



ARCAVI

Commune d'ETEIGNIERES (08)

**Demande d'autorisation
environnementale – Bilan
prévisionnel de production de biogaz**

Rapport

Réf : NO1400026 / 1059276-02

JDB / AC / AC

20/03/2024



ARCAVI

Commune d'ETEIGNIERES (08)

Demande d'autorisation environnementale – Bilan prévisionnel de production de biogaz

Objet de l'indice	Date	Indice	Rédaction Nom / signature	Vérification Nom / signature	Validation Nom / signature
Rapport initial	20/02/2024	01	J. DE BEAUPUIS 	A. CHEREL 	A. CHEREL 
Remarque client	20/03/2024	02	J. DE BEAUPUIS 	A. CHEREL 	A. CHEREL 

Numéro de contrat / de rapport :	Réf : NO1400026 / 1059276-02
Numéro d'affaire :	A46832
Domaine technique :	SD02

GINGER BURGEAP Agence Nord-Ouest • 5, chemin des Filatiers – 62223 Sainte-Catherine
Tél : 03.21.24.38.00 burgeap.arras@groupeginger.com

SOMMAIRE

1.	Introduction	4
1.1	Objet de l'étude.....	4
1.2	Textes et guides de référence.....	4
2.	Rappels sur les biogaz	5
2.1	Définition	5
2.2	Étapes de production du biogaz.....	5
2.3	Paramètres influant sur la production de biogaz.....	6
3.	Description de l'installation de stockage et mode d'exploitation.....	7
3.1	Configuration géométrique du projet et phasage d'exploitation associé	7
3.2	Typologie des déchets enfouis.....	8
4.	Estimation de la production de biogaz	9
4.1	Modèle utilisé et formule de calcul.....	9
4.2	Hypothèses prises en compte	10
4.3	Résultats de la modélisation.....	10
5.	Conclusion : caractéristiques des ouvrages nécessaires à la bonne gestion des biogaz.....	12

TABLEAUX

Tableau 1 : Configuration géométrique du projet et phasage d'exploitation associé.....	7
--	---

FIGURES

Figure 1 : Étapes de la digestion anaérobie.....	5
Figure 2 : Principales étapes de la production de biogaz.....	6
Figure 3 : Graphique de production de biogaz prévisionnel.....	11

1. Introduction

1.1 Objet de l'étude

ARCAVI exploite une installation de stockage de déchets sur la commune d'Eteignières (08). Cette installation est autorisée par l'arrêté n°4806 du 20/08/2008 modifié.

Le site présente une surface d'environ 80 ha et dispose des activités suivantes :

- Stockage de déchets non dangereux, de déchets d'amiante lié, de plâtre et de sables de fonderie destinés au recouvrement ;
- Stockage de déchets inertes ;
- Plate-forme de compostage ;
- Unité de traitement des lixiviats ;
- Unité de valorisation du biogaz ;
- Plate-forme bois.

Afin de pérenniser ses activités, ARCAVI a pour projet :

- D'augmenter ses capacités de stockage de déchets non dangereux en exploitant des casiers en rehausse, au sein de l'emprise ICPE actuellement autorisée ;
- D'augmenter ses capacités de stockage de déchets inertes et de déchets d'amiante lié sur une nouvelle parcelle accolée au site.

Les capacités annuelles et l'origine géographique des déchets seront inchangées. Les conditions d'exploitation du site et les autres activités ne seront pas modifiées.

Le présent rapport est réalisé dans le cadre du dossier de demande d'autorisation environnementale. Il est également soumis aux prescriptions de l'arrêté ministériel du 15 février 2016 modifié relatif aux ISDND.

Cette étude permet d'établir un bilan global prévisionnel de la production du biogaz du futur casier de stockage de déchets non dangereux de l'ISDND.

Le plan du projet est présenté dans la pièce jointe n°02 – éléments graphiques.

