

SYNDICAT MIXTE DE LA ZONE DU VERDON

ISDND « Pied de la Chèvre »
GINASSERVIS (83)

Annexe technique : Bilan Biogaz

Rapport

Réf : CDMCSE150382 / RDMCSE00913-03

FBN / AC / GRE

17/04/2017










www.burgeap.fr

SYNDICAT MIXTE DE LA ZONE DU VERDON

ISDND « Pied de la Chèvre » GINASSERVIS (83)

Annexe technique : Bilan Biogaz

| Objet de l'indice | Date | Indice | Rédaction | | Vérification | | Validation | |
|-------------------|------------|--------|------------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| | | | Nom | Signature | Nom | Signature | Nom | Signature |
| Rapport | 17/04/2017 | 01 | F.BERNADET |  | A.CHEREL |  | G.REGNARD |  |
| Rapport | 15/12/2015 | 02 | F.BERNADET |  | A.CHEREL |  | G.REGNARD |  |
| Rapport | 17/04/2017 | 03 | | | | | G.REGNARD |  |
| | | | | | | | | |

| | |
|----------------------------------|---------------------------------------------------------|
| Numéro de contrat / de rapport : | Réf : CDMCSE150382 / RDMCSE00913-03 |
| Numéro d'affaire : | A07399 |
| Domaine technique : | SD04 |
| Mots clé du thésaurus | CENTRE DE STOCKAGE DE DECHETS DOSSIER D'AUTORISATION |

Agence Sud-Est – site d'Avignon
 Agroparc - 940, route de l'aérodrome - BP 51 260 – 84911 Avignon Cedex 9
 Tél : 04.90.88.31.92 • Fax : 04.90.88.31.63
agence.de.avignon@burgeap.fr

SOMMAIRE

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| 1. Généralités | 4 |
| 2. Réglementation | 4 |
| 3. Rappel sur les biogaz | 5 |
| 4. Description du site 1 | 6 |
| 5. Description du nouveau casier de stockage (casier 4) et mode d'exploitation | 6 |
| 5.1 Présentation des casiers et mode d'exploitation | 6 |
| 5.2 Phasage prévisionnel d'exploitation | 7 |
| 6. Modélisation de la production de biogaz | 7 |
| 6.1 Principe | 7 |
| 6.2 Historique d'enfouissement et de captage des biogaz | 8 |
| 6.3 Données d'entrée | 9 |
| 6.4 Résultats de la modélisation | 11 |

FIGURE

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure 1 : Production de biogaz au droit de l'ensemble de l'ISDND en périodes d'exploitation et de post-exploitation | 11 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

TABLEAUX

| | |
|------------------------------------------------------------------------|----|
| Tableau 1 : Phasage d'exploitation | 7 |
| Tableau 2 : Historique d'enfouissement et estimations pour le casier 4 | 8 |
| Tableau 3 : Hypothèses considérées pour la modélisation | 10 |

1. Généralités

Le Syndicat Mixte de la Zone du Verdon (SMZV) exploitait jusqu'en novembre 2016 les casiers 2 et 3 (site 1) de l'ISDND de Ginasservis (83), au lieu-dit « Pied de la Chèvre ».

L'installation, d'une emprise totale de l'ordre de 13,8 ha, recevait depuis 2011 un tonnage annuel de 21 600 T (18 000 m³) (Cf. Arrêté complémentaire du 5 août 2011).

Dans le cadre de la poursuite d'exploitation du site, le SMZV souhaite créer un nouveau casier de stockage (casier 4, site 2), dans le prolongement des casiers actuellement en exploitation. Celui-ci viendra s'épauler sur le casier 3 (site 1) et s'étendra vers l'aval du site, en direction des bassins de stockage d'eaux pluviales et lixiviats. Les déchets qui y seront stockés seront totalement indépendants de ceux stockés dans le casier 3 (site 1).

Le nouveau casier de stockage (casier 4, site 2), d'une emprise d'environ 3,8 ha, a été dimensionné selon les caractéristiques suivantes,

- durée d'exploitation : 19 ans,
- tonnage et volume annuels entrant estimés : 27 000 T / 30 000 m³,
- tonnage et volume du casier de stockage : 506 520 T / 562 800 m³,
- nombre d'alvéoles : 5.

