

## Tassements référentiels sur la décharge réhabilitée d'Agadir et suivi des biogaz

Elkadi Ahmed<sup>1\*</sup>, Maatouk Mostapha<sup>1</sup>, Raissouni Mohammed<sup>1</sup>, Djebary Tahiri Zakariyae<sup>1</sup>, Mouhssine Abderrahim<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Université Abdelmalek essaâdi, FST, Département Géologie, Tanger, Maroc

<sup>2</sup>Université Abdelmalek essaâdi, FST, Département Chimie, Tanger, Maroc

**Abstract.** La recirculation et réinjection des lixiviats dans le corps des anciens déchets, après leurs couverture finale, est mise en œuvre à titre d'essai sur une partie de la décharge réhabilitée pour accélérer la biodégradation de la matière organique, augmenter la production des biogaz et par conséquent favoriser d'avantage la stabilité du massif des déchets. Afin d'assurer une valorisation et une exploitation rationnelle, au niveau environnemental et économique, les biogaz produits sur la première phase de l'ancienne décharge dont la réhabilitation est achevée, ont fait l'objet d'un suivi qualitatif et quantitatif continu et permanent de leurs production, toute en extrapolant les résultats pour la gestion future des biogaz du centre d'enfouissement des déchets de Tamellast. Pour une meilleure représentativité spatio-temporelle de la base de données, les fonctions avancées des Systèmes d'Information Géographiques ont été utilisées, dans le but d'analyser, gérer, structurer et communiquer l'information spatiale relative aux biogaz. En parallèle à ce suivi qualitatif et quantitatif, un suivi topographique annuel du massif des déchets enfouis au niveau de la zone dégazée a été réalisé – Topométrie classique-, les mêmes levés sont traités ultérieurement à partir d'un Modèle Numérique de Terrain (MNT), les résultats obtenus peuvent être extrapolés, dans un travail futur, pour la conception d'un modèle de prédiction des tassements des déchets ménagers dans les pays en voie de développement dans une démarche économique et sécuritaire. Le contrôle des tassements référentiels qui peuvent apparaître avec le temps sur un massif des déchets réhabilités, permettra certainement de mieux contrôler les fuites des biogaz, et conserver les biens conçus avec la réhabilitation de l'ancienne décharge de la ville d'Agadir tel que les pistes de circulation, plantations etc.

### 1 Introduction

Afin de surveiller et contrôler les fluctuations de la production des biogaz et leurs relations avec les mouvements verticaux du corps de l'ancienne décharge réhabilitée de la ville d'Agadir, des campagnes de mesure et suivi qualitatif et quantitatif de leurs productions à été réalisé entre 2009 et 2012, en parallèle avec un suivi topographique du site objet de la présente étude.

Les déchets ménagers mis en décharge produisent après 9 à 12 mois, par un processus de biodégradation de la matière organique à travers des phases aérobique/anaérobique, un biogaz contenant 45 à 50% du Volume du méthane (CH<sub>4</sub>). Le potentiel énergétique de ce biogaz peut être valorisé et converti en énergie électrique.

Le biogaz est un sous-produit de dégradation de la matière organique fermentescible. Par conséquent, il est caractéristique des centres de stockage de déchets non dangereux, une décharge d'ordures ménagères présente, dans le temps, différentes phases d'évolution au cours

desquelles la composition des gaz émis par les déchets varie [8],

#### 1.1 Zone d'étude

La décharge de Bikarane est située sur le flanc Nord du synforme correspondant à la plaine de Souss (Fig.1) L'ancienne décharge de Bikarane a été le site de stockage des déchets de manière anarchique, depuis les années soixante dix, en absence de conditions et d'infrastructures respectant l'environnement [6].

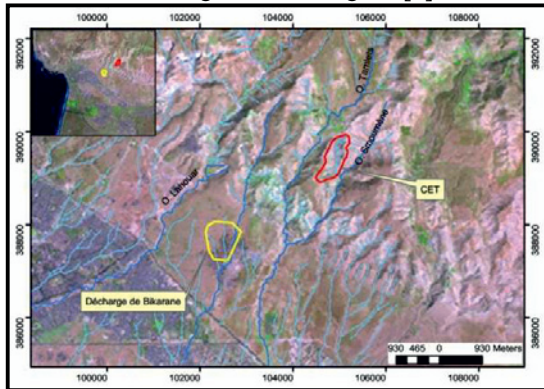
Le climat de la zone d'Agadir est soumis aux influences contrastées de trois facteurs très différents : un cadre montagneux, la proximité de l'océan sur lequel la vallée de Souss s'ouvre largement et une latitude saharienne. Dans l'ensemble, l'étage aride couvre presque la totalité du bassin de Souss-Massa ; ce climat semi-aride est atténué par l'influence océanique dans le Souss aval [4].