1.2 Textes et guides de référence

Pour cette mission de détermination du bilan de la production de biogaz, les textes réglementaires et guides méthodologiques suivants ont été pris en compte,

- les textes réglementaires :
 - l'arrêté ministériel du 15/02/2016 modifié relatif aux ISDND ;
- les guides méthodologiques :
 - le guide « Biogaz issu de la mise en décharge : comment optimiser son captage ? » (ADEME – 2007) ;
 - le guide « Gérer le gaz de décharge – techniques et recommandations » (ADEME – 2001) ;
 - le guide « Remise en état des décharges – méthodes et techniques » (ADEME – 2005).

2. Rappels sur les biogaz

2.1 Définition

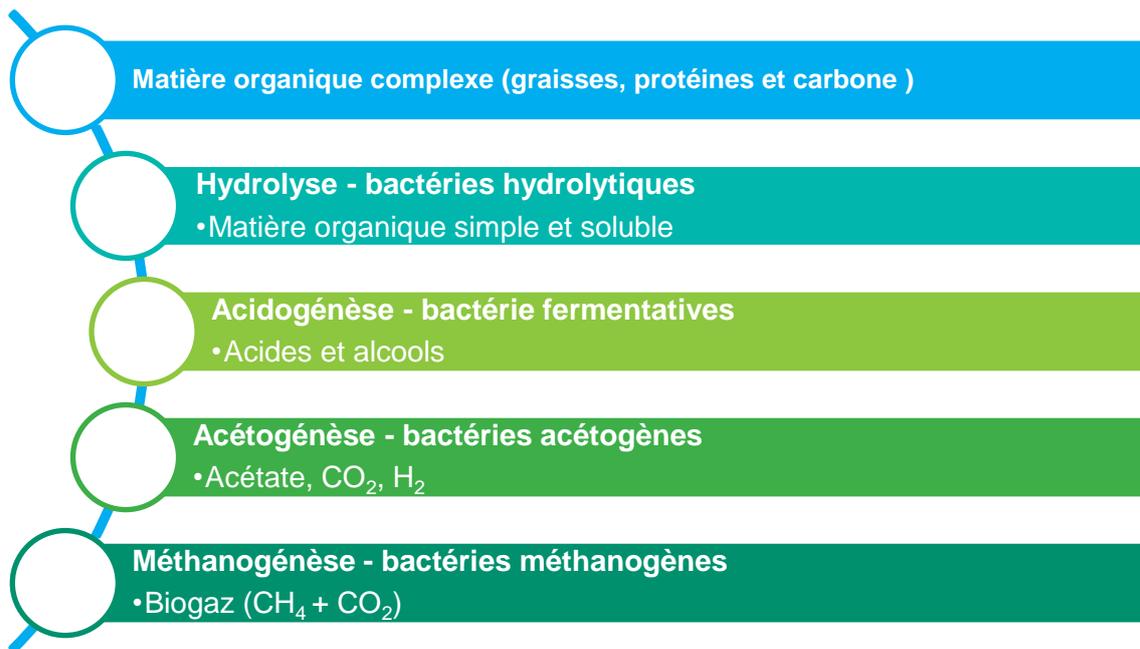
La production de biogaz provient des processus de fermentation au sein du massif de déchets qui contient de la matière organique dégradable par les microorganismes contenus dans le massif qui en retour sont responsables de la production de biogaz (en milieu anaérobie). Il s'agit donc d'une digestion anaérobie de la matière organique par des bactéries spécialisées (hydrolytiques, fermentatives/acétogènes, méthanogènes).

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 un bilan du potentiel de production de biogaz.

2.2 Etapes de production du biogaz

Les différentes étapes de la digestion menant à la production de biogaz sont appelées hydrolyse, acidogénèse, acétogénèse et méthanogénèse. Les bactéries vont donc dégrader la matière organique complexe progressivement comme présenté sur le schéma suivant.

