

Sommaire

Résumé	i
Remerciements:.....	iii
Dédicace	iv
Sommaire	1
Liste d'abréviation.....	5
Liste des symboles.....	7
Liste des figures	8
Liste des tableaux	11
Introduction Générale	12
Chapitre I : Etude Bibliographique	15
Introduction	16
I.1. Partie A: Estimation du potentiel énergétique d'un Centre d'Enfouissement Technique (CET) :.....	17
I.1.1 Enjeux de biogaz :.....	17
I.1.2. Méthode de résolution appliquée :.....	18
I.1.3. Logiciel développé :.....	19
I.2. Partie B : Etude perspective sur la possibilité d'utilisation des biogaz émanant de déchets urbains et industriels à partir d'un casier d'un CET.....	20
I.2.1. Intérêt de la valorisation du biogaz:.....	20
I.2.2. Méthodologie de résolution :	20
I.2.3. Logiciel développé :.....	21
Chapitre II : Problématique et Méthode de Résolution	23
II.1 problématique :	24
II.2 Méthode de résolution :	25
II.3 Rassemblement des deux logiciels :	26

II.3.1. Simulations par le logiciel BIOlandGAS :	26
II.3.2. Simulations sur le logiciel BSS :	28
II.4.Développement de logiciel	30
II.4.1Pouvoir Calorifique :	30
- Pouvoir Calorifique Inférieur (PCI) :	31
II.4.2. Temps de recouvrement d'investissement :	31
Chapitre III : Généralités sur les machines	32
III.1 Gamme de puissance des machines :	33
III.1.1 Les moteurs :	33
III.1.2 Les Turbines à gaz :	33
III.2 Les rendements des machines :	34
III.3. Spécifications à appliquer aux gaz et aux machines :	36
III.3 Les avantages et les inconvénients des machine :	37
III.3.1 Les moteurs :	37
III.3.2 Les micro-turbines	37
III.3.3 Les Turbines à gaz :	38
III.3.4 Les turbines à vapeurs :	38
Chapitre IV : L'outil d'aide à la décision	39
IV.1. Définition de l'Aide à la décision :	40
IV.2 Paramètres d'influences sur le choix optimal :	40
IV.2.1 Les différentes caractéristiques du site :	40
IV.2.2 La puissance conditionne la technologie :	40
IV.2.4 Choix en fonction du site :	41
IV.2.5. Récapitulatif du choix technologique :	44
IV.3. Méthodes heuristique	45
• Algorithme de descente	45

Chapitre V : Guide et Simulation de logiciel Instaland	47
Introduction :	48
V.1. Guide De Logiciel :	48
V.1.1. Description de logiciel :	48
V.1.2. Exécution du logiciel : « Action to perform »	49
V.1.3. Déterminer les paramètres du modèle « Model Parametres » :	51
V.1.3. Vérification des paramètres (INPUTS REVIEW) :	53
V.1.4. Visualisation des résultats :	54
V.1.5. Affichage des résultats graphiques :	54
V.2 Simulation et discussions des résultats :	59
V.2.1. Première simulation :	59
V.2.2. deuxième simulation :	62
V.2.3. Troisième simulation :	65
Conclusion Générale	68
Références Bibliographiques.....	70

Résumé :

المخلص :

صار الدليل العلمي لظاهرة الاحتباس الحراري لا جدال فيه في السنوات الأخيرة بسبب الزيادة المستمرة في الغازات المسببة للاحتباس الحراري التي تشكل خطراً على كوكبنا وغاز الميثان (CH₄) واحد من أخطر غازات الاحتباس الحراري ومن بين مصادره انبعاثات الغاز الحيوي من مراكز ردم النفايات التقنية والتي تحتوي على ما بين 40% إلى 60% من الميثان الذي يعتبر سام 36 مرة أكثر من غاز ثنائي أكسيد الكربون وضار لصحة الإنسان والبيئة، من جهة أخرى هذا الغاز يملك قدرات حرارية وطاقوية هائلة والطريقة الأمثل لأقصاء هذا الغاز تمكن في تثمينه الطاقوي وتحويله الي كهرباء اعتماداً على أنظمة طاوقية متنوعة (توربينات، محركات....). في هذا السياق أنجز هذا العمل لأول مرة في الجزائر بالتعاون مع مخبر الابتكار وتطوير الأنظمة والمنتجات الصناعية IPSIL المتواجد بالمدرسة الوطنية المتعددة التقنيات بوهران ومن أجل تقدير الطاقة الكامنة في مراكز ردم النفايات واختيار الطريقة والأنظمة المناسبة لتثمين هذا الغاز وتقدير دراسة حول ميزانية انجاز المشروع ومدة استرجاعها اعتماداً على معادلات وعلاقات رياضية وتحويلها إلى واجهة بيانية (برنامج رقمي) الذي أطلق عليه Instaland.

الكلمات المفتاحية :

الكتلة الحيوية ، النفايات ، الكهرباء ، الغاز الحيوي ، تقدير الغاز الحيوي ، نماذج الغاز الحيوي ، الميثان ، مدافن النفايات.

ABSTRACT:

Scientific evidence of global warming has become indisputable in recent years because of a continuing increase of green house gases (GHGs) that pose a dangers to our planet and one of the most dangerous GHG is methane (CH₄) And am on game thane sources is biogas emissions from landfills that contain between 40% and 60% methane 36 times more toxic than carbon dioxide who is harmful to human health and the environment. On the other side, this gas has enormous thermal and energy potential and the best way to eliminate this gas is to valorized it and convert it in to electricity using a different energy's systems (turbines, gas engines ...). In this context this work has being doing for the first time in Algeria in collaboration with IPSIL laboratory at the National Polytechnic School of ORAN for the estimation of potential energy in the landfill make the optimal choice of an installation for the production of electricity and heat and the study of the project's budget and the duration of the recovery of this budget using a mathematical relations and equations en crypted on graphical interface (software) called Instaland.

Key words :

biomass, waste, electrification, Biogas, biogas estimation, biogas models, biomethane, Landfills.

Résumé

RESUME :

L'évidence scientifique du réchauffement planétaire est devenue incontestable depuis les dernières années à cause d'une augmentation continue des gazes à effet de serre (GES) qui représente un danger pour notre planète et l'un des plus dangereux GES est le Méthane (CH₄) et parmi les sources de méthane les émissions de biogaz des centres d'enfouissements techniques (CET) qui contiennent entre 40% jusqu'à 60% de méthane qui est 36 fois plus toxique que le dioxyde de carbone qui est néfaste pour la santé humaine et l'environnement, d'un autre côté, ce gaz a un énorme potentiel thermique et énergétique. La meilleure façon d'éliminer ce gaz est de le valoriser et le convertir en électricité en utilisant des systèmes énergétiques (turbine, moteurs ...). Dans ce contexte, ce document est réalisé en collaboration avec laboratoire IPSIL (Industrial Products & Systems Innovation Laboratory) à l'Ecole Nationale Polytechnique d'ORAN ENPO pour la première fois en Algérie dans le but d'estimer le potentiel énergétique d'un CET donné et faire le choix optimal d'une installation pour la production d'électricité et de chaleur et l'étude sur le budget du projet et la durée de la récupération de ce budget et tout ça à partir des équations de relations mathématiques chiffré en interface graphique (logiciel) appelé Instaland.

Mots Clés :

Biomasse, déchets, électrification, biogaz, estimation du biogaz, modèles de biogaz, bio méthane, décharges.

Remercîments

Remercîments :

Dédicaces

Dédicace :

Liste d'abréviation

ADEME :	Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie
BPC :	Bi-phényles Poly-chlorés Cancérogènes.
BT:	Transformation Basse.
COV :	Composés organiques volatils.
CAA :	Clean Air Acte.
ENPO :	L'école National Polytechnique d'Oran. .
GBA :	German Biogas Association.
GES :	Gaz à Effet de Serre.
GIEC :	Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat.
ISD :	Installation du Stockage des Déchets.
IPSIL :	IndustrialProducts & Systems Innovation Laboratory.
Ktep :	Kilos Tonnes Equivalant pétrole.
LES :	Lieu d'Enfouissement Sanitaire.
MEBC :	Ministry of Environment of British Columbia.
MSW :	Municipal Solid Waste.
Mtep :	Méga Tonne Equivalant Pétrole.
OM :	Ordures Ménagères.
ONG :	Organisation Non Gouvernementale.
PED :	Pays en Développement.
PET :	Potentiel d'EvapoTranspiration.
POPs :	Polluants Organiques Persistants.
TAM :	Température Annuelle Moyenne.

Liste d'abréviation

- TEP: Tonnes Equivalent Pétrole.
PCI : Pouvoir Calorifique Inférieur.
PCS : Pouvoir Calorifique Supérieur.
TAV : Turbine à vapeur.
TAG : Turbine à gaz.

Liste des Symboles :

A : le prix total du système installé (DA)

B : le prix de la maintenance annuel + autres tarifs (DA/an)

C : le prix de vente d'électricité (DA / ans)

k : Coefficient de perméabilité.

kWe : Kilowatt électrique

MWe : Mégawatt électrique

MW : Mégawatt

KW : Kilowatt

Pe : Puissance électrique [KW].

Pth : Puissance thermique [KW].

T : Température [k].

y : Fraction molaire [%].

M= quantité de déchet enfouie [tonne déchet].

C : le prix de vente d'électricité / ans

C₀ = quantité de matière organique dans le déchet enfoui [kg matière organique/tonne déchet].

C_{ij}: la concentration de la matière organique biodégradable de classe i par unité de masse de déchets [Kg/tonne].

C_{ij}⁰: concentration initiale [Kg/tonne].

ds : dimension de la fraction solide.

K = constante de vitesse de génération de méthane [unité de temps⁻¹] [an⁻¹]

K_i : constance cinétique de réaction pour les déchets de catégories j [an⁻¹].

L₀ = potentiel de génération de méthane [m³/Mg].

M = quantité de matière enfouie à l'année considérée [exprimée en unité de masse de matière enfouie] [Mg].

M_{ij}: masse de la catégorie de déchets i à l'année j [tonnes].

Q_{CH₄} = génération annuelle de CH₄ après n années [unité de volume ou de masse produite par unité de temps] [m³/an].

t = année considérée pour le calcul [an].

t = âge de la matière enfouie [années]

t_j : durée du stockage [an].

Liste Des Figures

Liste des Figures :

figure 1.1 : Fenêtre d'introduction de BIOlandGAS.....	19
figure 1 2 : Algorithme de logiciel.....	21
figure 1 3 : Description de logiciel.....	22
figure 2.1 : Les paramètres fixes durant les simulations.....	26
figure 2.2 : Résultats tabulés de la simulation pour un casier classique	27
figure 2.3 : Résultats graphiques de la simulation pour un casier classique.....	28
figure 2.4 : Affichage résultat 6ème simulation.....	29
figure 2.5 : Tableau de comparaison	29
figure 2.6 : graphe comparatif globale	30
figure 3.1 : Gamme de puissance des différentes marques de moteurs à biogaz	33
figure 3.2 : Gamme de puissance des turbines à gaz.....	34
figure 3.3 : Comparaison des puissances des différentes micro-turbines.....	34
figure 3.4 : Rendement électrique en fonction de la puissance des différentes machines de Production d'électricité à partir de biogaz	35
figure 3.5 : Zoom sur les rendements en fonction des petites puissances	35
figure 3.6 : Rendement thermique en fonction du rendement électrique des moteurs à gaz....	36
figure 4.1 : choix entre un moteur à gaz et une micro-turbine	41
figure 4.2 : Méthanisation à la ferme	42
figure 4.3 : Centre de stockage de déchet.....	43
figure 4.4 : Station d'épuration	43
figure 4.5 : Choix en fonction de la valorisation thermique.....	44
figure 5.1: Fenêtre d'introduction de logiciel Instaland.....	48
figure 5.2 : Les actions à performer sur Instaland.....	49
figure 5.3 : Fenêtre des simulations précédente sur Instaland.....	49

Liste Des Figures

figure 5.4 : Les caractéristiques du CET sur Instaland.	50
figure 5.5 : Les caractéristiques du modèle sur Instaland.	51
figure 5.6 : Les caractéristiques du modèle sur Instaland.	53
figure 5.7 : Les caractéristiques du modèle sur Instaland.	53
figure 5.8 : La fenêtre des résultats tabulaires de Instaland.	54
figure 5.9 : Représentation graphique de Instaland.	55
figure 5.10 : Représentation graphique de Instaland.	55
figure 5.11 : Choix de mode de simulation.	56
figure 5.12 : Insertion des paramètres	56
figure 5.13 : Calcule de puissance électrique.	57
figure 5.14 : Affichage final des résultats	57
figure 5.15 : Tableau de comparaison	58
Figure 5.16 : Graphe comparatif globale	58
Figure 5.17 : Insertion des données.....	59
Figure 5.18 : Insertion des paramètres	60
Figure 5.20 : calcule de puissance.....	60
Figure 5.21 : Affichage des résultats.....	61
Figure 5.22 : Affichage tabulaire des résultats.....	61
Figure 5.23 : Affichage graphique des résultats.....	61
Figure 5.24 : Insertion des données.....	62
Figure 5.25 : Insertion des paramètres	63
Figure 5.26 : calcule de puissance.....	63
Figure 5.27 : Affichage des résultats.....	64
Figure 5.28 : Affichage tabulaire des résultats.....	64
Figure 5.29 : Affichage graphique des résultats.....	64
Figure 5.30 : Insertion des données.....	65