Selon un contrat de gestion déléguée de 10 années signé avec la Commune d'Agadir, le groupement

Urbaser- Tecmed Maroc assurera la réhabilitation de l'ancienne décharge de Bikarrane ainsi que la construction, la gestion et l'exploitation d'un centre de stockage des déchets urbains à Tamlast.

Dans la décharge réhabilitée d'Agadir, le biogaz issu de l'enfouissement des déchets ménagers et assimilés comporte : entre 45 à 60% de méthane, 30 à 40% de gaz carbonique, ainsi que des composés soufrés, azotés, hydrogène et produits intermédiaires de fermentation.

Fig. 1. Situation de la décharge actuelle et le CET de Tamlast sur l'image satellite d'Agadir [4].



### 1.2 Antecedents

L'arrêt définitif de l'enfouissement des déchets dans la phase I de la décharge de Bikarrane était en mi-2008 pour commencer les travaux de réhabilitation : remodelage, reprofilage, couverture finale avec de la terre sélectionnée et de la terre végétale avant de procéder au reboisement de la dite phase.

Le biogaz peut migrer à travers les parois (flancs des casiers et couverture) lorsque celles-ci ne sont pas étanches au gaz. Plusieurs possibilités s'offrent à l'exploitant du centre d'enfouissement, depuis la réalisation de parois étanches à la gestion dynamique du système d'extraction du gaz. La bonne gestion du gaz de décharge consiste essentiellement à limiter ces fuites : le « taux de collecte » du gaz, qui mesure le rapport entre le gaz collecté et le gaz produit, et donc par différence les fuites de biogaz vers l'environnement, peut être très médiocre, alors qu'il est possible de dépasser des taux de plus de 90 % [3].

Pour les calculs de la production des biogaz, les données de tonnage annuel reçues et leur composition sont fondamentales. Dans le cas de la décharge de Bikarrane on part des données fournies par les services communaux et l'opérateur privé, quant à la composition on considérera un pourcentage de matière organique aux alentours de 60%. La production de biogaz prévue est résumée dans le tableau ci-dessous :

Tableau 1. Flux captables [7].

Année	inbiogaz 2009	Generation		Captage biogaz		Moyenne
		Pessimiste	Optimiste	Pessimiste	Optimiste	
1998		16	30	3	5	4
1999		44	92	9	20	15
2000		82	191	19	47	33
2001		128	262	30	65	48
2002		165	324	39	81	60
2003		193	385	46	96	71
2004		216	443	51	110	81
2005		234	498	56	124	90
2006		249	546	59	136	98
2007		261	586	62	161	112
2008		269	602	80	180	130
2009		258	571	103	256	180
2010		235	492	117	295	206
2011		199	409	99	265	182
2012		156	359	77	233	155
2013		121	322	60	209	135
2014		95	290	47	188	118
2015		71	264	37	171	104
2016		57	241	28	156	92
2017		44	220	22	142	82
2018		34	201	16	130	73
2019		27	183	13	119	66
2020		22	166	10	107	59
2021		19	148	9	95	52
2022		18	137	8	85	47
2023		15	115	7	74	41
2024		13	98	6	63	35
2025		10	80	5	47	26

Nm3/h      Nm3/h      Nm3/h      Nm3/h      Nm3/h  
 Capt:      Capt:      Capt:      Capt:      Capt:  
 Production    20 m3/tn RSU    43 m3/tn RSU    jusqu'à 50%    jusqu'à 65%  
 25 ans      30 ans

Dans ce tableau sont d'abord représentées les estimations des flux qui vont être produits, et par la suite les flux captables (cas favorable et défavorable) et dans la dernière colonne les valeurs moyennes de biogaz captables, la fluctuation de la courbe de captation réelle sera proche de ces dernières valeurs. Même si la production de biogaz sera relativement faible, en termes de production de biogaz par tonnes de déchets enfouis et en comparaison des conditions existantes dans les décharges contrôlées, le volume de gaz qui sera produit durant les prochaines années atteindra des valeurs considérables, ce qui a induit la recommandation d'une extraction contrôlée du biogaz.