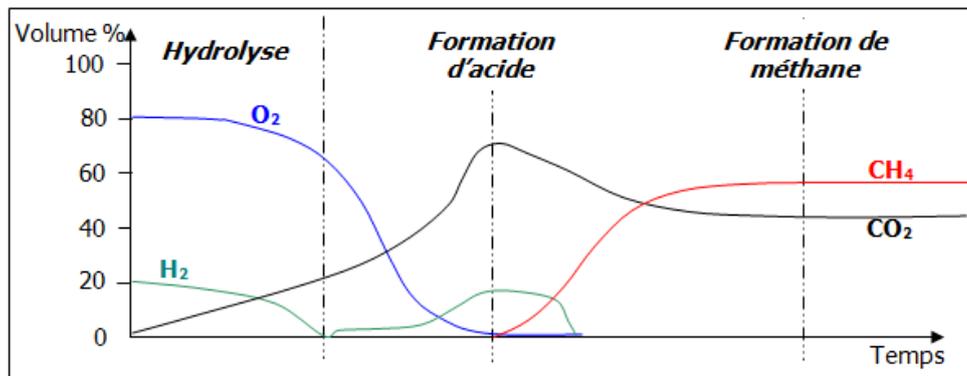
Figure 1 : Etapes de la digestion anaérobie



La méthanogénèse ne peut avoir lieu qu'en absence totale d'oxygène, avec de faibles valeurs de potentiel rédox (-490 à -550 mV) et pour des pH compris entre 6,4 et 7,8 par apport d'eau et CO₂.

La matière organique et plus particulièrement la cellulose combinée avec de l'eau produit du gaz carbonique (CO₂), du méthane (CH₄) et de l'eau sous forme de condensats.

La figure suivante synthétise la composition de l'air d'un massif de déchets au fil des principales étapes de la digestion anaérobie.

Figure 2 : Principales étapes de la production de biogaz


2.3 Paramètres influant sur la 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.

Le mode d'exploitation et de gestion des installations de stockage de déchets non dangereux 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 sous-casiers qui déterminent les conditions physico-chimiques nécessaires aux métabolismes aérobies et anaérobies de biodégradation.

Lors de l'étape de remplissage, les sous-casiers, 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. Puis, à 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.

3. Description de l'installation de stockage et mode d'exploitation

3.1 Configuration géométrique du projet et phasage d'exploitation associé

Les principales données concernant la configuration géométrique du projet sont détaillées ci-après :

- Le projet comprend 1 casier, en rehausse sur d'anciens casiers, qui comptera au total 35 sous-casiers ;
- Chaque sous-casier aura une surface au sol moyenne comprise entre 3 490 et 5 500 m², et un volume compris entre 19 726 et 107 077 m³.

En termes de phasage d'exploitation associé, les hypothèses suivantes ont été considérées :

- Le phasage d'exploitation comprend 35 phases soit 1 par sous-casier ;
- Le rythme d'exploitation est de 110 000 t/an de déchets non dangereux ;
- La densité estimée des déchets est de 0.95 ;
- La durée totale d'exploitation du casier est ainsi estimée à 14 ans.

Le principe d'exploitation du casier étant celui du bioréacteur, les lixiviats seront réinjectés dans des sous-casiers remplis et équipés de couverture intermédiaire ou finale et après mise en place du réseau de captage du biogaz.

A l'issue du remplissage des sous-casiers, deux types de couverture seront réalisés en fonction de l'avancement d'exploitation :

- une **couverture intermédiaire**, à la fin de l'exploitation de chaque sous-casier. Cette couverture sera composée d'un mètre de matériaux peu perméable du site ;
- une **couverture finale**, en fonction de l'avancement d'exploitation pour limiter l'impact paysager du projet et au plus tard 2 ans après la fin de l'exploitation du casier.

La couverture finale sera composée du bas vers le haut :

- D'un géotextile de protection ;
- D'une géomembrane PEHD de 1,5 mm d'épaisseur ;
- D'un géocomposite de protection et de drainage ;
- De 80 cm de terre végétale.