Liste Des Figures

Figure 5.31 : Insertion des paramètres	66
Figure 5.32 : calcul de puissance.....	66
Figure 5.33 : Affichage des résultats.....	67
Figure 5.34 : Affichage tabulaire des résultats.....	67
Figure 5.35 : Affichage graphique des résultats.....	67

Liste Des Tableaux

Liste des tableaux :

Tableau 3.1 : Données des constructeurs selon certains paramètres	37
Tableau 3.2 : les avantages et les inconvénients des moteurs	37
Tableau 3.3 : les avantages et les inconvénients des micro-turbines	37
Tableau 3.4 : les avantages et les inconvénients des Turbines à gaz	38
Tableau 3.5 : les avantages et les inconvénients des Turbines à vapeur	38
Tableau 4.6: Tableau récapitulatif de la pertinence des machines en fonction des caractéristiques du site	44
Tableau 5.1 : Valeur de k (Methane Generation Rate) recommandées par le LandGEM	52
Tableau 5.2 : Valeur de L0recommandées par le LandGEM.....	52

Introduction Générale

Introduction Générale :

L'évidence scientifique du réchauffement planétaire est devenue incontestable depuis les dernières années. Elle démontre que certains gaz à effet de serre (GES) ne cessent d'augmenter en concentration dans l'atmosphère malgré les efforts de contrôle déployés par l'humanité. C'est le cas du méthane (CH₄), qui, entre 2007 et 2011, a augmenté jusqu'à près de 1803 part per billion (ppb) après être demeuré à une concentration constante entre 1999 et 2006 (Intergouvernemental Panel on Climate Change (IPCC), 2013). [1]

La réduction des émissions anthropiques de GES doit demeurer une cause prioritaire, et nos sociétés doivent continuer à instaurer des mesures de contrôle novatrices.

L'interdiction future de l'enfouissement des matières organiques représente une mesure considérable dans la lutte aux émissions de GES, car elle élimine le précurseur de la génération de CH₄ lors de la dégradation anaérobie dans sites d'enfouissement.

La gestion des déchets dans les pays en développement (PED), rencontre de très nombreuses difficultés, tant du point de vue technique, économique, que méthodologique et organisationnel.

Les causes de ces difficultés sont connues, en premier lieu l'exode rural et la métropolisation des villes avec ses conséquences dans le domaine de l'habitat, de l'éducation, de la santé et de l'environnement, et en deuxième lieu la mauvaise gouvernance. Confrontés à des problèmes de planification, de gestion et de financement, les responsables locaux n'ont pas pu maîtriser l'implantation des populations les plus démunies dans les zones les plus exposées. Les principales difficultés rencontrées sont les suivantes :

- des infrastructures urbaines inopérantes (voirie, réseau téléphonique et électrique, adduction d'eau d'assainissement, collecte de déchets),
- un financement très irrégulier des dépenses,
- des problèmes de fonctionnement et de maintenance des équipements de base,
- des personnels sous qualifiés et le manque chronique de données locales.

La ville peut être considérée comme un écosystème qui, pour vivre, croître et se régénérer extrait du milieu naturel des ressources et les rejette dans le même milieu : ses besoins sont énormes compte tenu de sa croissance exponentielle.

Observant les différents risques et dangers du biogaz enterré dans le casier des centres d'enfouissements techniques (CET) à travers le pays, tels que : d'importantes fuites de ce gaz délétère à effet de serre aussi que de nombreuses explosions qui se produisent trop

Introduction Générale

fréquemment dans plusieurs CET du territoire national, les nouvelles pathologies mortelles qui se développent au sein des populations en contact de ce gaz.

Ainsi qu'en 2015 l'Algérie a ratifié l'accord de Paris sur le climat qui confit à atteindre une réduction de 7% des émissions de gaz à effet de serre à l'horizon 2030.

Il est donc plus qu'impératif de trouver une solution à cette problématique qui est d'ordre multidimensionnelle (santé public, environnementale, économique...).

La valorisation énergétique de ce biogaz émanant des CET est donc la meilleure réponse à cette problématique.

Dans cette ordre d'idée, nous avons effectué une visite suivie au Laboratoire d'Innovation De Produits & Systèmes Industriels (**IPSIL**) de l'Ecole Nationale Polytechnique d'Oran (ENPO) qui a reçu différentes propositions d'installations de système de valorisation énergétique du biogaz issu des CET venant de la part de plusieurs sociétés étrangères et qui sont respectivement les suivantes **DORANOVA** (Finlande) : Ils conçoivent, construisent et délivrent des usines (clés en main) de biogaz à partir de livraisons de sous-processus. **MARCOPOLO ENVIRONMENTAL GROUP** (Italie) : Les activités du sont plusieurs et peuvent être subdivisées en.

Ce travail est une suite des deux projets ont réalisé sur l'estimation du potentiel énergétique d'un CET [2] est réalisé et l'étude sur la possibilité d'utilisation de biogaz émanant des déchets urbain industrielles à partir d'un casier de CET [3] en collaboration avec laboratoire IPSIL pour la première fois en Algérie dans le but de crée un outil numérique pour estimer le cout d'investissement et la durée de récupération d'argent investis.

Ce mémoire est reparti comme suit :

- Une recherche bibliographique sous forme d'un résumé sur les deux premiers projets (estimation du potentiel énergétique et la l'étude perspective de l'utilisation de l'énergie dérivé de biogaz d'un CET)
- Dans le deuxième chapitre on va citer la problématique de projet et les méthodes de résolution
- Une généralité sur les différents systèmes de production d'électricité a partir de biogaz
- Proposer un algorithme d'aide a la décision basé sur la méthode heuristique
- Créé un logiciel d'aide a la décision (sous forme d'interface graphique) et présenter son guide d'utilisation
- Evaluation par simulation la quantité et le débit moyen du biogaz, l'énergie produite, le choix optimal de système de valorisation et la durée de récupération de cout d'investissement

Chapitre I : Etude Bibliographique

Chapitre I : Etude Bibliographique

Introduction

Le biogaz est un gaz résultant du processus de dégradation biologique des matières organiques. Il est 36 fois plus polluant et plus toxique que le CO₂.

Observant les différents risques et dangers du biogaz enterré dans le casier des centres d'enfouissements techniques (CET) à travers le pays, tels que : d'importantes fuites de ce gaz délétère à effet de serre aussi que de nombreuses explosions qui se produisent trop fréquemment dans plusieurs CET du territoire national, les nouvelles pathologies mortelles qui se développent au sein des populations en contact de ce gaz.

Ainsi qu'en 2015 l'Algérie a ratifié l'accord de Paris sur le climat qui confie à atteindre une réduction de 7% des émissions de gaz à effet de serre à l'horizon 2030. Il est donc plus qu'impératif de trouver une solution à cette problématique qui est d'ordre multidimensionnelle (santé public, environnementale, économique...)

A la suite de cela, une série de réunions s'est tenues. Des échanges d'avis divers et des visites sur le terrain (CET de Blida, CET de Hassi Bounif Oran) ont été réalisés. Une participation au séminaire tenu à l'ENPO et organisé par le laboratoire Industrial Products and Systems Innovation Laboratory (IPSIL) ayant pour titre « Valorisation Du Biogaz ». [2] [3] Deux projets furent réalisés dans le but de:

Partie A: la première étude permettait de quantifier le biogaz des déchets ménagers et les possibilités d'utilisation de biogaz sous forme des logiciels. Cela s'est réalisé sous la forme d'un logiciel de calcul permettant l'estimation du potentiel énergétique d'un CET

Parti B: La deuxième étude permettait de chercher la voie optimale pour la valorisation énergétique du biogaz émanant d'un CET donné.

Notre intérêt à ces deux études est que nous prenons la suite de ce projet qui est la valorisation énergétique des déchets urbains sous la forme de production électrique. Nous décrivons dans ce qui suit le travail réalisé.

Chapitre I : Etude Bibliographique

I.1. Partie A: Estimation du potentiel énergétique d'un Centre d'Enfouissement Technique (CET) :

I.1.1 Enjeux de biogaz :

La gestion des déchets dans les pays en développement (PED), rencontre de très nombreuses difficultés, tant du point de vue technique, économique, que méthodologique et organisationnel. La production croissante des déchets dans les PED a provoqué la multiplication de grandes décharges sauvages un peu partout, autour des grandes villes, sans compter celles qui naissent et grandissent d'elles-mêmes, dans les terrains vagues à l'intérieur des villes. Cette augmentation est liée à la croissance démographique et au développement économique et social du pays. [4]

Les casiers des centres de stockage doivent être considérés comme des réacteurs ouverts dont on doit maîtriser au mieux les entrées (déchets, eaux), les sorties (lixiviat, biogaz, envols), les mécanismes réactionnels (évolution du massif de déchets) et les impacts sur l'environnement : eaux (eaux de surface et souterraines), sols (migration des polluants organiques et minéraux), air (émission des gaz à effet de serre), écosystème naturel et humain. La conception et l'exploitation du centre de stockage de déchets doivent permettre une maîtrise de la production du lixiviat, du biogaz, et une limitation des nuisances : odeurs, animaux, incendies, explosions, bruit, pollution des sols, des eaux, effet de serre et risques sanitaires en tenant compte des contraintes techniques, économiques, etc.

Le mot "biogaz" évoquerait plutôt une substance sympathique produite par une fermentation de compost, quoi qu'un peu odoriférante. Les biogaz contiennent certaines substances hautement toxiques et cancérigènes, qui le rendent très dangereux à respirer directement. L'idée est de les brûler sur place au moyen de torchères. Mais leur combustion à une température en-dessous de 1200°C génère différentes dioxines et hydrocarbures lourds, dont la réputation n'est plus à faire. Il faut donc discerner les différents risques toxicologiques. [5]

Les odeurs fortes, putrides, irritantes ou irrespirables générées par les fuites de biogaz, avec des pics intolérables associés au vent (directions privilégiées, ou bien chutes prolongées), à la température, ou à certaines conditions saisonnières. Aux environs immédiats de certains CET (500m à 2.5km), les odeurs peuvent être tellement insupportables que les habitants en perdent le sommeil, se calfeutrent à l'intérieur de leurs maisons, tout en ayant renoncé une fois pour toutes à l'idée de profiter du dehors, de jardiner, ou de pouvoir jamais

Chapitre I : Etude Bibliographique

espérer prendre leur petit déjeuner ou manger sur leur terrasse avec des amis... A noter que la production de biogaz à partir d'une masse donnée s'étale sur un cycle de... 40-50 ans, autant dire non pas une tranche, mais une moitié de vie humaine. [6] [7]

I.1.2. Méthode de résolution appliquée :

Plusieurs modèles ont été élaborés pour simuler la production du biogaz dans les décharges. Ces modèles sont fonction de nombreux paramètres et prennent en compte les procédés biologiques, les différentes catégories composant les ordures ménagères, les transferts de matière et de chaleur, Deux types de modèles sont possibles pour la prédiction de la production du biogaz. : Un modèle stœchiométrique basé sur les différentes équations chimiques ayant lieu dans le massif et un modèle cinétique des réactions physico-chimiques et biochimiques traduit par des équations mathématiques. Pour le cas d'étude, il a été choisi le modèle cinétique a cause de son large utilisation et la disponibilité de ces paramètres.

I.1.2.1. Modèle cinétiques d'ordre 1 (Hoeks, 1983) : [8]

Les hypothèses sont les suivantes:

- La masse des déchets enfouit varie et la concentration de la matière organique est constante pendant que le casier est opérationnel
- La diminution de la quantité de la masse des déchets organique et on fonction de la concentration des OM par une équation exponentielle

On obtient l'équation suivante :

$$Q_{CH_4} = L_0 \sum_j \sum_i M_{ij} C_{ij} k_i (t_j)^{ds/2} e^{-K_i t_j} \quad 1$$

Avec :

L_0 : Potentiel de production de méthane d'ordure en (m^3 /tonne).

ds : Dimension de la fraction solide.

K_i : Constance cinétique de réaction pour les déchets de catégories j (an^{-1}).

t_j : Durée du stockage (année).

M_{ij} : Masse de la catégorie de déchets i à l'année j (tonnes).

C_{ij} : La concentration de la matière organique biodégradable de classe i par unité de masse de déchets (Kg/tonne).