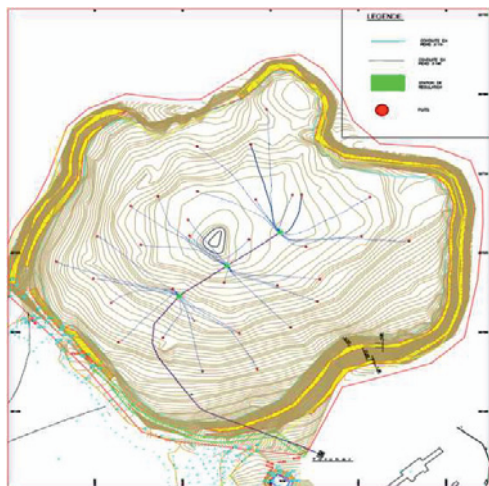
Le captage maximal de biogaz dans une décharge de ce type et sous ces conditions climatiques, peut être fixé aux alentours de 65% du flux de biogaz produit. Ainsi la recommandation pour le cas de Bikarrane est une installation simple de captation et combustion du biogaz pour un débit maximal entre 200 et 300 Nm3/h, mais qu'on peut extraire avec des débits plus faibles (jusqu'à 50 Nm3/h) pour permettre son utilisation durant une période de temps plus prolongée. Si aucun équipement de captation et d'élimination contrôlé de biogaz n'est installé, le biogaz qui sera généré échappera de n'importe quel point de la décharge, et donnant lieu à une abondance d'émission, principalement à la superficie de la décharge. Cela engendrera des nuisances aussi bien sur le plan environnemental que sur le plan socio-économique ; risques de combustion ou d'explosion, effet de serre, etc.... et empêchera ainsi une possible revégétation de la zone considérée [7].

## 2 Campagne De Mesures De Biogaz

Le biogaz produit provient de plusieurs étapes de stockage des déchets dont la maturité est échelonnée dans le temps. Pour éviter les risques d'explosion ou d'incendie issus du gaz captif sous pression au sein de la masse des

déchets, le système de collecte du gaz est basé sur un réseau de puits d'extraction verticaux, connectés séparément à la surface par des tuyaux flexibles à une station centrale d'extraction (éventuellement mobile sur la décharge), qui amène les gaz extraits vers l'installation de combustion (Fig.2).

**Fig. 2.** Réseau de dégazage de la phase I de la décharge réhabilitée de Bikarrane



### 2.1 Campagne de 2009

Les installations qui font l'objet du présent projet, comportent deux parties fondamentales :

- Infrastructure de captation du biogaz ;
- Installation de dégazage et d'incinération du biogaz capté.

Le principe de l'installation s'articule autour de la création d'une dépression dans l'infrastructure de captation de biogaz à l'intérieur des déchets pour aspirer le maximum possible de biogaz généré, via une turbine aspiratrice à flux variant entre 40 et 200 Nm<sup>3</sup>/h, le même biogaz sera envoyé à la torchère d'incinération, que ce soit pour l'éliminer à titre de protection de l'environnement et/ou le valoriser pour produire de l'énergie.

- Description générale de l'installation
- Infrastructure de captation du biogaz

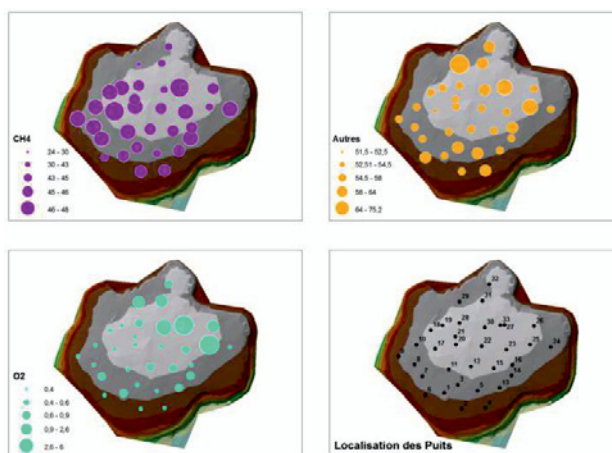
L'infrastructure de captation du biogaz est composée d'un réticulé de 33 puits avec un rayon d'action d'aspersion de 30 m, provoqué par une dépression de l'ordre de 5 à 10 mbar dans chaque puits, le dégazage de la superficie totale de la décharge sera garanti et transporté aux stations de régulation grâce à un réseau de tubes PEHD de 90 mm de diamètre, reliant un ensemble de 11 puits à une station de régulation et de mesure.

