas pu répondre avec satisfaction aux problèmes de dimensionnement [17]. Le réchauffement climatique va entraîner un développement et une utilisation accrue des méthodes de traitement comme la biodigestion pour le traitement des effluents domestiques.

CONCLUSION

Le traitement des eaux usées est et restera un facteur important du réchauffement climatique. Sans un traitement adéquat, le carbone contenu dans les eaux est rejeté dans les écosystèmes où leur dégradation produit du méthane ou du gaz carbonique. Le travail présenté ici montre clairement que les eaux usées peuvent être traitées en produisant du biogaz. L'évaluation du biogaz produit correspond à une énergie journalière de 242 MWh et donc une puissance de 10 MW. Cette énergie représente un manque à gagner pour nos systèmes actuels de traitement. La mise en place d'un tel traitement permettra d'une part, de traiter les eaux de la ville de Ouagadougou, d'autre part de gagner en énergie comme explicité ci-dessus et de réduire de 95% les gaz à effet de serre représentés par la quantité de CO₂ rejetée.

L'exploitation accrue de nos réserves aquatiques gagnerait par le fait que les eaux usées rejetées seront facilement réutilisables en agriculture urbaine par la forte charge abattue au cours du traitement anaérobie.

REMERCIEMENTS

Le travail a été réalisé grâce à une étude menée à l'IRSAT commanditée et financée par le Programme des Nations Unies pour le Développement que nous tenons à remercier.

REFERENCES

1. Rosso D., Stenstrom M.K.: The carbon-sequestration potential of municipal wastewater treatment, *Chemosphère*, **2008**, 70, 1468-1475;
2. Université de Laval, *La troisième voie pour le protocole de Kyoto : la séquestration du carbone. Mémoire soumis à la commission des transports et de l'environnement*, Consultation générale sur la mise en œuvre du protocole de Kyoto au Québec, **2003**;
3. DGDI: *Rapport sur l'industrie 2003-2007*, Burkina Faso, **2008**;
4. ONEA: *Rapport technique d'exploitation*, Burkina Faso, **2006**;
5. Yaméogo R.: Dépollution des eaux usées de la ville de Ouagadougou, *Rapport technique*, **1994**, IRSAT/CNRST;
6. Thomas O.: *Métriologie des eaux résiduaires*, Cebedoc Ed., Paris-Liège, **1995**;
7. Traoré B.: *Rapport sur les eaux usées industrielles et hospitalières/impacts environnements et sanitaires*, **2003**;
8. Nikiéma B.F.: *Qualité et traitement des eaux usées agricoles et domestiques*, Rapport de stage, novembre, **1999**;
9. EIER-ETSHER et CREPA: *Etude pour la collecte et le transport des boues de vidange dans la ville de Ouagadougou*, Rapport de consultation pour le programme pour l'eau et l'assainissement, Banque Mondiale, **2002**;
10. CEMAGREF: Assistance à la mise en place du lagunage de la ville de Ouagadougou, Burkina Faso;
11. Bennouna, M., Kehal, S.: Production de méthane à partir des boues des stations d'épuration des eaux usées : potentiel existant en Algérie, *Revue des Energies Renouvelables : Production et Valorisation - Biomasse*, **2001**, 29-36;
12. Moletta, R.: Gestion des problèmes environnementaux dans les industries agroalimentaires, *Collection Sciences et Techniques Agroalimentaires*, Paris, **2002**;
13. Wauthelet, M.: *Traitement anaérobie des boues et valorisation du biogaz*, Faculté des Sciences Agronomique de Gembloux, Belgique;
14. DEWATZ: *Systèmes décentralisés de traitement des eaux usées dans les pays en développement*, Ludwig Sasse, **1998**;
15. Zongo, I., Maiga, A.H., Wéthé, J., Valentin, G., Leclerc, J.P., Paternotte, G., Lapique, F.: Electrocoagulation for the treatment of textile wastewaters with Al or Fe electrodes: Compared variation of COD levels, turbidity and absorbance, *Journal of Hazardous Materials*, **2009**, 169, 70-76;
16. Canizares, P., Jimenez, C., Martinez, F., Rodrigo, M.A., Saez, C.: The pH as a key parameter in the choice between coagulation and electrocoagulation for the treatment of wastewaters, *Journal of Hazardous Materials*, **2009**, 162, 158-164;
17. Koné, D., Seigneux, C., Holliger, C.: *Proceedings of International Symposium on Environmental Pollution Control and Waste Management (EPCOWM' 2002)*, 7-10 January **2002**, Tunis, 698-707.

ANNEXE 1

FICHE D'IDENTIFICATION DES INDUSTRIES

Renseignements sur l'industrie

1-Raison sociale.....

2-Situation géographique.....

3-Contact.....

Renseignements sur le produit fabriqué

4-Nature du produit fabriqué.....

5-Quantité produite.....

Renseignements sur la matière première et les intrants

MP organique MP chimique Intrants organiques Intrants chimiques

Autres , préciser.....

Renseignements sur l'effluent

6-Nature de l'effluent.....

7-Aspect de l'effluent.....

8-Quantité de production de l'effluent.....

9-Périodicité du rejet de l'effluent.....

10-L'effluent est-il traité? Oui..... Non

-Si oui quel est le système de traitement utilisé.....

.....
.....

Renseignements sur l'eau

11-Volume d'eau consommé.....

12-Usage de l'eau.....