C_{ij}^0 (Kg/tonne) : concentration initiale.

$$C_{ij} = C_{ij}^0 \times (1 - e^{-K_i t_{ij}}) \quad 2$$

Chapitre I : Etude Bibliographique

I.1.3. Logiciel développé : [2]

Le logiciel (interface) BIOlandGAS est basé sur une équation de taux de décomposition de premier ordre pour quantifier les émissions provenant de la décomposition des déchets mis en décharge dans les sites d'enfouissement des déchets mondiaux. Le logiciel fournit une approche d'estimation des émissions de gaz d'enfouissement.

Les valeurs par défaut sont basées sur des données empiriques provenant des sites d'enfouissement des États-Unis. Les données de test de terrain peuvent également être utilisées à la place des valeurs par défaut du modèle lorsque celles-ci sont disponibles.

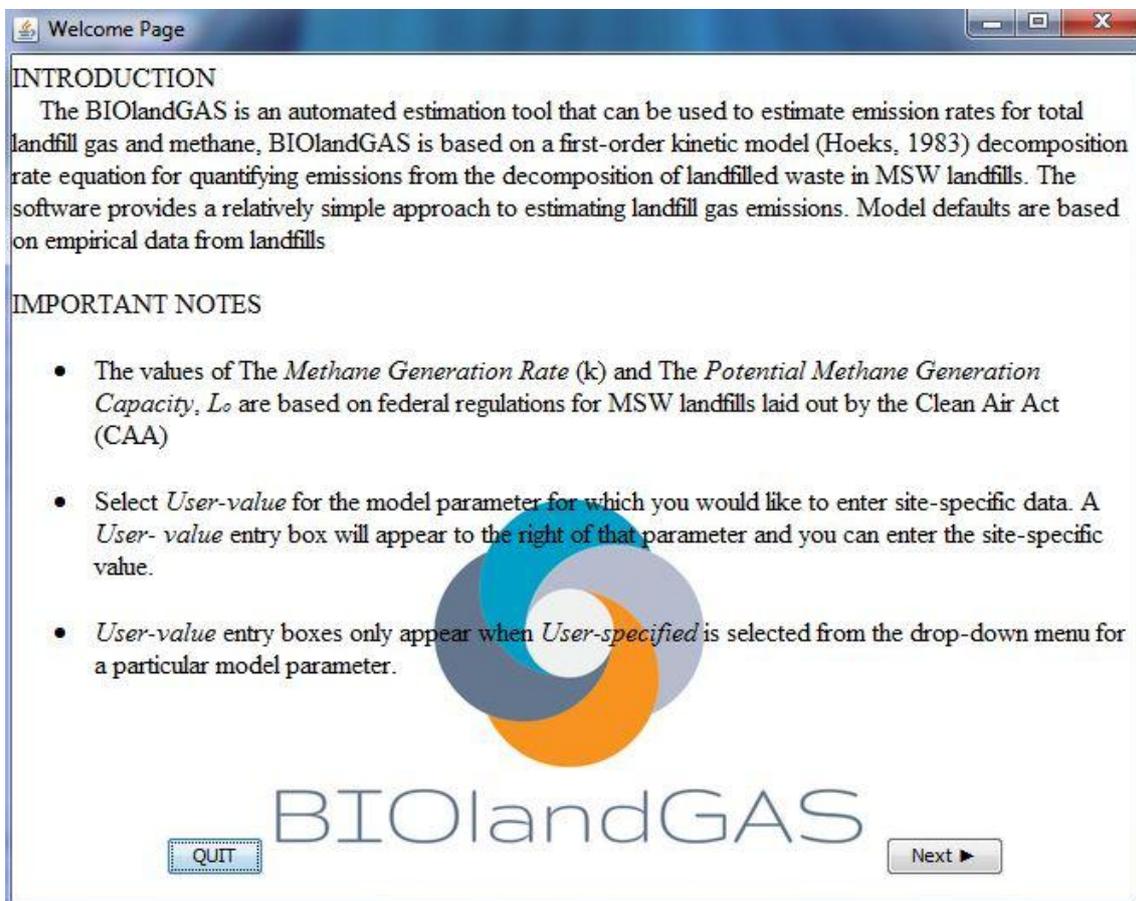


figure 1.1 : Fenêtre d'introduction de BIOlandGAS.

I.2. Partie B : Etude perspective sur la possibilité d'utilisation des biogaz émanant de déchets urbains et industriels à partir d'un casier d'un CET

I.2.1. Intérêt de la valorisation du biogaz: [3]

La valorisation énergétique des gaz et plus spécifiquement le biogaz émanant des CET répond à cette problématique. Dans cette ordre d'idée, le laboratoire IPSIL a reçu différentes propositions d'installations de système de valorisation énergétique du biogaz issu des CET venant de la part de plusieurs sociétés étrangère.

I.2.2. Méthodologie de résolution :

I.2.2.1. Définition des systèmes d'aide à la décision (DSS) : [9]

Les systèmes d'aide à la décision (DSS) sont destinés à faciliter les prises de décision au niveau de l'entreprise. Un système d'aide à la décision bien conçu est un logiciel interactif qui aide les décideurs à dégager des informations utiles à partir de données brutes, de documents, de connaissances personnelles et de modèles métier, afin d'identifier et résoudre des incidents et prendre des décisions.

Généralement, une application d'aide à la décision regroupe les informations suivantes:

- Ensemble des informations en cours.
- Dans un contexte bien précis, conséquences des différentes décisions possibles, compte tenu de l'expérience passée.

Chapitre I : Etude Bibliographique

I.2.2.2. L'Algorithme de logiciel d'aide à la décision :

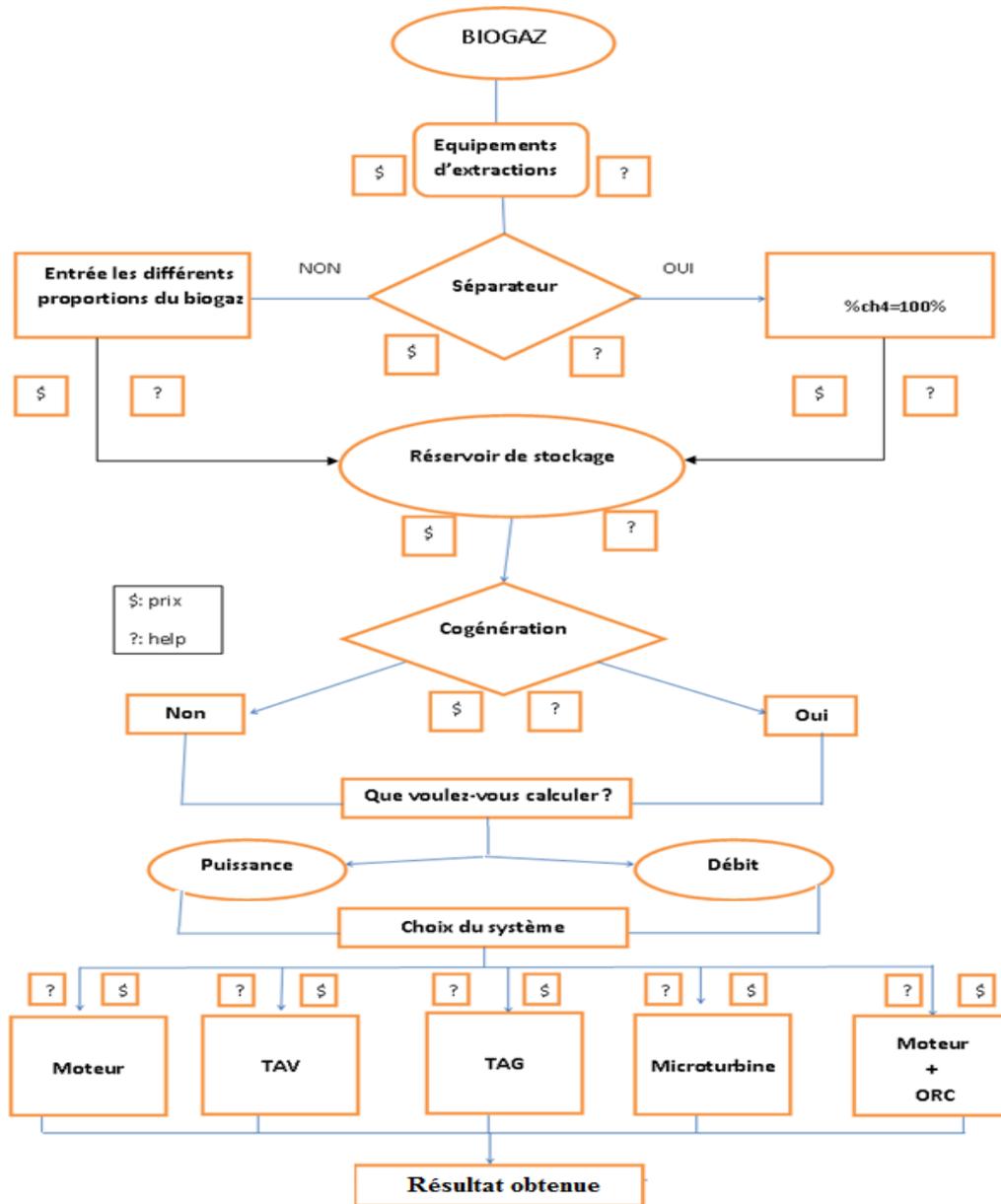


figure 1 2 : Algorithme de logiciel.

I.2.3. Logiciel développé :

C'est un outil de simulation qui permettra à l'utilisateur de faire un choix optimal de son installation pour la production d'électricité et de chaleur en utilisant le biogaz d'un CET donné.

Cet outil permettra de calculer les paramètres suivants:

- ✓ Débit volumique du biogaz
- ✓ Puissance électrique
- ✓ Puissance thermique

Chapitre I : Etude Bibliographique

- ✓ Puissance global
- ✓ Prix d'investissement total
- ✓ Prix remboursé par l'état
- ✓ Prix net (Prix d'investissement total- Prix remboursé par l'état)

Ainsi il permet de tracer des tableaux et des graphes afin de pouvoir comparer les différents résultats obtenus par simulations.



figure 1 3 : Description de logiciel.

En conclusion, le Logiciel BIOlandGAS est le premier outil de prédiction de la production de biogaz en Algérie. Il est basé sur un modèle cinétique des réactions physico-chimiques et biochimiques traduit par des équations mathématiques

Un outil numérique est créé: c'est le logiciel BIOlandGAS. Il permet de simuler les calculs nécessaire à l'évaluation de quantité de biogaz présente dans n'importe quel CET et sous diverses conditions (climatologique, géographique, classe...etc). Ce logiciels conçu est un outil de simulation qui permettra à l'utilisateur de faire un choix optimal (Méthode Heuristique de Descente) de son installation pour la production d'électricité et de chaleur en utilisant le biogaz d'un CET donné.

Cet outil permettra de calculer plusieurs paramètres tel que : le débit biogaz, la puissance thermique et électrique ainsi de prévoir le tarif d'un tel investissement et faire une comparaison entre ces différents paramètres sous forme des tableaux et des graphes.

Chapitre II : Problématique et Méthode de Résolution

Chapitre II : Problématique et Méthode de Résolution

II.1 problématique :

A l'invitation du laboratoire IPSIL (*Industrial Products & Systems Innovation Laboratory*) à L'école National Polytechnique d'Oran (ENPO), une rencontre s'en est suivit avec Monsieur Pr BENABEDALLAH Tawfik, directeur du laboratoire IPSIL, et le chef de service de CET (Centre d'Enfouissement Technique) de Hassi Bounif Melle DAHMANE Sanaa. La discussion s'est portée sur la situation catastrophique des CET en Algérie.

A la suite de cela, une série de réunions s'est tenues. Des échanges d'avis divers et des visites sur le terrain (CET de Blida, CET de Hassi Bounif Oran) ont été réalisés.

Une participation au séminaire tenu à l'ENPO et organisé par le laboratoire IPSIL ayant pour titre « Valorisation Du Biogaz » en 2016.

Lors de ce séminaire, nous avons eu l'opportunité de rencontrer:

- ✓ les représentants la société finlandaise **DORANOVA** qui est ont pour activité principale la conception, la construction et délivrent des usines (clés en main) de biogaz à partir de livraisons de sous-processus.
- ✓ Les représentants du Groupe italien **MARCOPOLO ENVIRONMENTAL GROUP** (Italie) : Les activités du sont plusieurs et peuvent être subdivisées en:

Compte tenu des caractéristiques physiques et chimiques extrêmement riches des ordures ménagères Algérienne, et par conséquent l'abondance du biogaz aux centres d'enfouissement techniques en Algérie, les entreprises italienne et finlandaise *MARCO-POLO et DORANOVA* ont proposés des offres pour valoriser le biogaz du CET de Hassi Bounif à Oran.