Chacune des trois stations de régulation et de mesure est composée de vannes indépendantes en papillon et à balles pour pouvoir effectuer des mesures individuelles dans chaque puits.

- Installation du dégazage et incinération du biogaz capté.

Le biogaz est transporté jusqu'à la torchère avec un débit maximal de 200 Nm<sup>3</sup>/h, la température de combustion de la torchère est de 1000 à 1200 °C [2].

**Fig. 3.** Répartition de pourcentage de biogaz produit par les 33 puits de la phase I de Bikarrane - campagne 2009



Le méthane représentait plus de 50% des biogaz émanant pour la majorité des 33 puits de la phase I de la décharge de Bikarrane, avec une production considérable d'oxygène sur les puits n° 27, 33 et 25 (Fig.3).

Le méthane est un important contributeur à l'effet de serre. Dans l'Union Européenne, le méthane généré par les activités humaines en représente 22 millions de tonnes par an 1. A raison d'une équivalence de 21 tonnes de CO<sub>2</sub> pour une tonne de méthane<sup>2</sup> en termes d'impact sur l'effet de serre (Potentiel de Réchauffement Global), ces émissions représentent 460 millions de tonnes-équivalent CO<sub>2</sub> : 11 % du total des émissions de gaz à effet de serre. [3].

### 2.2 Campagnes de 2011 & 2012

A partir du mois d'Octobre 2011, on a procédé à un suivi et contrôle systématique de la production du Biogaz au niveau des 3 stations de régularisation comportant chacune 33 puits de dégazage, ainsi qu'au niveau de la torchère. Ces mesures ont été faites à l'aide d'un GAS 3000 BIOGAS ANALYZER, multi-composants de mesure du gaz à capteur infrarouge breveté (NDIR) et avec capteur de gaz électrochimique à long vie permettant de mesurer la concentration de quatre gaz CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> et H<sub>2</sub>S avec les caractéristiques suivantes :

- Moyennes de mesures : CH<sub>4</sub>: 0-100%, CO<sub>2</sub>:0-50%, O<sub>2</sub>:0-25%, H<sub>2</sub>S:0-9999ppm
- Précisions : CO<sub>2</sub> et CH<sub>4</sub>:±2%, O<sub>2</sub> et H<sub>2</sub>S:±4%.
- Résolutions : CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> et O<sub>2</sub> : 0.01%, alors que H<sub>2</sub>S: 1 ppm



GAS 3000 BIOGAS ANALYZER

L'oxygène et l'azote sont des indicateurs d'infiltration de l'air à travers la surface d'enfouissement ou du système de captage du gaz et doit être minimisée pour la reprise économique du gaz d'enfouissement. Les préoccupations environnementales et sanitaires liées aux décharges des déchets solides municipaux (MSW) ont été bien documentées. Aux États-Unis, l'Agence de protection de l'Environnement (EPA) a documenté 40 cas de migrations des gaz des décharges dues à des explosions et des incendies, dont 10 cas ont entraîné des blessures et des décès [9].

**Tableau 2.** Résultats de mesures campagne 2011

Station de régulation et mesures N°1				
	% CH4	% O2	% CO2	H2S ppm
Puits 1	20,35	13,13	13,42	0,00
Puits 2	66,93	1,08	31,44	0,20
Puits 3	67,71	0,01	32,26	0,07
Puits 4	62,41	0,02	35,11	0,09
Puits 5	41,50	4,35	25,89	0,04
Puits 6	37,74	6,25	22,35	0,04
Puits 7	43,87	0,14	29,02	0,03
Puits 8	48,31	1,64	30,07	0,06
Puits 9	73,29	2,88	23,75	0,00
Puits 10	62,24	0,05	31,66	0,00
Puits 11	58,15	0,80	31,55	0,01