Afin de pouvoir dimensionner les aménagements nécessaires à la valorisation des biogaz, un bilan global des biogaz produits doit être effectué. Cette étude permet également de déterminer l'impact du site vis à vis des émissions de biogaz potentielles issues de l'ISDND.

Les biogaz des casiers 1, 2 et 3 du site 1 n'étant à ce jour pas valorisés, le présent rapport prendra en compte l'ensemble de l'ISDND pour le calcul de production des biogaz et le dimensionnement de l'unité de valorisation.

Le bilan biogaz est établi en parallèle des bilans hydrique et lixiviats du site (Cf. **Dossier n°8 – Bilan hydrique ; Bilan lixiviats**).

2. Réglementation

L'arrêté ministériel du 15 février 2016, impose aux ISDND les dispositions suivantes concernant les biogaz,

Article 12 de l'arrêté :

« I. - L'installation est équipée d'un dispositif de collecte des effluents gazeux de manière à limiter les émissions diffuses issues de la dégradation des déchets.

Chaque casier recevant des déchets biodégradables est équipé d'un dispositif de collecte du biogaz dès la production de celui-ci.

Le dispositif de collecte et gestion du biogaz mentionné aux deux alinéas précédents est complété de manière à assurer la collecte du biogaz pendant toute la durée de la phase d'exploitation du casier. Ce dispositif est conçu et mis en place selon les modalités présentées dans le dossier de demande d'autorisation déposé en application de l'article L. 512-2 du code de l'environnement.

Le réseau de collecte du biogaz est raccordé à un dispositif de mesure de la quantité totale de biogaz capté. Le biogaz capté est prioritairement dirigé vers un dispositif de valorisation puis, le cas échéant, d'élimination par combustion. »

3. Rappel sur les biogaz

La production de biogaz provient des processus de fermentation au sein du massif de déchets. Les déchets ménagers composés de matière organique sont dégradables par les microorganismes contenus dans le massif qui en retour sont responsables de la production de biogaz.

La dégradation des déchets est une réaction naturelle biologique source de production de biogaz (en milieu anaérobie). Le biogaz produit, résulte de la dégradation de la matière organique, composée de chaînes carbonées, contenue dans le massif de déchets. La vitesse de dégradation des déchets par réaction de méthanisation et production de biogaz est fonction des conditions existantes au sein du massif de déchets (humidité, température et oxygénation du massif de déchets).

Les réactions biologiques et biochimiques mises en jeu dépendent de nombreux paramètres liés à la nature du substrat et aux conditions bio-physico-chimiques du milieu. Par conséquent, il apparaît important de préciser que les réactions de biodégradation concernent en grande partie la matière organique des déchets ménagers.

La production de biogaz peut être plus ou moins lente selon les conditions du milieu, le phasage d'exploitation et les conditions d'exploitation. Ce sont des informations à prendre en compte pour établir une prévision du potentiel de production de biogaz. Les processus de fermentation dépendent des paramètres suivants,

- taille, composition et humidité des déchets,
- pH optimum, nutriments,
- aération,
- épaisseur et caractéristiques des déchets,
- épaisseur et perméabilité des matériaux de couverture,
- degré de compactage des déchets,
- température ambiante : augmentation de la production de biogaz lorsque la température augmente.

Le biogaz est notamment composé des éléments suivants : CH₄, CO₂, O₂, H₂O, H₂S, mercaptans. Cette composition varie en fonction du degré de fermentation des déchets organiques atteint au sein du massif de déchets. Le processus de dégradation est évolutif, engendrant une variation des teneurs en ces éléments.

La réglementation impose la collecte et le traitement du biogaz ainsi qu'un suivi mensuel des émissions de gaz, des pressions atmosphériques et de la composition du biogaz.