Dans ce contexte, le laboratoire IPSIL a proposé comme premier projet de fin d'étude, de réaliser un outil de calcul qui permettra de calculer, pour n'importe quel CET, la quantité de Biogaz que recèlerai le casier et le second projet s'est porté sur l'étude sur la possibilité de valorisation du biogaz émanant des déchets urbain industrielles à partir d'un casier de CET.

Ces deux projets ont été réalisés en 2017. Deux logiciels furent développés sous la forme d'interfaces numériques et cela dans le but d'estimer le potentiel énergétique d'un CET et la possibilité d'utilisation de biogaz des déchets municipaux.

Chapitre II : Problématique et Méthode de Résolution

Suite à une deuxième participation au séminaire tenu à l'ENPO et R20 MED et organisé par le laboratoire IPSIL et DORANOVA ayant pour titre « *Valorisation énergétique des déchets ménagers* » 2017 Laboratoire IPSIL a proposé un troisième projet consiste à :

1. Une recherche bibliographique sur les différentes méthodes de la production d'électricité.
2. Une recherche économique sur les différentes installations.
3. Choix optimal d'un système doit être adopté dans la transformation de biogaz en énergie.
4. Développer un algorithme (logiciel) de simulation pour les CET en Algérie.
5. évaluation par simulation de l'énergie produite et les couts d'investissement pour la réalisation de projet.

Dans cet ordre d'idée, le présent projet consiste à résoudre cette problématique. Pour cela, la méthode de résolution est décrite dans ce qui suit.

II.2 Méthode de résolution :

Notre travail consiste à prendre la suite des deux projets déjà réalisés (deux logiciels). Pour cela nous avons procéder comme suit :

- ✓ Une étude approfondie sur les différentes méthodes et techniques de production électrique
- ✓ Fonctionnement, avantages et inconvénients de chaque système.
- ✓ Etude des modèles mathématiques permettant :
 - Evaluer la quantité de méthane ou du biogaz dégagé par un casier de CET.
 - Sélectionner un choix optimal (par la méthode Heuristique de Descente) de l'installation de production d'électricité à partir du biogaz d'un CET
- ✓ Apprentissage des deux logiciels déjà développés.
- ✓ Rassemblement des deux logiciels déjà cités en un seul outil de calcul.
- ✓ 2.4 Développement de ce dernier, en rajoutant la partie économique et faisabilité du projet.

II.3 Rassemblement des deux logiciels :

II.3.1. Simulations par le logiciel BIOlandGAS :

Cette partie représente les différentes simulations sur le logiciel **BIOlandGAS**. Tous les cas possibles sont exécutés et cela pour pouvoir évaluer les variations des résultats lorsque l'on fixe les paramètres du CET pris en compte.

Pour cela, on prendra le CET de Hassi Bounif d'Oran comme un cas d'étude.

On considère que :

- Le casier est opérationnel depuis l'année 2010 et que sa fermeture s'est faite en 2015.
- Une quantité de déchets journalière de 1200 (tonne/jour), donc, la quantité des déchets enfouis est 438000 (tonne/an)
- Pour le cas de notre pays, les casiers renferment 60% de matière organique et le biogaz présent contient 50% de méthane comme l'indique la figure (2.1)

USER INPUTS

Landfill Characteristics

Landfill name: CET HASSI BOUNIF ORAN

Landfill open year: 2010

Landfill closure year: 2015

Organic waste: 60 %

Waste Acceptance Rates

Year	tons/year
2010	438000
2011	438000
2012	438000
2013	438000
2014	438000
2015	438000

Model Parameters

Methane (CH4) content: 50.0 %

figure 2.1 : Les paramètres fixes durant les simulations.

Chapitre II : Problématique et Méthode de Résolution

II.3.1.1. Simulation :

Les paramètres choisis dans la première simulation sont proposés par Clean Air Act (CAA) pour un casier classique (condition standard d'enfouissement) [10] :

- ✓ Constance cinétique de réaction (K) : 0.05 an⁻¹
- ✓ Potentiel de production de méthane d'ordure : 170 (m³/tonne)

Les résultats de la simulation sont représentés dans le tableau suivant:

Year	Methane CH4 (m3/year)	Landfill Gas per year (m3/year)
2010	0.0	0.0
2011	4249712.637058759	8499425.274117518
2012	8001070.5346563095	1.600214106931262E7
2013	1.1934620513729973E7	2.3869241027459946E7
2014	1.5921332046690706E7	3.1842664093381416E7
2015	1.9870551862274446E7	3.974110372454889E7
2016	5269533.627793878	1.0539067255587757E7
2017	1574407.4531130106	3148814.9062260212
2018	520824.89264023537	1041649.7852804707
2019	188188.23883309288	376376.4776661858
2020	73466.88992313884	146933.77984627767
2021	30713.258948261784	61426.51789652357
2022	13648.486672070278	27296.973344140555
2023	6407.0916120499005	12814.1832240998
2024	3160.428639203955	6320.85727840791
2025	1630.6053655235446	3261.210731047089
2026	876.4716350257278	1752.9432700514556
2027	489.09670617224805	978.193412344496
2028	282.4744682439065	564.948936487813
2029	168.38400907475017	336.76801814950034
2030	103.34669429315166	206.69338858630329
2031	65.16471770175013	130.32943540350027
2032	42.129755609294875	84.25951121858976
2033	27.877119776594323	55.75423955318865
2034	18.848769813357638	37.697539626715276
2035	13.00321884820993	26.00643769641986
2036	9.140363808158938	18.280727616317876
2037	6.538563097221967	13.077126194443936
2038	4.754585758970308	9.509171517940617
2039	3.5107446238987245	7.021489247797449
2040	2.6297962407018076	5.259592481403615
2041	1.9966091545801257	3.9932183091602513
2042	1.535157281001389	3.070314562002778
2043	1.1944508669281602	2.3889017338563203
2044	0.9397877595628944	1.8795755191257888
2045	0.7472219463848535	1.494443892769707
2046	0.6000115970225186	1.2000231940450372
2047	0.4863064247075788	0.9726128494151576
2048	0.3976191826712564	0.7952383653425127
2049	0.3278034495517667	0.6556068991035334
2050	0.2723608666895366	0.5447217333790731

figure 2.2 : Résultats tabulés de la simulation pour un casier classique

Chapitre II : Problématique et Méthode de Résolution

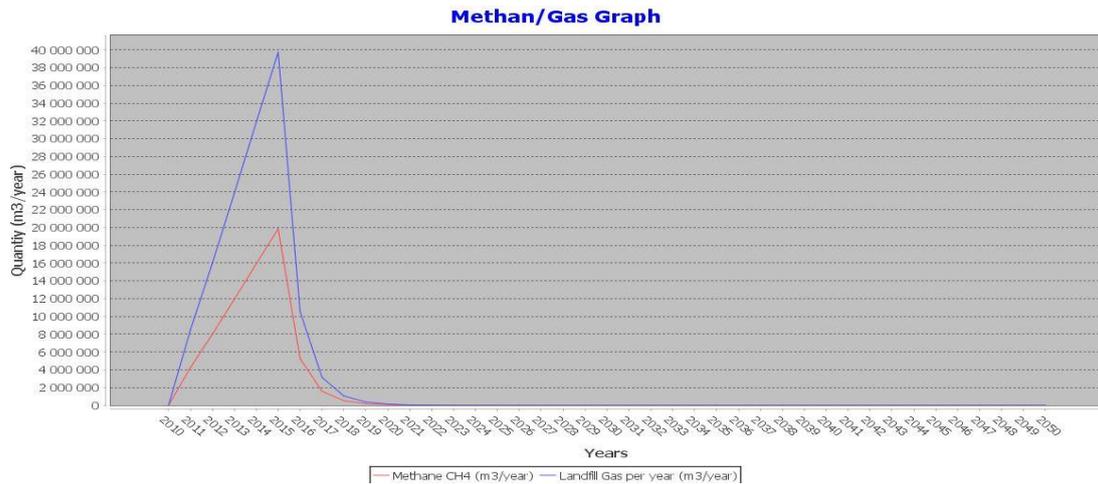


figure 2.3 : Résultats graphiques de la simulation pour un casier classique.

II.3.1.2. Discussions des résultats :

En remarque depuis la figure (2.2) et la figure (2.3) une production croissante de biogaz en fonction de la quantité des déchets enfouis pendant que le casier est opérationnel.

Après la fermeture de casier en 2015, la quantité de biogaz diminue en fonction de la diminution exponentielle de la concentration de la matière organique suivant l'équation (2).

II.3.2. Simulations sur le logiciel BSS :

II.3.2.1. Simulation :

Les paramètres remplis sont les suivants :

- Utilisation du séparateur : **Non**
- Proportions du biogaz :
 - **CH₄ : 45%**
 - **CO : 0%**
 - **H₂ : 0%**
 - **H₂S : 0%**
- Utilisation d'un système de cogénération : **Oui**
- Puissance thermique : **1MW**
- Système choisis : **Turbine à gaz**
- Rendement électrique : **30%**
- Rendement thermique : **40%**

Chapitre II : Problématique et Méthode de Résolution

Les résultats de cet essai sont affichés dans la (Figure 2.4).

Results

Prix total 0.0 \$ Argent versé par l'état 0.0 \$ Prix net 0.0 \$

Débit pour le rendement choisi 591.01654 m3 / h Débit théorique (Rendement max) 236.40662 m3 / h

Puissance Électrique 750.0 KW Puissance Thermique 1000.0 KW

Puissance totale 1750.0 KW

Etes vous satisfait ?

Oui Non

Retour Terminer

* en choisissant "oui" les résultats seront sauvegardés
** Prix net = Prix total - Argent versé par l'état

figure 2.4 : Affichage résultat 6ème simulation

Commentaire :

Pour obtenir 1MW de chaleur et 0.75MW d'électricité avec un système de cogénération de 40% de rendement thermique et 30% de rendement électrique, il nous faut environ 591 m³/h de biogaz non purifié (45% CH₄).

- Le tableau (Figure 2.5) affiche tous les résultats des simulations faites d'une manière organisé pour faciliter à l'utilisateur de faire des comparaisons.

Num	Systeme Utilisé	Séparateur	Cogénération	Débit (m3/h)	Puissance Électrique (KW)	Puissance Thermique (KW)	Puissance totale (KW)	Prix Total (\$)	Argent versé par l'état (\$)	Prix net (\$)
1	Turbine à Gaz	Oui	Non	264.7464	1000.0	0.0	1000.0	0.0	0.0	0.0
2	Moteur	Non	Non	574.7403	1000.0	0.0	1000.0	0.0	0.0	0.0
3	MicroTurbine	Oui	Oui	287.43893	1000.0	1085.7142	2085.7144	0.0	0.0	0.0
4	Turbine à Vapeur	Oui	Non	300.0	656.04	0.0	656.04	0.0	0.0	0.0
5	Moteur + ORC	Oui	Oui	300.0	1252.4398	1133.1599	2385.5996	0.0	0.0	0.0
6	Turbine à Gaz	Non	Oui	591.01654	750.0	1000.0	1750.0	0.0	0.0	0.0

Quitter Dessiner graphe

figure 2.5 : Tableau de comparaison

Chapitre II : Problématique et Méthode de Résolution

- Le graphe suivant (Figure 2.6) représente des colonnes systèmes de chaque simulation faite.

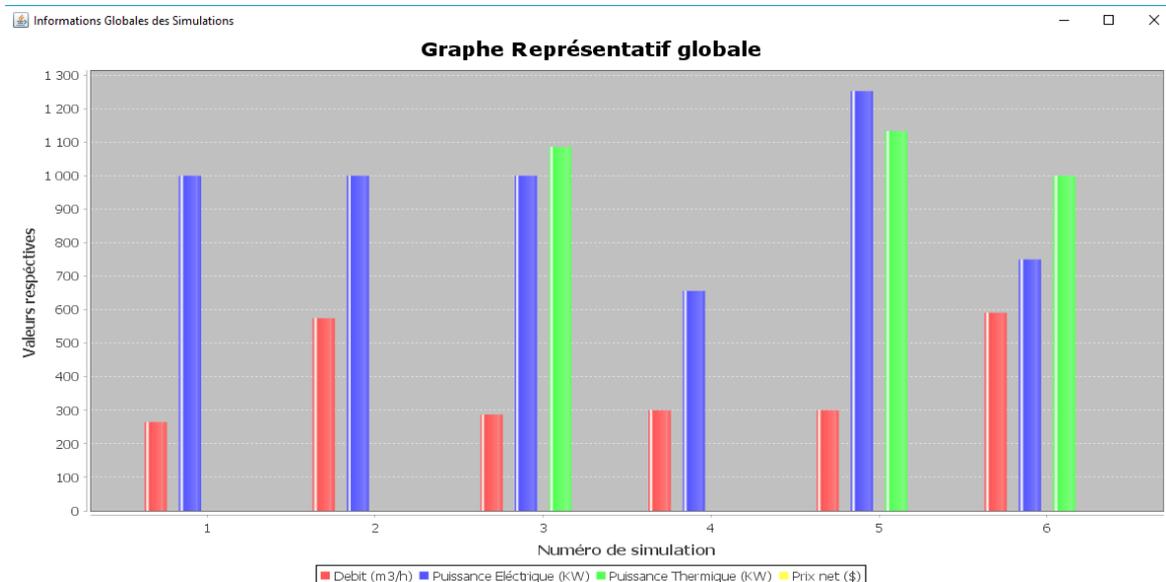


figure 2.6 : gratphe comparatif globale

II.3.2.2. Discussion des résultats :

Comparant entre les différentes simulations faites on remarque bien que :

- la simulation contient la valeur du débit la plus élevée par contre la valeur la plus basse est contenue dans la 1^{ère} simulation.