Tableau 1 : Configuration géométrique du projet et phasage d'exploitation associé

Sous-casier	Surface (m ²)	Volume utile (m ³)	Tonnage (t)	Durée d'exploitation (années)	Année d'exploitation
1	4 975	24 896	23651	0.2	1
2	5 050	29 061	27608	0.3	
3	4 900	24 361	23143	0.2	
4	4 770	30 064	28560	0.3	
5	4 250	22 330	21214	0.2	2
6	4 245	26 725	25389	0.2	
7	4 010	28 901	27456	0.2	
8	3 795	25 889	24594	0.2	
9	4 005	19 726	18739	0.2	
10	3 900	26 944	25596	0.2	3

Sous-casier	Surface (m ²)	Volume utile (m ³)	Tonnage (t)	Durée d'exploitation (années)	Année d'exploitation
11	3 980	26 573	25245	0.2	
12	4 230	30 692	29157	0.3	
13	3 995	31 814	30223	0.3	
14	5 500	45 299	43034	0.4	
15	5 170	48 210	45800	0.4	4
16	4 240	38 666	36733	0.3	4 – 5
17	4 405	62 501	59375	0.5	
18	4 270	45 489	43214	0.4	5
19	4 865	38 956	37008	0.3	
20	4 925	76 103	72298	0.7	6
21	4 950	74 247	70535	0.6	
22	4 005	28 897	27452	0.2	7
23	3 995	53 814	51123	0.5	7 – 8
24	3 870	55 774	52985	0.5	8
25	3 665	30 112	28606	0.3	8 – 9
26	3 595	22 068	20964	0.2	
27	3 490	28 315	26900	0.2	9
28	3 690	60 544	57517	0.5	
29	4 060	59 251	56288	0.5	
30	3 875	55 304	52539	0.5	10
31	3 675	106 026	100725	0.9	11
32	4 420	27 628	26246	0.2	11 -12
33	4 775	107 077	101723	0.9	12
34	5 230	86 015	81715	0.7	13 – 14
35	5 415	77 053	73200	0.7	14
Total	152 190	1 575 324	1 496 558		

3.2 Typologie des déchets enfouis

Les types de déchets admis seront conformes à ceux détaillés dans l'Arrêté Ministériel du 15 février 2016 modifié relatif aux installations de stockage de déchets non dangereux, c'est-à-dire « tout déchet qui n'est pas défini comme dangereux par le décret n°2002-540 du 18 avril 2002 ».

Les déchets non dangereux autorisés sur l'ISDND d'ARCAVI sont les déchets municipaux et les déchets non dangereux de toute autre origine (déchets industriels y compris les déchets conventionnels produits par des installations nucléaires de base).

4. Estimation de la production de biogaz

4.1 Modèle utilisé et formule de calcul

Le bilan biogaz est établi par calcul du rendement de transformation de la matière organique en méthane et s'exprime selon l'équation suivante issue de l'activité biologique anaérobie.

Le modèle utilisé pour la prédiction de l'évolution de la production de biogaz est un outil de calcul développé par GINGER BURGEAP et basé sur la méthode IPPC¹, préconisée dans le guide ADEME², dont la formule est conforme aux lignes directrices du GIEC³.

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 présente ainsi une modélisation de la production de biogaz dans les sous-casiers de stockage en post-exploitation, une fois qu'ils sont recouverts d'une couverture.