Le mode d'exploitation et de gestion des centres de stockage de déchets ultimes influence l'activité biologique de transformation et de minéralisation de la matière organique contenue dans les déchets enfouis. Cette influence est particulièrement significative lors des opérations de remplissage et de fermeture des alvéoles qui déterminent les conditions physico-chimiques nécessaires aux métabolismes aérobie et anaérobies de biodégradation.

Lors de l'étape de remplissage, les alvéoles, systèmes ouverts, sont au contact direct avec l'air et les eaux météoriques. L'aération et l'humidification des couches superficielles favorisent le démarrage de l'activité biologique aérobie. De même lors de l'exploitation, la température peut s'élever fortement. A la fermeture du casier, le système évolue vers un fonctionnement en mode anaérobie (en l'absence d'oxygène) qui se déroule sur une période plus longue.

4. Description du site 1

Les casiers 1, 2 et 3 du site 1 ont été pris en compte pour la modélisation de production de biogaz à l'échelle du site.

Le casier 1 présente la géométrie de couverture présentée ci-dessous (du haut vers le bas) :

- 0,25 m de terre végétale engazonnée (épaisseur minimale),
- un géocomposite de drainage,
- une géomembrane PEHD 2 mm,
- 0,5 m de matériaux argileux présentant une perméabilité minimale de 1.10^{-6} m/s.

Les casiers 2 et 3 présenteront à terme la géométrie de couverture présentée ci-dessous (du haut vers le bas) :

- 0,25 m de terre végétale engazonnée (épaisseur minimale),
- un géocomposite de drainage,
- 0,5 m de matériaux argileux présentant une perméabilité minimale de 1.10^{-6} m/s.

5. Description du nouveau casier de stockage (casier 4) et mode d'exploitation

5.1 Présentation des casiers et mode d'exploitation

Le nouveau casier de stockage de déchets (casier 4, site 2) sera découpé en 5 alvéoles (alvéoles 1 à 5), de surfaces en pied comprises entre 3 260 m² (alvéole 4) et 10 860 m² (alvéole 5). Chaque alvéole sera divisé en sous-alvéoles de surfaces en pied inférieures à 2 000 m². La hauteur de déchets entre le fond des alvéoles et la couverture sera comprise entre 10 m au droit de l'alvéole 1 et 30 m en aval de l'alvéole 1. La couverture définitive (qui sera mise en place au plus tard 2 ans après la fin de l'exploitation d'une alvéole du 2eme étage) sera composée, du bas vers le haut :

- d'une couche d'étanchéité (épaisseur de 0,5 mètre constituée de matériaux inertes d'une perméabilité inférieure à 1.10^{-7} m/s) ;
- d'une couche de drainage des eaux de ruissellement composée de matériaux naturels d'une épaisseur minimale de 0,5 mètre ou de géosynthétiques ;
- d'une couche de terre de revêtement d'une épaisseur minimale d'un mètre.

Au droit du nouveau casier de stockage, la gestion du biogaz se fera **à l'avancement** :

- par drainage horizontal via des tranchées positionnées sous la couverture intermédiaire du 1^{er} étage (alvéoles 2 et 4) et sous la couverture finale du 2^{ème} étage (alvéoles 1, 3 et 5),
- par drainage vertical via des puits de collecte mis en place lors des travaux de couverture du casier. Ces puits seront positionnés sur la base d'un rayon de captage théorique de 25 m. Des collecteurs aériens positionnés sur rail achemineront les biogaz jusqu'aux unités de valorisation à créer.

La durée d'exploitation du casier est **estimée à 19 ans**.

Concernant la réutilisation d'une partie du biogaz, lorsque la production de biogaz sera suffisante, le SMZV étudiera la possibilité de valoriser ce biogaz pour la production d'électricité destinée à son autoconsommation (réduction des dépenses énergétiques du site, donner de l'autonomie au fonctionnement de certains capteurs...).

A noter par ailleurs, que seront connectés à cette torchère, non seulement, les biogaz du site 2 (objet de ce dossier) mais également ceux issus des casiers 2 et 3 du site 1 (prévus dans le cadre de leur couverture finale). Pour le casier 1 du site 1, des campagnes de mesures continueront à être réalisées régulièrement pour vérifier la non production de ce site ou en cas de production, de le raccorder au système.