II.4. Développement de logiciel

II.4.1 Pouvoir Calorifique : [18]

Le pouvoir calorifique d'un combustible est la quantité de chaleur produite par sa combustion, à pression constante et dans les conditions dites "normales" de température et de pression (c'est à dire à 0°C et sous une pression de 1 013 mbars).

Le pouvoir calorifique permet ainsi de comparer entre eux différents combustibles (gaz, fioul, bois...) afin de savoir lequel est susceptible de produire le plus de chaleur lors de sa combustion. Il s'exprime en quantité de chaleur par quantité de combustible :

-Pour le gaz en kWh/m³

-Pour le fioul en kWh/kg

Chapitre II : Problématique et Méthode de Résolution

- Pouvoir Calorifique Inférieur (PCI) : [19]

On peut déduire le PCI par unité de masse d'un combustible pur caractérisé par la composition $\text{CH}_y\text{O}_{x_b}$ par la formule expérimentale suivante exprimée en MJ/kg :

PCI = enthalpie de réaction / masse molaire

$$\text{PCI} = [(393.6 + 102.2 y - (110.6 + 204.4 y) x) / (1 + y)] / [12 + y + 16 x]$$

Cette formule est applicable pour tous les combustibles, qu'ils soient fossiles ou issus de la biomasse. Néanmoins, le PCI donne l'énergie pour un combustible pur (c'est-à-dire non dilué par un agent supplémentaire comme de l'eau).

II.4.2. Temps de recouvrement d'investissement :

Le temps nécessaire pour récupérer l'argent investi est calculé avec l'équation suivante :

$$A + B * t = C * t$$

Avec :

A : le prix total du système installé

B : le prix de la maintenance annuel + autres tarifs

C : le prix de vente d'électricité / ans

t : temps en jeux [ans]

***Chapitre III : Généralités
sur les machines***

Chapitre III : Généralités sur les machines

Cette partie est là pour regrouper les informations pratiques concernant les installations de production d'électricité à partir de gaz issus de biomasse. Ce guide est là pour aider les acteurs de la mise en place et l'exploitation des installations en servant de référentiel.

III.1 Gamme de puissance des machines : [11]

Les moteurs, turbines et micro turbines se positionnent sur différentes gammes de puissance.

III.1.1 Les moteurs :

La puissance des moteurs se situe entre 30 kW et 3,6 MW.

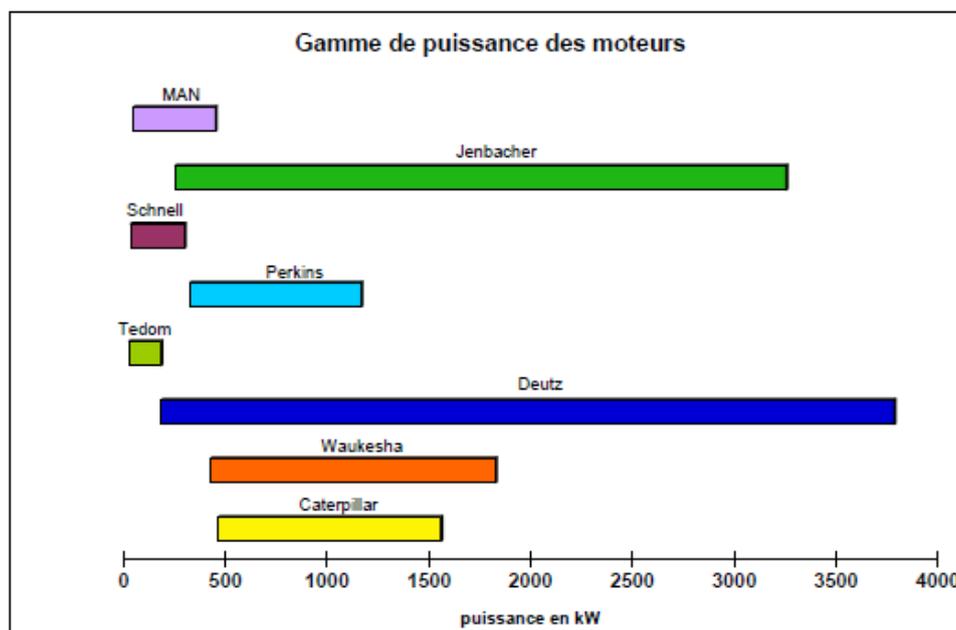


figure 3.1 : Gamme de puissance des différentes marques de moteurs à biogaz

III.1.2 Les Turbines à gaz :

Les turbines à gaz se situent sur des puissances très élevées de 1,2 à 15 MW.

Chapitre III : Généralités sur les machines

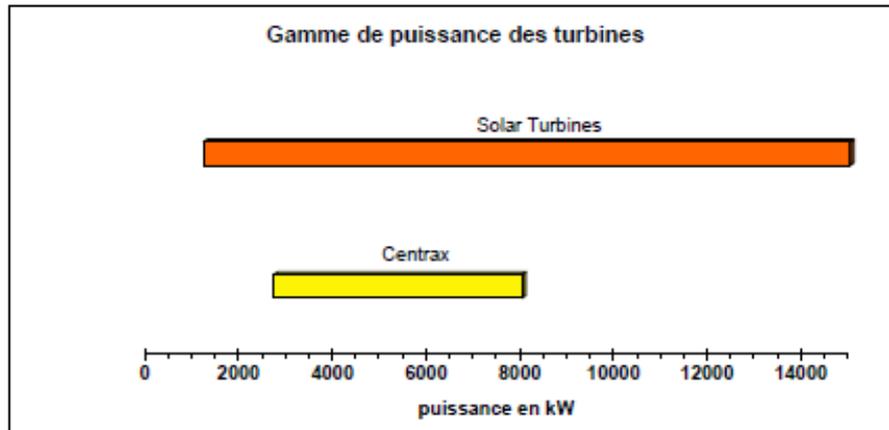


figure 3.2 : Gamme de puissance des turbines à gaz

III.1.3 Les micro-Turbines :

Les micro-turbines sont des machines à petite puissance comprise entre 30 et 250 kW.

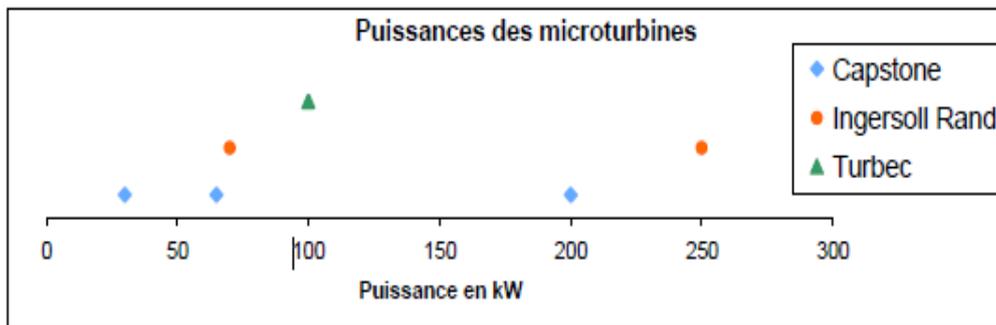


figure 3.3 : Comparaison des puissances des différentes micro-turbines

Il existe encore peu de microturbines sur le marché. Actuellement en France, les microturbines qui sont le plus distribuées sont des microturbines Capstone.

III.2 Les rendements des machines : [11]

Les rendements des machines, que soit le rendement électrique ou rendement thermique, varient en fonction :

- du type de machine : par exemple les moteurs ont généralement un rendement supérieur à celui des turbines ;
- de la marque de la machine notamment pour les moteurs ;
- de la puissance : des moteurs de la même marque ont leur rendement qui varient en fonction de leur puissance. Généralement, les moteurs de petite puissance ont un moins bon rendement que ceux de puissance plus élevée.

Chapitre III : Généralités sur les machines

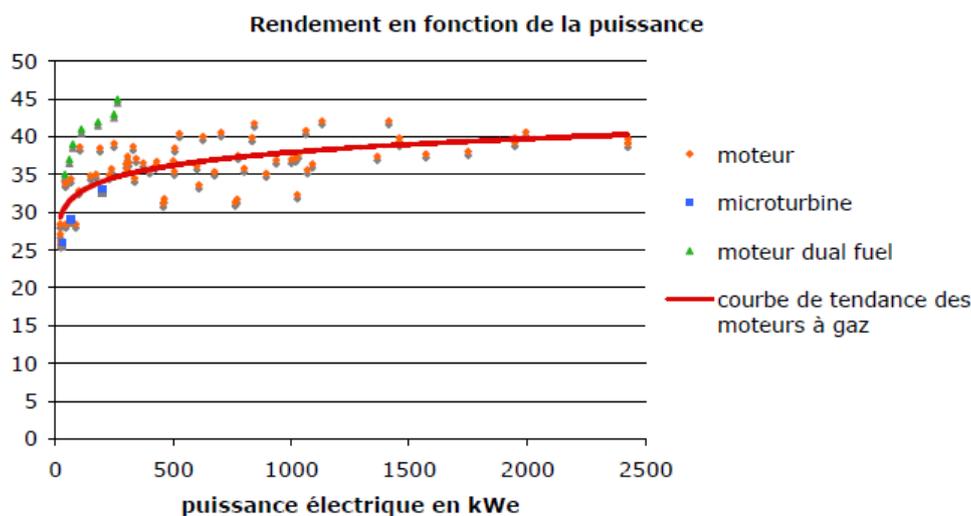


figure 3.4 : Rendement électrique en fonction de la puissance des différentes machines de Production d'électricité à partir de biogaz

On peut remarquer que plus la puissance diminue plus le rendement électrique se dégrade.

Les rendements électriques des moteurs se situent en majorité entre 40 % et 33 %.

Les moteurs, qui ont des rendements en dessous de 30 %, sont des moteurs de faible puissance.

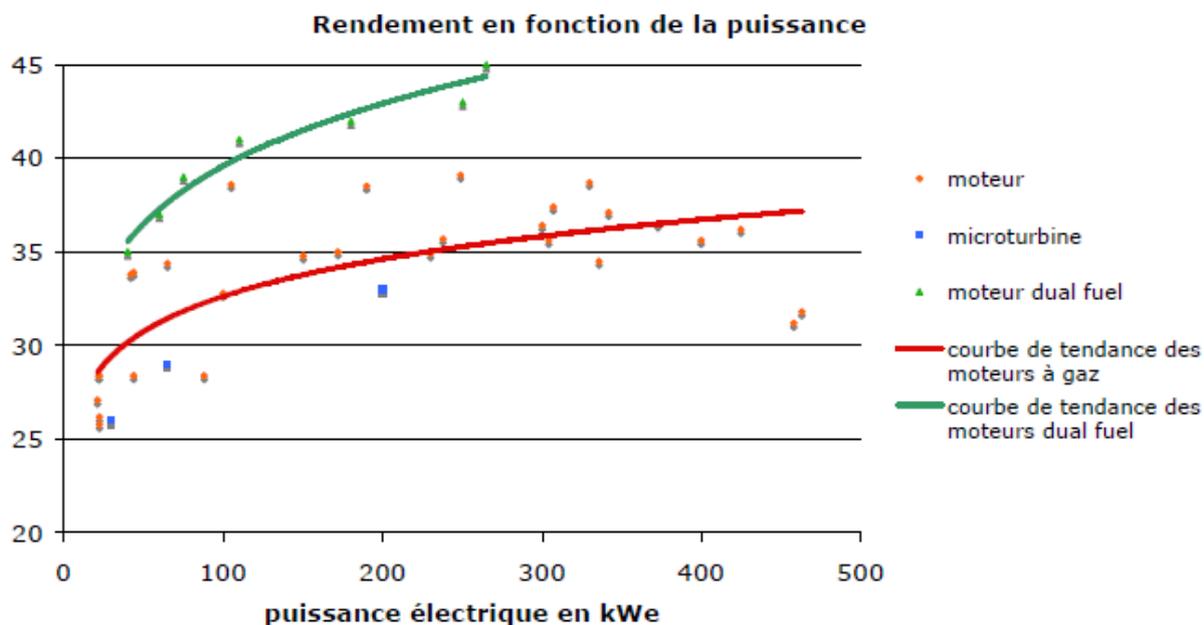


figure 3.5 : Zoom sur les rendements en fonction des petites puissances

Chapitre III : Généralités sur les machines

On peut remarquer que les moteurs duals fuels ont un rendement nettement supérieur à celui des moteurs à gaz. C'est l'atout de ces moteurs.