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

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

Avec,

- FE_0 : potentiel de biogaz émissile par une tonne de déchet correspondant à une dégradation totale de celui-ci
- P_i : fraction des déchets ayant une constante de dégradation k_i
- A_i : facteur de normalisation équivalent à $(1 - e^{-k}) / k$
- k_i : constante de dégradation dépendant de la biodégradabilité des déchets
- X : année d'enfouissement du déchet (1, 2, ... 50)

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 :

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

Avec,

- FE_0 : Potentiel de production de biogaz (m^3/t de déchets)
- CO_{bio} : matière organique biodégradable (kg/t de déchets) dépendant du type de déchet
- T : Température durant la méthanisation ($^{\circ}C$)

Le débit calculé en m^3 est enfin ramené en conditions normalisées de température par la formule suivante :

$$QN = Q \times 273 / (273 + T) \times P / 1,01325$$

Avec,

QN : débit normal en Nm^3 / an ;

¹ Integrated Pollution Prevention and Control

² ADEME, Outil de calcul des émissions dans l'air de CH₄, CO₂, SO_x, NO_x issues des centres de stockage de déchets ménagers et assimilés, 2002 mis à jour en 2003

³ Groupement Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat

- Q : débit calculé en m³ /an ;
T : température mesurée en °C ;
P : pression absolue mesurée en bar.

Notre modèle intègre les données recueillies et notamment le potentiel de biodégradabilité des déchets stockés. En fonction de leur typologie, les déchets ont été classés de faiblement à fortement fermentescibles, suivis d'une attribution de potentiel méthanogène respectif. Leur part de carbone organique biodégradable a également été fixée.

En effet, 1 tonne de carbone dégradée en biogaz génère 1 870 m³ de biogaz, dont 1 120 m³ de méthane. D'après le guide technique « Comment optimiser le captage du biogaz issu de décharge » (ADEME, 2007), et selon la teneur en carbone organique biodégradable, le potentiel méthanogène des déchets varie entre 40 à 120 m³ CH₄ / tonne de déchets.

Ce guide présente également des potentiels méthanogènes variant entre 100 et 0 m³ CH₄ / tonne de déchets en fonction de leur caractère fermentescible ou non.

4.2 Hypothèses prises en compte

Les calculs ont été faits sur la base des hypothèses suivantes :

- Les tonnages réels depuis 1993 fournis par ARCAVI, et disponibles en **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** ;
- Un volume total de déchets à stocker sur le nouveau casier qui est estimé à 1 575 324 m³ ;
- Un tonnage total de 1 496 558 tonnes de déchets à stocker sur le nouveau casier ;
- Une densité moyenne des déchets à 0.95 tonne/m³ a été estimée;
- Types de déchets exprimés en pourcentage (selon les types de déchets admis sur le site lors des 3 dernières années) :
 - Type 1 : déchets fortement fermentescibles à 42% ;
 - Type 2 : déchets moyennement fermentescibles à 35% ;
 - Type 3 : déchets faiblement fermentescibles à 23% ;Avec un CObio d'environ 96,95 kg/t, basé sur la répartition de déchets ;
- Un taux de captage du biogaz efficace estimé à 80% ;
- Un taux de méthane de l'ordre de 46 % (selon le taux de méthane du biogaz produit lors de 3 dernières années) ;
- Une répartition de remplissage de 35 sous-casiers exploités successivement jusqu'en 2038.

NOTA : Nous retiendrons dans nos hypothèses de calculs que les proportions des différents types de déchets enfouis et le taux de méthane résultant, seront constants durant l'exploitation de l'ISDND. Ces hypothèses sont majorantes et sécuritaires pour les résultats du bilan prévisionnel. En effet à partir de 2025 la loi imposera aux professionnels produisant majoritairement des biodéchets, qu'ils soient triés en vue d'un traitement en compostage ou en méthanisation. En conséquence les proportions de déchets fermentescibles enfouis sur l'ISDND devraient normalement se réduire après 2025.