5.2 Phasage prévisionnel d'exploitation

Le nouveau casier de stockage sera doté d'un volume utile d'environ 562 800 m³, divisé et phasé comme suit.

Tableau 1 : Phasage d'exploitation

| Etage | Alvéole - site 2 | Surface en fond (m ²) | Hauteur maximale des déchets (m) | Capacité de stockage (m ³) | Capacité de stockage (t)* | Durée prévisionnelle d'exploitation (an) | Durée d'exploitation cumulée (an) |
|-------|------------------|-----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------------|---------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------|
| - | 1 | 8 250 | 10 | 96 500 | 86 850 | 3.2 | 3.2 |
| 1 | 2 | 4 780 | 18.5 | 123 800 | 111 420 | 4.1 | 7.3 |
| 2 | 3 | 8 380 | 14 | 100 900 | 90 810 | 3.4 | 10.7 |
| 1 | 4 | 3 260 | 18.9 | 130 500 | 117 450 | 4.4 | 15.1 |
| 2 | 5 | 10 860 | 12 | 111 100 | 99 990 | 3.7 | 18.8 |

6. Modélisation de la production de biogaz

6.1 Principe

Le modèle utilisé pour la prédiction de l'évolution de la production de biogaz est un outil de calcul développé par le pôle R&D de BURGEAP basé sur la méthode IPPC (Integrated Pollution Prevention and Control), dont la formule est conforme aux lignes directrices du GIEC¹.

Ce modèle permet de calculer la production totale théorique de biogaz, mais ne permet pas de prévoir l'évolution réelle de la production du site en question. Il peut être appliqué pour le dimensionnement des installations de stockage de déchets et prévoir ses émissions.

Ce bilan biogaz a été adapté sur la base des éléments disponibles dans le dossier (bibliographie, conception du projet) et du phasage d'exploitation,

L'étude présentera ainsi une modélisation de la production de biogaz dans le casier de stockage en post-exploitation.

La formule de production de biogaz sur laquelle est basée la modélisation présentée dans ce présent dossier est de la forme :

$$P_{\text{biogaz}} = \Sigma (FE_0) * (\Sigma (A_i \cdot p_i \cdot k_i \cdot e^{-k_i \cdot (t-X)})$$

Avec,

FE₀ : potentiel de biogaz émissible par une tonne de déchet correspondant à une dégradation totale de celui-ci

Pi : fraction des déchets ayant une constante de dégradation ki

¹ Groupement Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat

Ai : facteur de normalisation

ki : constante de dégradation

X : année d'enfouissement du déchet

Le potentiel de production de méthane va dépendre directement de la fraction de matière organique présente dans les déchets stockés. La formule utilisée pour la détermination du potentiel de production de biogaz est la suivante :

$$FE_0 = 0,934 * CO * (0,014 * T + 0,28)$$

Avec,

FE₀ : Potentiel de production de biogaz (m³/t de déchets)

CO : matière organique biodégradable (kg/t de déchets)

T : Température durant la méthanisation (°C)

Le potentiel de production de méthane par tonne de déchet enfouis est ensuite corrélé avec le phasage d'exploitation et permet ainsi d'estimer la production de biogaz du site.

6.2 Historique d'enfouissement et de captage des biogaz

Les données d'enfouissement transmises par le SMZV sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 2 : Historique d'enfouissement et estimations pour le casier 4

| Lieu | Période | Ordures ménagères (%) | Encombrants (%) |
|-------------------------|-----------------------------------------|-----------------------|-----------------|
| Casier 1 (site 1) | 2000 - 2008 | 100 | |
| Casiers 2 et 3 (site 1) | Début de leurs exploitations – fin 2016 | 75 | 25 |
| Casier 4 (site 2) | 2017-2018 | 80 | 20 |
| Casier 4 (site 2) | 2019 – fin de son exploitation | 84 | 16 |

Les données utilisées pour le casier 1 sont prises à titre indicatif car aucun suivi précis du tonnage enfoui n'a été mené au droit de ce casier. De même, la répartition des types de déchets n'étant pas connue, l'hypothèse la plus défavorable a été prise en compte pour la modélisation, à savoir 100 % d'ordures ménagères.