En revanche, comme celui des microturbines est bien inférieur aux rendements de la plupart des moteurs dans cette gamme de puissance.

Le rendement électrique est une caractéristique à prendre en considération car plus le rendement est bon, plus la production électrique est importante.

On peut également s'intéresser au rendement thermique. Si on a un besoin de chaleur le rendement thermique indique quelle puissance thermique la machine peut dégager.

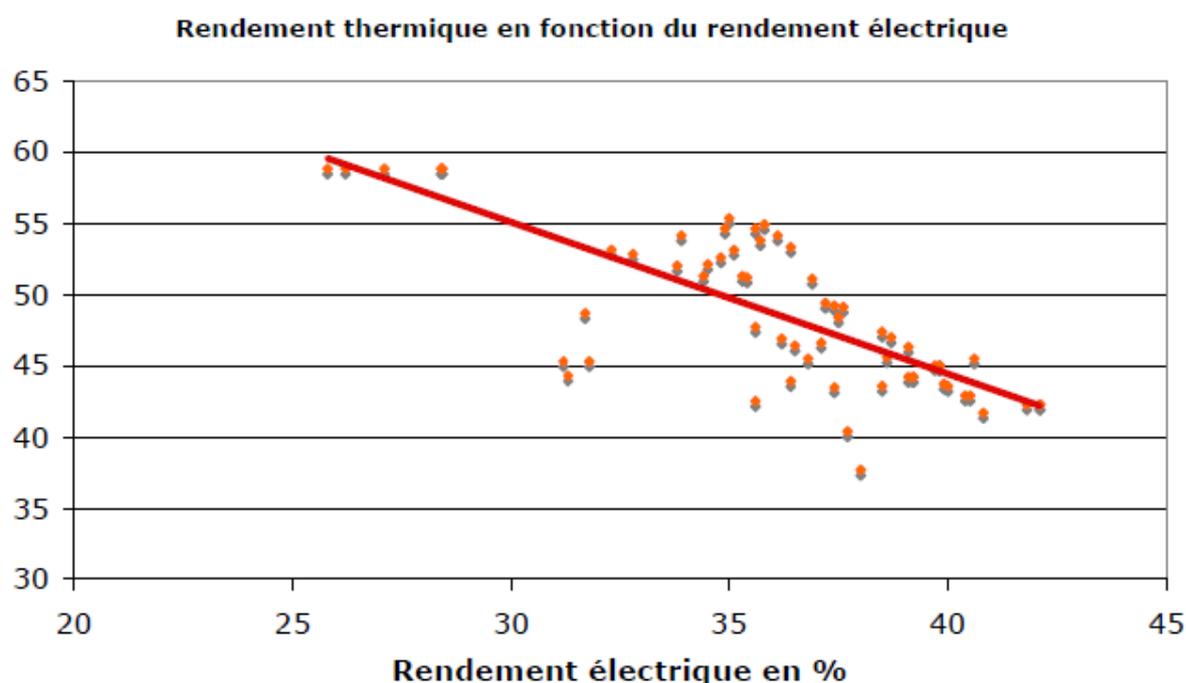


figure 3.6 : Rendement thermique en fonction du rendement électrique des moteurs à gaz

Le rendement thermique est inversement proportionnel au rendement électrique. En effet, plus le rendement électrique sera bon, plus le rendement thermique sera faible. Le rendement thermique est important si on a besoin de chaleur. Mais aujourd'hui, avec le rachat de l'électricité, on favorise plus souvent le rendement électrique, en s'accommodant de la puissance thermique produite

III.3. Spécifications à appliquer aux gaz et aux machines :

Chaque constructeur a établi des spécifications appliquées au gaz en entrée de la machine. Ces spécifications sont des limites à respecter pour garantir le bon fonctionnement de la

Chapitre III : Généralités sur les machines

machine. Il faut donc veiller à ce que la composition, les caractéristiques du gaz correspondent à ces spécifications.

Contaminant	Moteur					Microturbine	Turbine
	Jenbacher	Deutz	Caterpillar	Waukesha	MAN	Capstone	Centrax
CH ₄ mini/maxi	38/60%	50/70%	45/65%	46/50%	-	35/ ?%	32/50%
Variation CH ₄	0,5%/30sec	-	+/-10%rel	+/-5%	-	-	-
Pression	80-100mbar	80-100mbar	>70mbar	25-1000mbar	-	-	-
Température max	40°C	50°C	-	60°C	-	50°C	-

Tableau 3.1 : Données des constructeurs selon certains paramètres [11]

NB : Les informations manquantes sont un manque de renseignements des constructeurs. Les données fournies par les constructeurs n'étant pas toutes dans les mêmes unités, elles ont été converties, afin d'avoir une harmonisation des unités. Ces spécifications sont susceptibles d'évoluer.

III.3 Les avantages et les inconvénients des machine :

III.3.1 Les moteurs : [12]

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • Bon rendement : 32 à 42 %. • Fonctionnement même en présence des impuretés (siloxanes, soufre, COV). • avec une maintenance adaptée. • Gamme étendue de 40 kW à 3MW. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pollution (NOx, CO). • Entretien élevé : Consommables (huile, bougies...). • Maintenance importante.

Tableau 3.2 : les avantages et les inconvénients des moteurs

III.3.2 Les micro-turbines : [13]

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • Maintenance réduite (une seule pièce tournante, pas de vidange...) • Peu de consommable (pas d'huile) • Valorisation des gaz pauvres : (>35 % de méthane) • Peu de pollution NOx et CO (environ 10 fois moins que les moteurs) 	<ul style="list-style-type: none"> • Faible rendement : 26-33 % • Très sensible aux siloxanes (traitement quasiment obligatoire) • Gamme restreinte (30-65-200 kW) • Coût d'investissement un peu plus élevé

Tableau 3.3 : les avantages et les inconvénients des micro-turbines

Chapitre III : Généralités sur les machines

III.3.3 Les Turbines à gaz : [13]

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none">• Faible encombrement.• Excellent rapport Puissance / Poids.• Bon rendement.• Faibles émissions de polluant.• Mise en route rapide.• Équipements auxiliaires « bon marché ».	<ul style="list-style-type: none">• Combustibles propres donc coûteux (les gaz brûlés se détendent directement dans la turbine).• Performances dépendant des conditions extérieures (dégradées si T augmente ou si P diminue).

Tableau 3.4 : les avantages et les inconvénients des Turbines à gaz

III.3.4 Les turbines à vapeurs : [13]

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none">• Convient à tous types de combustible.• Très bon rendement global > 0,85.• Coût d'entretien modique.• Durée de vie élevée.• possible d'effectuer des soutirages de vapeur à divers stades de détente pour les usages thermiques.	<ul style="list-style-type: none">• Investissement élevé• Faible rendement jusqu'à 25%• Nécessite une source d'eau

Tableau 3.5 : les avantages et les inconvénients des Turbines à vapeur

*Chapitre IV : L'outil d'aide
à la décision*

Chapitre IV : L'outil d'aide à la décision

IV.1. Définition de l'Aide à la décision : [11]

Cette partie donne des éléments qui permettent de choisir la technologie de production d'électricité en fonction des caractéristiques principales du site. Ces éléments peuvent aiguiller l'ensemble des acteurs, y compris les clients tels que les collectivités locales, dans leurs choix. Toutefois, ces éléments doivent être des outils de références, ils ne remplacent en aucun cas des études de faisabilités, où les différentes technologies peuvent être comparées. L'objectif de cette partie est proposé un cadre de référence afin de fiabiliser les projets.

Pour cela, nous énumérons dans ce qui suit, les différents paramètres d'influences dans le choix optimal que doit réaliser l'utilisateur du logiciel développée dans le cadre de ce présent travail.

IV.2 Paramètres d'influences sur le choix optimal : [11]

IV.2.1 Les différentes caractéristiques du site :

De nombreux paramètres conditionnent le choix de la machine (moteurs, turbines, micro-turbines, etc...). Les principaux à prendre en considération sont :

- ✓ la puissance électrique installée,
- ✓ la stabilité du taux de méthane,
- ✓ la teneur en méthane,
- ✓ la qualité du biogaz et la forme de valorisation de la chaleur souhaitée.

Parmi les caractéristiques d'un site, il est important de déterminer ces paramètres. Les technologies, qui produisent de l'électricité à partir de biogaz, ne sont pas égales face à ces paramètres, chacune présentant des avantages dans certaines conditions. Par exemple, si le taux de méthane est faible, une turbine fonctionnera mieux qu'un moteur, mais s'il est supérieur à 39 % alors un moteur sera peut être plus intéressant car il aura un meilleur rendement électrique.

IV.2.2 La puissance conditionne la technologie :

Les quatre technologies principales (moteur à gaz, moteur dual fuel, turbine, microturbine) se placent sur différentes gammes de puissance.

Chapitre IV : L'outil d'aide à la décision

- En dessous de 30 kWe, on trouvera uniquement des moteurs à gaz ou dual fuel.
- Entre 30 kWe et 250 kWe, il y a le choix entre moteur à gaz ou dual fuel ou microturbine.
- Entre 250 kWe et 1,2 MWe, on trouvera des moteurs à gaz ou dual fuel. Dans certains cas, on peut également choisir de mettre plusieurs microturbines en parallèles.
- Au dessus de 1,2 MWe, on trouve des moteurs à gaz et des turbines à gaz.

En fonction de la puissance électrique que peut fournir le site, on aura donc le choix entre deux ou trois technologies différentes.

4.2.3 Choix entre un moteur à gaz et une microturbine :

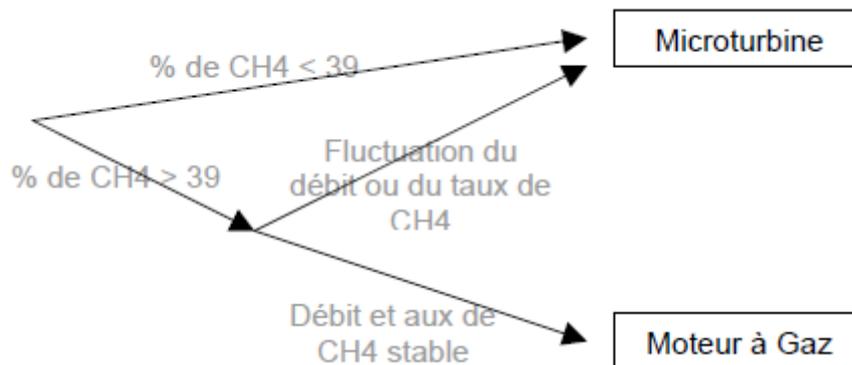


figure 4.1 : choix entre un moteur à gaz et une micro-turbine

L'intérêt de la microturbine est qu'elle peut fonctionner à faible charge (jusqu'à 25 % de la charge nominale, 50 % pour les moteurs) et avec de faibles teneurs en méthane (jusqu'à 35 % de méthane). La microturbine supporte donc mieux que les moteurs ces conditions.

Il faut tout de même ne pas négliger l'étude économique, en effet elle peut révéler une différence considérable de temps de retour sur l'investissement. Le rendement électrique des microturbines étant moins bon que celui des moteurs, elles génèrent moins d'électricité donc moins de revenus.

IV.2.4 Choix en fonction du site :

On retrouve des caractéristiques communes par type de site de production de biogaz. On peut notamment distinguer les installations à la ferme des centres de stockages de déchets et des stations d'épuration.

Chapitre IV : L'outil d'aide à la décision

IV.2.4.1. Méthanisation à la ferme :

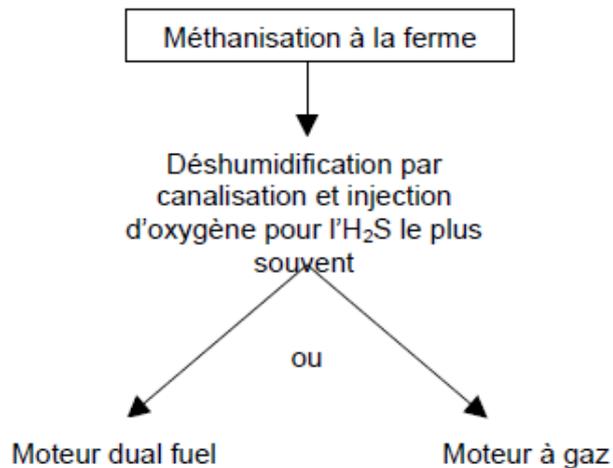


figure 4.2 : Méthanisation à la ferme

Dans le cas d'une installation à la ferme, le choix va se faire majoritairement entre un moteur à gaz et un moteur dual fuel. En effet, les microturbines sont moins adaptées à ces installations. Le biogaz produit par une installation à la ferme est généralement stable aussi bien en quantité qu'en qualité puisque les entrants sont normalement constants. Les moteurs correspondent donc bien à ces sites et auront un meilleur rendement que les microturbines. De plus, le traitement nécessaire au fonctionnement des microturbines est contraignant et pas vraiment rentable pour de petites installations.