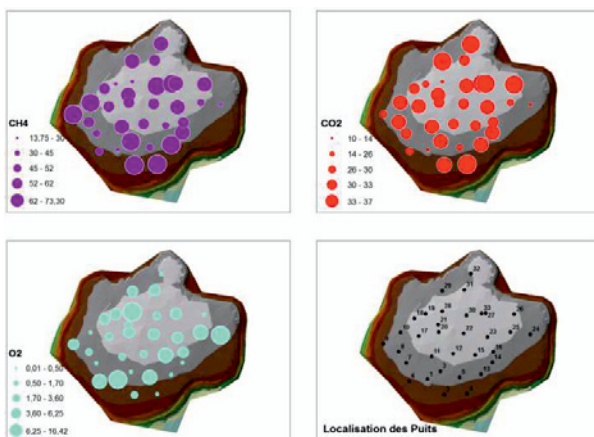
  

Station de régulation et mesures N° 2				
	% CH4	% O2	% CO2	H2S ppm
Puits 1	49,53	0,69	28,99	0,00
Puits 2	63,95	0,15	32,96	0,13
Puits 3	57,91	0,39	31,22	0,05
Puits 4	43,43	3,99	27,27	0,07
Puits 5	48,94	2,35	28,72	0,08
Puits 6	49,41	0,76	30,37	0,05
Puits 7	45,69	2,24	28,23	0,03
Puits 8	29,48	1,70	24,89	0,03
Puits 9	51,01	2,70	28,87	0,04
Puits 10	55,40	0,89	30,18	0,05
Puits 11	47,79	2,61	28,80	0,09

Station de régulation et mesures N° 3				
	% CH4	% O2	% CO2	H2S ppm
Puits 1	56,23	2,97	32,78	0,03
Puits 2	13,75	16,42	10,57	0,02
Puits 3	44,73	4,88	25,09	0,05
Puits 4	57,87	0,49	34,26	0,20
Puits 5	61,54	2,23	33,94	0,19
Puits 6	21,83	13,90	13,21	0,05
Puits 7	60,59	2,65	33,10	0,09
Puits 8	66,45	0,69	32,85	0,05
Puits 9	46,58	3,56	28,89	0,09
Puits 10	52,11	0,09	33,57	0,06
Puits 11	63,44	0,19	36,10	0,11

**Fig. 4.** Répartition du pourcentage de biogaz produit par les 33 puits de la phase I de Bikarrane - campagne 2011



A partir de la présentation spatiale des mesures de la campagne de l'année 2011 (Fig.4), on aperçoit des concentrations d'oxygène relativement élevées sur 16 puits des 33 de la phase I de la décharge de Bikarrane, par conséquent une intervention nous a été obligatoire pour ajuster les vannes et réparer les fuites constatées suite à cette campagne.

Après douze mois de suivi et de contrôle de production du biogaz (tableau 2), réparation des fuites et des anomalies constatées, et ajustement de la contribution quantitative en biogaz aspergés au niveau de chaque puits, la dernière campagne de l'année 2012 a révélée des résultats importants (tableau 3), avec une nette augmentation de pourcentage de méthane et l'élimination de l'apport en oxygène, ce que approuve l'efficacité des opérations de surveillance menées et la performance des réparation exécutées sur le système de captage, favorisant ainsi l'opération de brulage des biogaz à des températures entre 850 et 1000 °C, et évitant aussi tous risque d'explosion et/ou d'incendie.

**Tableau 3.** Résultats de la campagne de mesure 2012

Station de régulation et mesures N° 1				
	% CH4	% O2	% CO2	% H2S
Puits 1	60,6	0,37	31,58	103
Puits 2	70,78	0,18	29,02	191
Puits 3	60,22	0,17	28,68	130
Puits 4	48,21	0,18	27,69	61
Puits 5	62,74	0,19	32,33	181
Puits 6	60,91	0,07	29,85	52
Puits 7	62,91	0,14	32,47	155
Puits 8	60,49	0,05	32,56	160
Puits 9	62,87	0,17	28,82	34
Puits 10	61,27	0,16	28,95	160
Puits 11	63,73	0,17	29,71	172

Station de régulation et mesures N° 2				
	% CH4	% O2	% CO2	% H2S
Puits 1	37,72	0,21	18,99	0
Puits 2	61,11	0,16	31,09	190
Puits 3	46,6	0,16	27,96	49
Puits 4	54,06	0,16	29,4	81
Puits 5	56,26	0,17	29,5	101
Puits 6	56,46	0,11	29,38	83
Puits 7	60,46	0,1	30,8	169
Puits 8	57,99	0,1	31,23	163
Puits 9	54,48	0,1	29,83	104
Puits 10	54,93	0,07	29,97	120
Puits 11	54,18	0,1	29,98	103