2 hypothèses ont été prises pour le futur casier, en fonction du projet du syndicat sur la gestion des déchèteries, sous 2 ans, qui permettrait de baisser la quantité d'encombrants.

Un dispositif de captage des biogaz est d'ores et déjà en place sous la couverture finale du casier 1 (site 1). Il s'agit de tranchées de drainage de biogaz dont les caractéristiques sont les suivantes,

- section : 0,36 m²,
- espacement : 30 à 35 m,
- équipement : drain PEHD 100 mm dans un massif de graviers calibrés 5 x 15 mm,
- événements : en cheminée de chaque côté des versants et sur l'axe central du casier.

Un dispositif identique doit être mis en place sous la couverture finale des casiers 2 et 3 (site 1).

6.3 Données d'entrée

Le scénario pris en compte se base sur les éléments suivants,

- le tonnage pris en compte, inclut le tonnage total estimé au droit du nouveau casier de stockage ainsi que le tonnage de déchets enfouis au droit des 3 casiers du site 1,
- un taux de méthane de l'ordre de 55 % (concentrations moyennes en méthane dans le biogaz estimé entre 50 et 60% d'après la littérature),
- le degré de dégradation des déchets est extrapolé sur la base de l'historique d'enfouissement transmis et de des prévisions concernant le nouveau casier de stockage (Cf. Tableau 2) :
 - 40% de déchets fortement fermentescibles,
 - 20% de déchets moyennement fermentescibles,
 - 40% de déchets faiblement fermentescibles ;
- les surfaces de couverture des alvéoles sont comprises entre 5 000 (alvéole 4, site 2) et 16 460 m² (alvéole 5, site 2) et un mode d'exploitation par recouvrement à l'avancement.

On considère dans ce modèle que la phase de latence de production de biogaz a lieu pendant que les alvéoles sont en couverture provisoire, période où le biogaz n'est pas capté.

D'un point de vue général, la courbe de production de biogaz suit trois étapes :

- une étape de latence, sans production de biogaz. Cette étape correspond au dépôt des déchets dans les premiers casiers, pendant laquelle l'humidité s'accumule au sein du massif de déchets ;
- une phase pendant laquelle la production croît globalement, au gré de l'ouverture/réouverture des casiers de stockage en fonction du phasage d'exploitation. Une couverture provisoire est mise en place sur le 1^{er} étage, en attendant l'exploitation des alvéoles du 2^{ème} étage. Pendant cette phase, la vitesse de croissance des microorganismes augmente, engendrant ainsi une augmentation de la production des métabolites intermédiaires, transformés en méthane et en dioxyde de carbone. A l'inverse la production des métabolites intermédiaires diminue lors de la réouverture des alvéoles du 1^{er} étage afin d'exploiter les alvéoles du 2^{ème} étage ;
- une étape où la vitesse de production décroît en fonction du temps jusqu'à atteindre de très faibles valeurs : la matière organique biodégradable restant à dégrader devient limitante.

Les hypothèses adoptées pour la modélisation des quantités de biogaz produites au droit de l'ensemble de l'ISDND sont résumées ci-dessous.