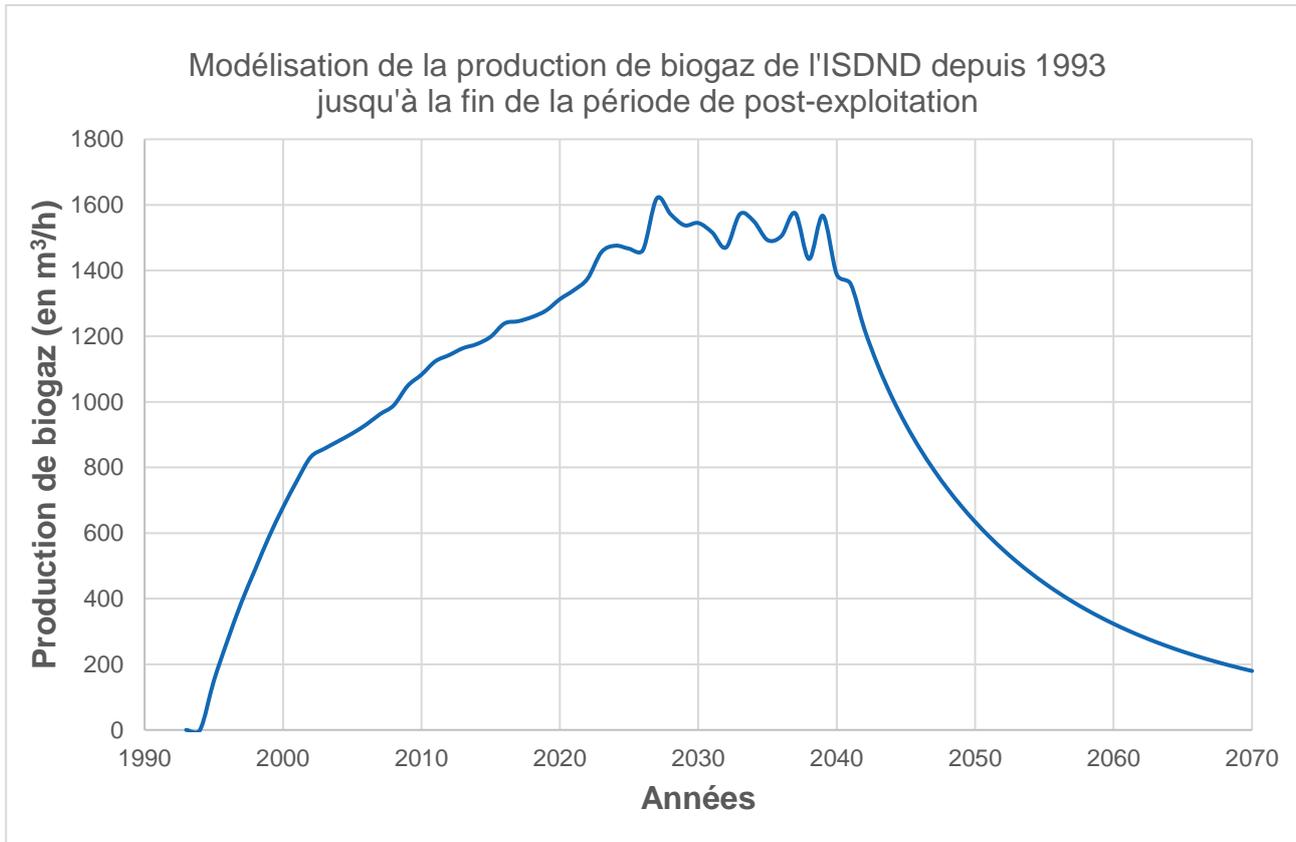
4.3 Résultats de la modélisation

Le graphique ci-après présente la production estimée au niveau de l'ISDND, en considérant la **production cumulée des casiers anciens, actuels et projetés**, selon le mode de fonctionnement et le phasage précisés précédemment, depuis 199 et jusqu'à la fin de la période de post-exploitations du futur casier.

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 le premiers sous-casiers, pendant laquelle l'humidité s'accumule au sein du massif de déchets,
- une étape pendant laquelle la production croît globalement, au gré de l'ouverture/réouverture des sous-casiers de stockage en fonction du phasage d'exploitation. 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,
- 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.