Station de régulation et mesures N° 3				
	% CH4	% O2	% CO2	% H2S
Puits 1	60,29	0,13	31,91	78
Puits 2	66,92	0,14	32,93	62
Puits 3	62,6	0,25	31,04	48
Puits 4	63,86	0,53	30,4	56
Puits 5	62,43	0,93	30,2	31
Puits 6	64,82	0,13	30,85	76
Puits 7	49,47	3,94	24,42	11
Puits 8	67,65	0,13	32,2	50
Puits 9	66,13	0,26	31,08	198
Puits 10	47,84	5,22	23,51	74
Puits 11	54,09	3,6	25,75	42

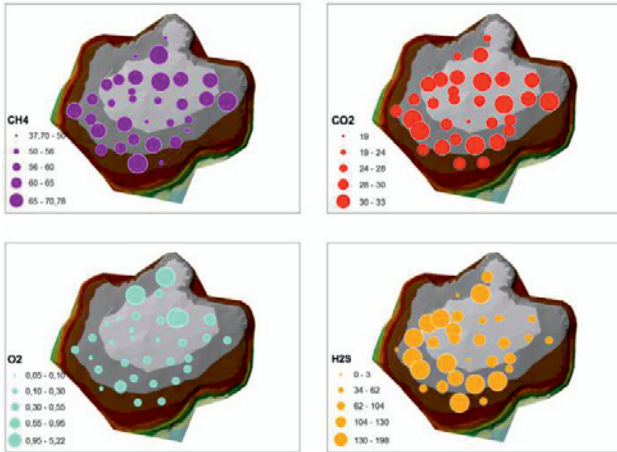


Fig. 5. Répartition de pourcentage de biogaz produit par les 33 puits de la phase I de Bikarrane - campagne 2012

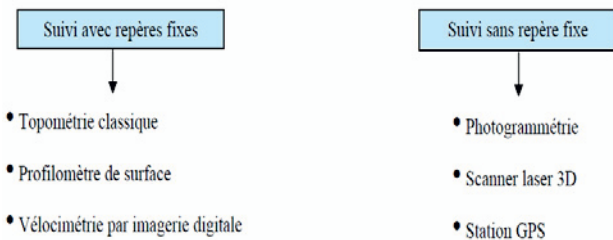
La représentation spatiale de la dernière campagne de mesure de biogaz (Fig.5), démontre l'efficacité du système de surveillance et de contrôle de la production du biogaz au niveau des différents puits, avec la réduction au maximum du nombre de puits représentant un excès en apport d'oxygène (O2) et une nette augmentation de rendement pour le pourcentage du méthane (CH4), ainsi que les mesures de sécurité qu'il faut entreprendre pour les puits présentant des concentrations relativement élevée en (H2S).

Le méthane possède un PRG 21 fois supérieur à celui du gaz carbonique (sur 100 ans), mais sa durée de vie est beaucoup plus courte : 12 ans en moyenne. On estime que la concentration en méthane sera stabilisée au niveau actuel en diminuant les émissions de 8 % [3].

### 3. Suivi Topographique

Le suivi des tassements se résume typiquement à des mesures effectuées en surface de casier (dans notre cas, la phase I de la décharge réhabilitée de Bikarran) à partir de repères matérialisés.

Dans le cas le plus favorable, ces mesures peuvent être effectuées lors d'un arrêt d'exploitation pendant une durée minimale de 8 à 12 mois [1].



En parallèle à ce suivi qualitatif et quantitatif, un suivi topographique annuel du massif des déchets enfouis au niveau de la zone dégazée a été réalisé –Topométrie classique-, les mêmes levés sont traités ultérieurement à partir d'un Modèle Numérique de Terrain (MNT).

Tableau 4. Note du calcul de cubature entre le modèle numérique de terrain 2009 et 2012.