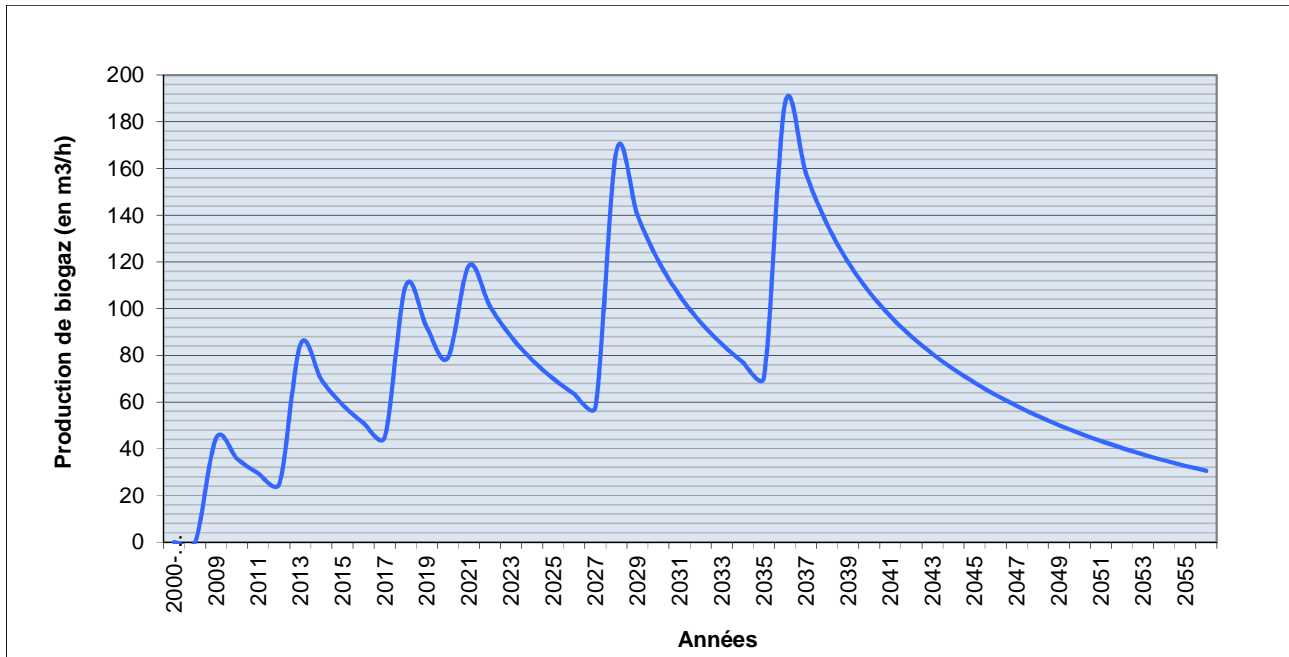
Tableau 3 : Hypothèses considérées pour la modélisation

| Données générales | |
|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tonnage total enfoui au droit de l'ISDND (T) | 750 000 |
| Volume total enfoui au droit de l'ISDND (m ³) | 910 000 |
| Densité des déchets | 0,7 pour le site 1 - 0,9 pour le site 2 |
| Nombre de compartiments | 8 (5 alvéoles pour le site 2 + 3 casiers du site 1) |
| Couverture | |
| Superficie des couvertures des alvéoles (m ²) | Entre 5 000 et 16 460 |
| Caractéristiques (du haut vers le bas) | <p>Une couche de terre de revêtement d'une épaisseur minimale d'un mètre.</p> <p>Une couche de drainage des eaux de ruissellement composée de matériaux naturels d'une épaisseur minimale de 0,5 mètre ou de géosynthétiques.</p> <p>Une couche d'étanchéité d'épaisseur de 0,5 mètre constituée de matériaux inertes d'une perméabilité inférieure à 1.10^{-7} m/s,</p> |
| Taux de captage (%) | 65% (valeur ADEME pour une couverture semi-perméable) |
| Nature des déchets | |
| type | 40% de déchets fortement fermentescibles, 20% de déchets moyennement fermentescibles, 40% de déchets faiblement fermentescibles, |
| Potentiel de production de biogaz FEO (m ³ /T) | 50 |
| Taux de CH ₄ dans le biogaz (%) | 55 |

6.4 Résultats de la modélisation

Le graphique ci-dessous présente la production estimée pour l'ensemble du site selon le mode de fonctionnement et le phasage d'exploitation précisés précédemment.

Figure 1 : Production de biogaz au droit de l'ensemble de l'ISDND en périodes d'exploitation et de post-exploitation



Le débit maximal attendu au niveau de l'installation de combustion des biogaz, en considérant un taux de captage du réseau de collecte de 65 % est d'environ 190 m³/h, 20 ans après le début d'exploitation du nouveau casier de stockage. Celui-ci diminue ensuite jusqu'à l'obtention d'un débit inférieur à 50 m³/h, 33 ans après le début d'exploitation.