Figure 3 : Graphique de production de biogaz prévisionnel



Le débit maximal attendu au niveau de l'installation de traitement du biogaz, en considérant un taux de captage du réseau de collecte de 80%, sera d'environ 1 600 m³/h pendant toute la période d'exploitation des nouveaux sous-casiers (de 2026 à 2040). Celui-ci diminuera ensuite jusqu'à l'obtention d'un débit inférieur à 200 m³/h à la fin de la période de post-exploitation.

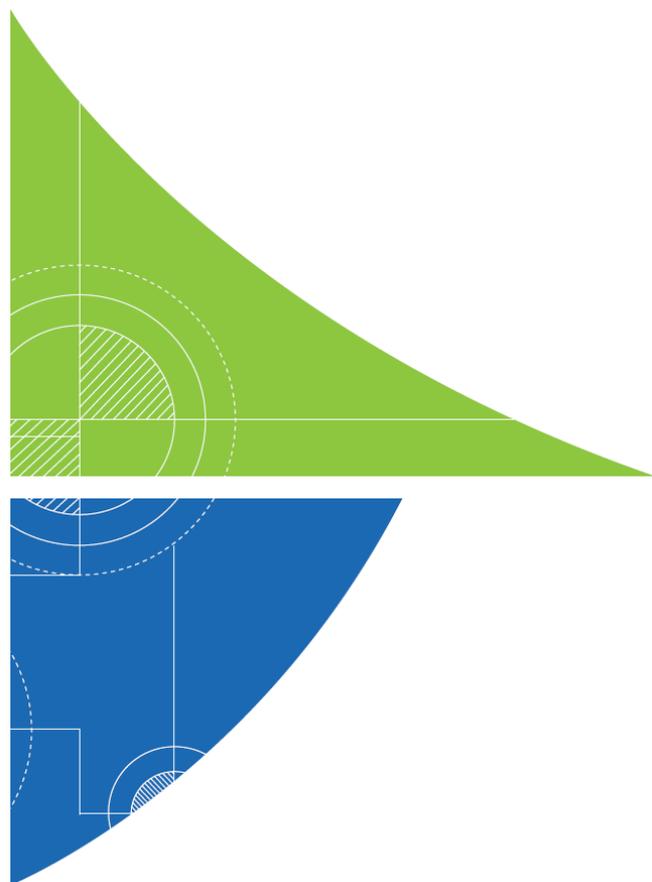
5. Conclusion : caractéristiques des ouvrages nécessaires à la bonne gestion des biogaz

Les installations de valorisation des biogaz sur le site d'ARCAVI sont dimensionnées pour traiter 2 100 m³/h de biogaz (1 200 m³/h pour la biochaude, 600 m³/h pour la WAGABOX® et 300 m³/h pour le moteur 2). A noter que le moteur 1, en fin de vie, n'a pas été pris en compte dans les calculs.

En plus de ces 2 100 m³/h pour la valorisation des biogaz, la torchère est dimensionnée pour éliminer 600 m³/h de biogaz.

Le volume maximal de biogaz produit sera de 1 600 m³/h environ. Les capacités cumulées des installations présentes sur le site apparaissent donc suffisamment dimensionnées pour valoriser et/ou traiter les biogaz produits dans le cadre du projet.

ANNEXES



Annexe 1. Tonnages enfouis depuis 1993

Cette annexe contient 1 pages.

Année	Tonnage
1993	97206.38
1994	100548.34
1995	108800.71
1996	111123.15
1997	119042.62
1998	120224.64
1999	121990
2000	122483
2001	96691
2002	93641.3
2003	93219
2004	95300.52
2005	99428
2006	98208.38
2007	120270.33
2008	109681.95
2009	115907.89
2010	104747.33
2011	106164.11
2012	101343.17
2013	107480.81
2014	120650.56
2015	102473.51
2016	105 573
2017	110 114
2018	121 124
2019	119 558
2020	127 019
2021	159 392
2022	128 731