COVADIS Version 10  
(C) Géométrie S.A. 1993-2007

**CALCUL DE CUBATURES ENTRE DEUX MODELES NUMERIQUES DE TERRAIN**

Nom du dessin : Dessin4  
Ecriture du listing le 10/12/2012 à 16:09:58  
Opération effectuée : calcul brut

Caractéristiques du contour	
Calque	CADRE
Couleur	Rouge
Surface 2D	102548.09 m²
Périmètre	1246.856 m

Caractéristiques des modèles numériques			
Calque MNT1		TN_MNT2010	
Calque MNT2		TN_MNT	
	MNT 1	MNT 2	
Nombre de faces	3391	2198	
Altitude mini	101.954 m	108.520 m	
Altitude maxi	341.114 m	133.560 m	
Surface totale 2D	330706.87 m²	305573.11 m²	
Surface totale 3D	479009.01 m²	309856.39 m²	
Surface utile 2D	102548.10 m²	102548.10 m²	
Surface utile 3D	229355.34 m²	102619.48 m²	

Résultats du calcul de cubatures MNT1 → MNT2			
Surfaces 2D		Volumes	
Avec déblai :	73507.72 m²	Déblai :	551735.320 m³
Avec remblai :	29040.38 m²	Remblai :	6140.127 m³
Sans écart :	0.00 m²	Total :	557875.448 m³
Total :	102548.10 m²		

Surfaces 3D	
Avec déblai :	200133.78 m²
Avec remblai :	29221.57 m²
Sans écart :	0.00 m²
Total :	229355.34 m²

Après traitement au moyen d'un tableur informatique, les données topographiques peuvent éventuellement être archivées dans un Système d'Information Géographique (SIG) attaché au site [1]. Générer un modèle en 3D pour mieux visualiser les tassements qui ont affecté le site.

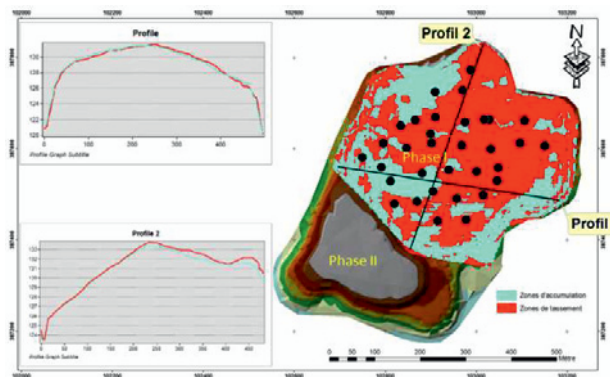


Fig. 6. Représentation spatiale de différence entre les deux modèles numériques de terrains correspondants à 2009 et 2012.

Si la feuille de calcul laisse voire clairement que sur une surface de 10 ha (Tableau .4), soit la totalité du dôme de la phase I, il y a un Déblai 551 735.320 m3 et un Remblai 6 140.127, la présentation graphique de différence de volume entre le levé de 2009 et celui de 2012 (Fig.6), montre d'une manière claire l'importance des tassements qu'a subi le massif des déchets durant 3 ans, reste à savoir si l'apparition des zones de remblai est probablement due aux corrections apportées aux pistes

d'accès au site et cela après l'achèvement des travaux de réhabilitations.

#### 4. Réinjection de lixiviats dans la phase II de la décharge réhabilitée de Bikarane

Pour la phase II les travaux de dégazage ne sont pas encore achevés, mais des essais de réinjection de lixiviats ont été menés là-dessus en Juin 2011, suivi de près par une étude par tomographie électrique de la propagation des lixiviats réinjectés dans la décharge réhabilitée de Bikarane. A l'issue de cette étude hydro-géophysique réalisée à l'intérieur de la décharge de Bikarane du Grand Agadir et dont l'objectif principal est de suivre le panache du lixiviat en profondeur et latéralement, les conclusions et constatations suivantes ont été soulevées :

- d'après l'étude géologique, l'examen des forages a montré qu'en dessous du sol sablo-argileux, nous rencontrons des formations très épaisses de calcaires marneux surmontant des argiles jaunes et marrons. Leur épaisseur dépasse largement les 70 m et elles surmontent la formation aquifère ;
- d'après l'étude hydrogéologique, la nappe d'eau souterraine la plus importante circule dans les calcaires fissurés du Plioquaternaire. Ces terrains aquifères sont surmontés par un toit très épais (plus de 90 m) et imperméable (surtout les niveaux argileux). A priori, il s'agit d'une nappe très peu sensible vis-à-vis de toute source de contamination venant de la surface. Cela est dû à sa grande profondeur et la très faible perméabilité et la forte épaisseur des terrains sus jacents ;
- d'après la prospection géo-électrique, l'image électrique obtenue grâce à la tomographie 2-D a permis de localiser des niveaux très conducteurs dont la résistivité varie de 0,5 à 0,7 Ohm.m au niveau de la phase II (lieu de la réinjection des lixiviats). Ces très faibles valeurs de résistivité ont été mesurées à des profondeurs variant entre 14 et 40 m en profondeur, sur une extension latérale de l'ordre de 25 m de longueur.