Sur la plupart des petites installations, ce sont des moteurs duals fuels qui sont installés. Même si aujourd'hui les rendements des moteurs à gaz augmentent, ceux des moteurs duals fuels restent un peu plus élevés. Cette technologie est donc souvent privilégiée.

Chapitre IV : L'outil d'aide à la décision

IV.2.4.2. Centre de stockage de déchet :

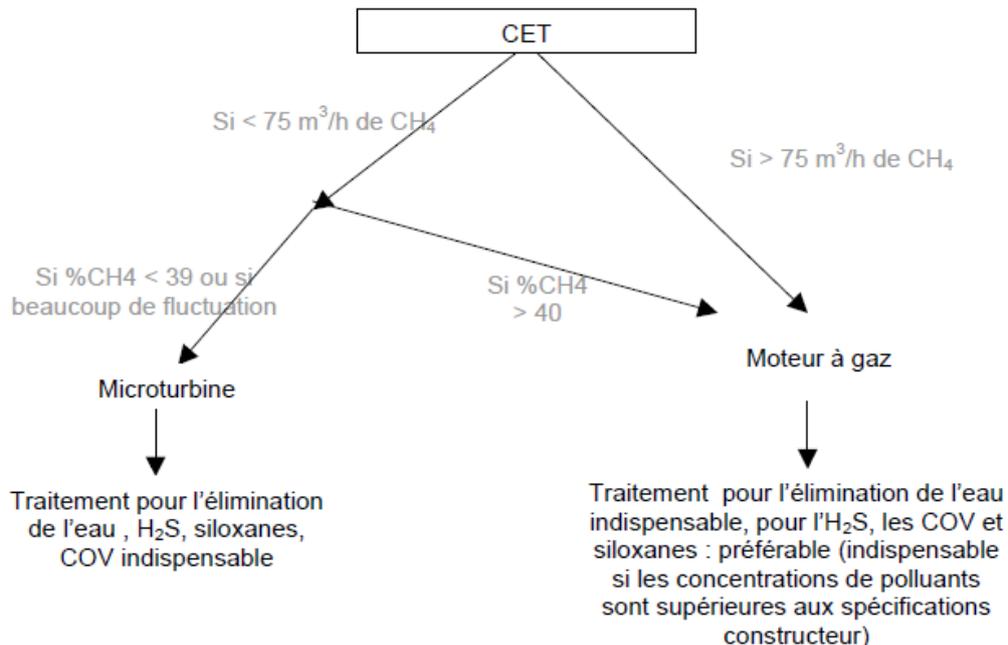


figure 4.3 : Centre de stockage de déchet

Sur des décharges, le choix entre les trois principales technologies est plus compliqué.

De manière générale, les microturbines sont intéressantes sur les sites de petite puissance (avec un débit de méthane inférieur à 75 m³/h), surtout si les caractéristiques du biogaz ne sont pas très bonnes (faible teneur en méthane, fluctuations importantes). Par ailleurs, une nouvelle microturbine, Capstone C200, a une puissance de 200 kW et un rendement électrique de 33 %. Sur certains sites de plus 75m³/h de méthane où les caractéristiques du biogaz ne sont pas très adaptées aux moteurs, il sera peut-être intéressant d'installer ces microturbines.

IV.2.4.3. Station d'épuration :

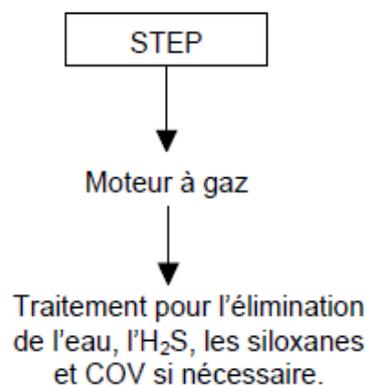


figure 4.4 : Station d'épuration

Chapitre IV : L'outil d'aide à la décision

Sur les stations d'épurations, la teneur en méthane du biogaz est souvent autour de 65 % et est relativement stable. Dans ces conditions, le moteur à gaz est la technologie qui présente le plus d'intérêts et convient parfaitement.

IV.2.4.4. Choix en fonction de la valorisation thermique :

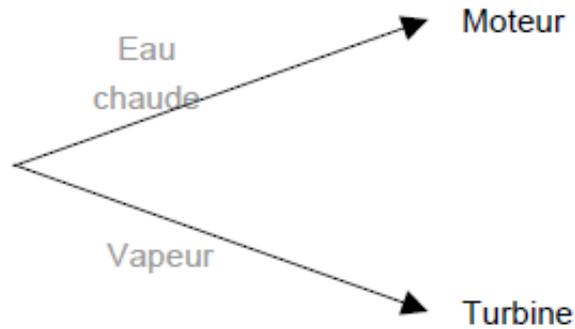


figure 4.5 : Choix en fonction de la valorisation thermique

Si l'on souhaite faire la valorisation thermique en vapeur, il est préférable d'avoir recours à des turbines, qui sont plus à même de faire de la vapeur que les moteurs.

IV.2.5. Récapitulatif du choix technologique :

	Technologie	< 30kW	<250kW	>250kW	>2MW	Fluctuation du taux de CH ₄	Pas de fluctuation	Peu de H ₂ S, siloxanes	Beaucoup de H ₂ S, siloxanes	%CH ₄ <39	%CH ₄ >40	Valorisation chaleur : eau chaude	Valorisation chaleur : vapeur
Sans traitement	Moteur à gaz	/	+	+	+	-	+	+	-	-	+	+	-
	Moteur Dual Fuel	/	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-
	Microturbine	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Turbine	--	--	--	+	+	+	+	-	+	+	+	+
Avec traitement	Moteur à gaz	/	+	+	+	-	+	+	+	-	+	+	-
	Moteur Dual Fuel	/	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	-
	Microturbine	--	+	/	-	+	+	+	+	+	+	+	-
	Turbine	--	--	--	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Tableau 4.6: Tableau récapitulatif de la pertinence des machines en fonction des caractéristiques du site [11]

Légende :

-- : pas approprié

- : peu approprié

+ : approprié

/ : à voir en fonction du site

IV.3. Méthodes heuristique [14]:

La méthode de résolution du problème d'optimisation du choix de l'installation de système de valorisation énergétique du biogaz issu des CET est basée sur une méthode d'optimisation heuristique. Ce choix de la méthode est conditionné par la problématique d'optimisation multi objectifs et multi contraintes.

En optimisation combinatoire, une heuristique est un algorithme approché qui permet d'identifier en temps polynomial au moins une solution réalisable rapide, pas obligatoirement optimale. L'usage d'une heuristique est efficace pour calculer une solution approchée d'un problème et ainsi accélérer le processus de résolution exacte. Généralement les heuristiques sont conçues pour un problème particulier, ces des règles empiriques simples qui ne sont pas basées sur l'analyse scientifique. Elles sont basées sur l'expérience et les résultats déjà obtenus et sur l'analogie pour optimiser les recherches.

Dans notre cas d'étude la méthode heuristique est la méthode de Descente (Hill-climbing) dont l'algorithme est le suivant :

- **Algorithme de descente : [20]**

Cette méthode de recherche locale est l'une des plus simples de la littérature, elle est également appelée hillclimbing dans les problèmes de maximisation. Son principe consiste, à partir d'une solution initiale, à choisir à chaque itération un voisin qui améliore strictement la fonction objectif.

Il existe plusieurs moyens de choisir ce voisin, soit par le choix aléatoire d'un voisin parmi ceux qui améliorent la solution courante (first improvement soit en choisissant le meilleur voisin qui améliore la solution courante (best improvement).

Dans tous les cas, le critère d'arrêt est atteint lorsque plus aucune solution voisine n'améliore la solution courante. Cet algorithme est également une méthode d'optimisation locale, c'est-à-dire qu'elle converge vers l'optimum local le plus proche et ne peut plus en sortir. Elle converge assez rapidement, mais nécessite des améliorations pour obtenir une précision intéressante. Elle est initialement destinée aux problèmes discrets et doit donc être adaptée dans le cadre de problèmes continus. Une version améliorée de cet algorithme consiste à faire des redémarrages lorsqu'un optimum local est trouvé, en repartant d'une nouvelle solution générée aléatoirement. On parle alors d'algorithme de descente avec relance (random-restart hillclimbing).

Chapitre IV : L'outil d'aide à la décision

L'algorithme n'est donc plus considéré comme une méthode locale, car l'exploration de l'espace de recherche se fait par les relances. Cependant, les solutions initiales étant générées aléatoirement, on ne tire aucune information des optimums locaux déjà trouvés. Il serait plus intéressant par exemple de ressortir de l'optimum local pour visiter un optimum local voisin. C'est le principe de la méthode de recherche tabou que nous verrons par la suite.

Pour rendre cette solution applicable par les industriels concernés, il est nécessaire de créer un système d'aide à la décision(DSS) et l'interface qui lui est associée.

*Chapitre V : Guide et
simulation du logiciel
Instaland*

Chapitre V : Guide et simulation du logiciel Instaland

Introduction :

InstaLand est un outil (Logiciel sous forme d'interface) d'estimation automatisé qui peut être utilisé pour estimer :

- ✓ les taux d'émission du Biogaz et de méthane comme une première étape en utilisant un modèle cinétique de premier ordre, le modèle est basé sur des données empiriques par défauts.
- ✓ La deuxième étape de logiciel permet à l'utilisateur de faire le choix optimal (méthode heuristique de Descente) d'installation pour la production d'électricité et de chaleur en utilisant le biogaz de la décharge donnée.
- ✓ Dans la troisième étape, le logiciel calcule le temps nécessaire à la récupération de l'investissement réalisé et cela en fonction du choix effectué par l'utilisateur du logiciel. Cela se fera selon les types et les prix des installations choisies par l'utilisateur.

V.1. Guide De Logiciel :

V.1.1. Description de logiciel :

La figure (5.1) représente la première fenêtre de logiciel qui contient le descriptif du logiciel sous forme d'une introduction et des notes importante sur le logiciel.

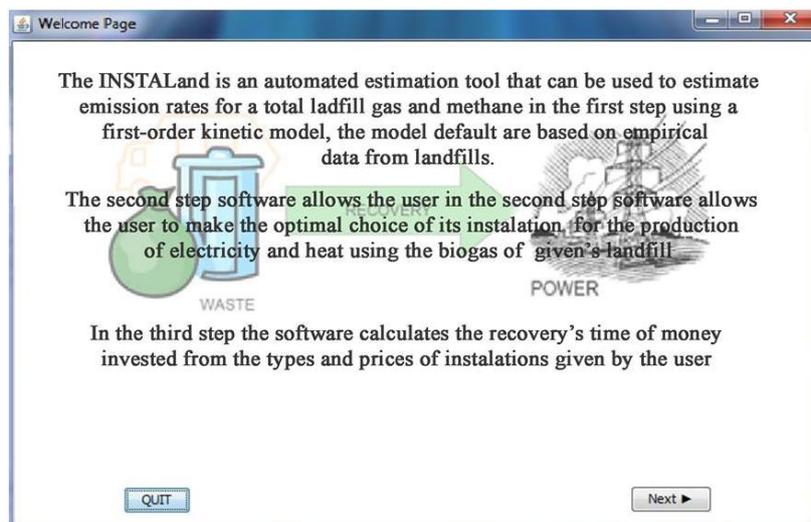


Figure 5.1: Fenêtre d'introduction de logiciel Instaland.

Chapitre V : Guide et Simulation

V.1.2. Exécution du logiciel : « Action to perform »

Cette fenêtre donne 3 choix à l'utilisateur figure (5.2) :

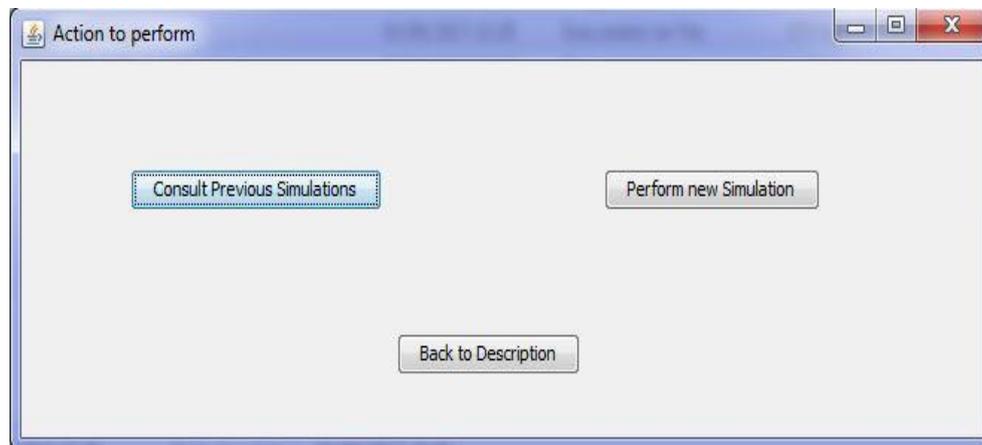


Figure 5.2 : Les actions à performer sur Instaland.