Quant aux résultats de la pseudo-section réalisée en aval hydraulique de cette phase II, ils ont montré des résistivités relativement faibles au niveau des terrains superficiels, allant de la surface à une profondeur de l'ordre de 11,5 m. Au-delà de cette profondeur, nous avons assisté à une augmentation de la résistivité, dont les valeurs écartent toute sorte d'imprégnation des terrains par les lixiviats. Ceci semble indiquer que l'étalement en profondeur du panache des lixiviats ne dépasse pas la profondeur de 11.5 m [5].

Cependant, le rendement en production de biogaz après réinjection de lixiviats dans le massif des déchets de la phase II, reste lié à l'achèvement des travaux de dégazage, à l'investigation et à l'étude dans un travail futur.

#### 5. Conclusions et recommandations

Les décharges avec les déchets ménagers produisent beaucoup d'émission de méthane. En principe, sous le « Kyoto Clean Development Mechanism » (CDM), des

crédits de carbone peuvent être bénéfiques par la collecte et le brûlage du méthane produit.

Dans un travail futur l'extrapolation des données de ce travail pour la conception d'un modèle de prédiction des tassements des déchets ménagers dans les pays en voie de développement dans une démarche économique et sécuritaire.

L'importance du contrôle des tassements, et toute fuite des biogaz, pour conserver les biens conçus de la réhabilitation de la décharge : pistes de circulation, plantations etc....

Le recours aux meilleures pratiques disponibles en termes de gestion des systèmes de dégazage, incluant les systèmes de mesure en temps réel et des protocoles d'exploitation adaptés.

Tirer profit de ces résultats pour une extrapolation au niveau du nouveau Centre d'Enfouissement Technique (CET) des déchets ménagers du grand Agadir, surtout après la mise en place effective du système de dégazage.

La valorisation du biogaz, ce qui nécessite des mesures de soutien cohérentes, notamment pour la gestion intégrée et durable du projet de la nouvelle décharge. Surtout avec le problème des lixiviats excessifs des déchets ménagers au Maroc, la valorisation du biogaz peut être une composante primordiale dans le traitement des dites lixiviats

#### Références Bibliographiques :

1. Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie, Direction Déchets et Sols, Guide méthodologique pour le suivi des tassements des Centres de Stockage de Classe II (Déchets ménagers et assimilés), ADEME Editions, Angers 2005
2. BIOMESTA 2009, Proyecto : Suministro e instalacion de la infraestructura de captacion del biogas generado en el vertedero de AGADIR-MAROC. Rapport inédit
3. Couturier. C – SOLAGRO, « Gestion des déchets et changement climatique » - 21-22 Novembre 2002 - AMORCE – ACRR – Energies Cités – Ville de Paris - Améliorer le bilan effet de serre des installation de stockage des déchets, version2, révisée le 16 Juillet 2003
4. Eau Globe / 17-10-05. Rapport technique du schéma directeur du grand Agadir – Volet décharge. 2005. Rapport inédit
5. Etude hydro-géophysique, Etude par tomographie électrique de la propagation des lixiviats réinjectés dans la décharge réhabilitée de Bikarane (Agadir, Maroc), 2012. Rapport inédit
6. GOUIGHIR.A. Etude socio-économique des chiffonniers de la décharge publique d'Agadir. Projet TEMPUS JEP\_32022\_2004 - Université Mohammed V – Agdal, Université François Rabelais – Tours, Université Ca Foscari – Venise, DAT et Enda Maghreb
7. Grupo Guascor Bioenergía. Estimaciones De Generación-Captación De Biogás En El Vertedero Clausurado De Bikkarane (Marruecos).2009. Rapport inédit

8. Rees JF. The fate of organic compounds in the landfill disposal of organic matter. *Journal of Chem. Tech. Biotechnol.* 1980;30:161-175
9. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Air Quality Planning and Standards. Air Emissions from Municipal Solid Waste Landfills - Background Information for Proposed Standards and Guidelines. EPA-450/3-90-011a (NTIS PB91-197061). Washington, D.C. 1991.