*\ En cliquant sur le bouton « Back to discription » pour revenir à la page d'accueille figure (5.1).

*\ En cliquant sur le bouton « Consult previous simulations » pour donne l'accès aux anciennes simulations déjà réalisé figure (5.3).

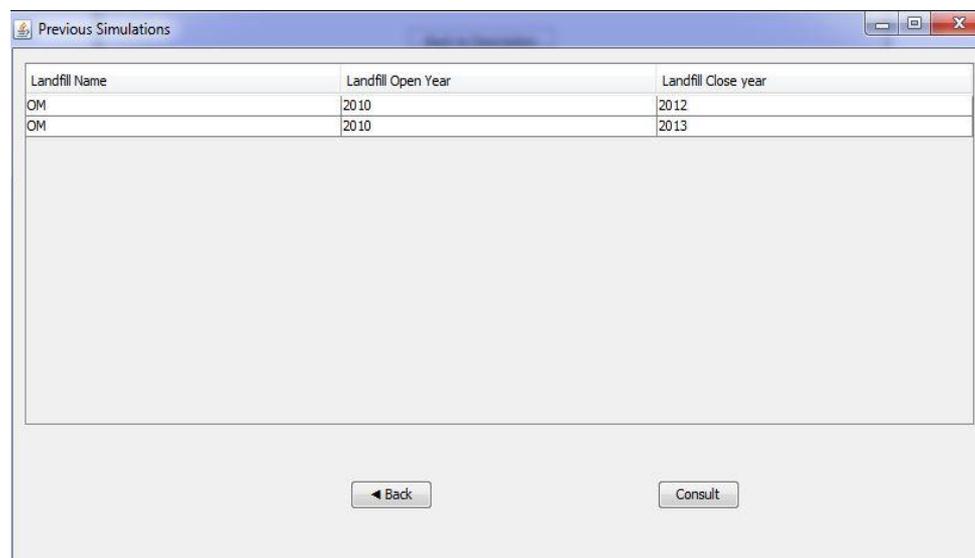


Figure 5.3 : Fenêtre des simulations précédente sur Instaland.

*\ En cliquant sur le bouton « **Perform new simulation** » l'utilisateur commence une nouvelle simulation (figure 5.4).

Saisissez les données sur la feuille de travail USER INPUTS qui rapporte à l'identité et à la taille de la décharge Nom ou identifiant d'enfouissement, Année d'enfouissement, Année de fermeture des décharges.

User's Input

USER INPUTS

Landfill Characteristics

Landfill name
CET de Hassi Bounif

Landfill open year
2010

Landfill closure year
2015

Organic waste
50 %

Waste Acceptance Rates

Year	tons/year
2010	
2011	
2012	
2013	
2014	
2015	

figure 5.4 : Les caractéristiques du CET sur Instaland.

a) Nom de CET « Landfill Name » :

Utilisez le nom de la décharge pour l'identifier et pour la sauvegarde des résultats

b) Ouverture « Landfill open year » :

L'année libre d'enfouissement est un apport requis et représente l'année où la décharge a commencé à accepter les déchets. L'année d'ouverture devrait être dans un format d'année à quatre chiffres (par exemple, 2004).

c) Fermeture « Landfill closure year » :

Instalad utilise l'année de fermeture de la décharge pour déterminer la dernière année où la décharge a accepté les déchets.

d) Matière organique « Organic waste » :

Représente le pourcentage de la matière organique dans les déchets enfouis, la valeur entrée par l'utilisateur reste constante après la fermeture du casier.

e) Taux d'acceptation des déchets « Waste Acceptance Rates » :

Le tableau des taux d'acceptation des déchets est affiché dans la figure (5.4) Une fois que vous avez fait rentrer l'année d'ouverture et de fermeture de la décharge, la colonne de l'année indique automatiquement les années pour lesquelles les données du taux d'acceptation

Chapitre V : Guide et Simulation

sont nécessaires. Les taux d'acceptation des déchets doivent être inscrits dans la feuille de travail USPES INPUTS

V.1.3. Déterminer les paramètres du modèle « Model Parametres » :

Instaland s'appuie sur plusieurs paramètres du modèle « Hoeks » [8] pour estimer les émissions des sites d'enfouissement comme la (figure 5.5) montre.

- Teneur en méthane « **Methane (CH₄) content** ».
- Taux de production de méthane « **Methane generation rate(K)** » (K : paramètre de l'équation du modèle utilisé).
- Capacité potentielle de production de méthane « **Potential Methane Generation (L₀)** ».

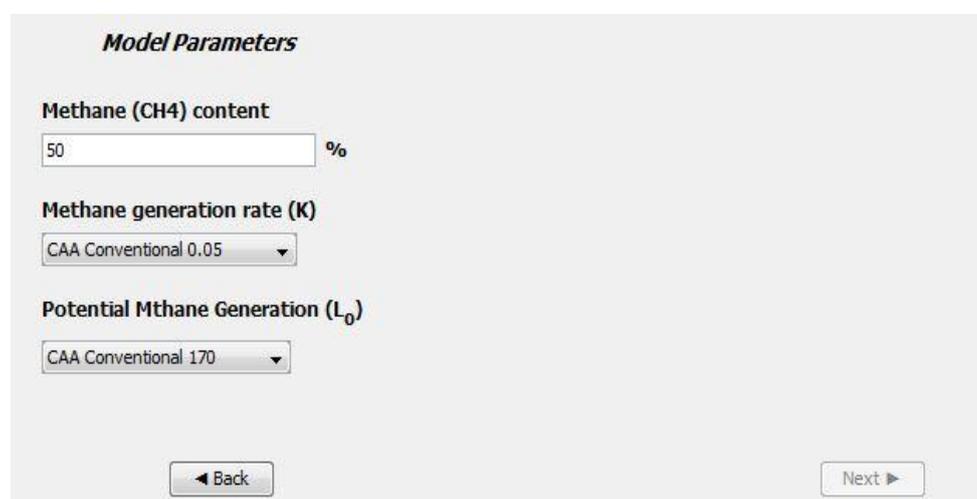


figure 5.5 : Les caractéristiques du modèle sur Instaland.

a) Teneur en méthane « Methane content » :

Vous pouvez saisir la quantité de méthane en pourcentage suivant les caractéristiques de biogaz, pour le contenu de méthane

b) Taux de production de méthane « Methane Generation Rate (K) » : [16]

Le taux de génération de méthane (K), détermine le taux de production de méthane pour la masse de déchets dans la décharge. Il existe quatre configurations de la valeur du K (tableau 5.1).

Chapitre V : Guide et Simulation

Default type	Landfill Type	k Value year ⁻¹
CAA	Conventional	0.05 (default)
CAA	Arid Area	0.02
Inventory	Conventional	0.04
Inventory	Arid Area	0.02
Inventory	Wet (Bioreactor)	0.7

Tableau 5.1 : Valeur de k recommandées par le LandGEM

c) Capacité potentielle de production de méthane « Potential Methane Generation Capacity (L_0) » : [17]

Le potentiel de production de méthane L_0 dépend uniquement du type et de la composition des déchets placés dans la décharge. Les valeurs L_0 par défaut utilisées par Instaland sont représentées sur le (tableau 5.2).

Default type	Landfill Type	L_0 Value m ³ /tonne
CAA	Conventional	170 (default)
CAA	Arid Area	170
Inventory	Conventional	100
Inventory	Arid Area	100
Inventory	Wet (Bioreactor)	96

Tableau 5.2 : Valeur de L_0 recommandées par le LandGEM

Chapitre V : Guide et Simulation

Model Parameters

Methane (CH₄) content
 %

Methane generation rate (K)
User-Value
Enter the value here :

Potential Mthane Generation (L₀)
User-Value
Enter the value here :

◀ Back Next ▶

figure 5.6 : Les caractéristiques du modèle sur Instaland.

Sélectionnez « **User-value** » pour le paramètre du modèle pour lequel vous souhaitez saisir des données spécifiques au site. Une zone de saisie de valeur apparaîtra à droite de ce paramètre et vous pouvez entrer la valeur de K et L_0 spécifique au site. Les cases d'entrée de valeur spécifiées par l'utilisateur n'apparaissent que lorsque l'option *User-value* est sélectionnée dans le menu pour un paramètre de modèle particulier (voir figure 5.6).

V.1.3. Vérification des paramètres (INPUTS REVIEW) :

INPUTS OVERVIEW

Landfill Characteristics

Landfill name
OM

Landfill open year
2010

Landfill closure year
2013

Organic waste
50.0 %

Year	tons/year
2010	50000
2011	50000
2012	50000
2013	50000

Model Parameters

Methane (CH₄) content
50.0 %

Methane generation rate (K)
User-Value the value 0.05

Potential Mthane Generation (L₀)
User-Value the value 160.0

◀ Back Next ▶

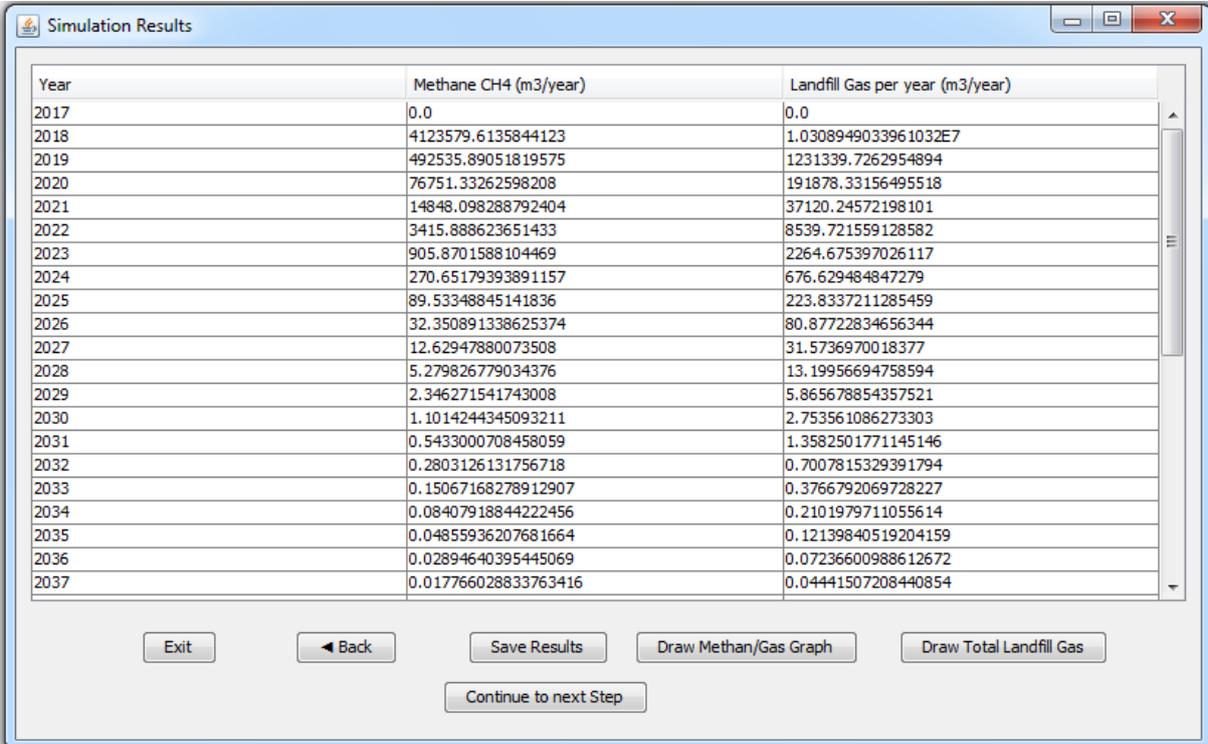
figure 5.7 : Les caractéristiques du modèle sur Instaland.

Pour examiner vos données d'entrées (car ils seront utilisés par Instaland), passez à la feuille de travail INPUT REVIEW comme la (figure 5.7) l'indique. Toutes les données saisies auparavant dans la feuille de travail USER INPUTS ainsi que les entrées déterminées par le modèle s'afficheront sur la feuille de travail INPUT REVIEW.

Chapitre V : Guide et Simulation

V.1.4. Visualisation des résultats :

Sélectionnez le bouton « *NEXT* » Pour voir les estimations d'émission en format tabulaire, accédez à la feuille de calcul « **SIMULATION RESULT** » comme la (figure 5.8) montre.



The screenshot shows a window titled "Simulation Results" containing a table with three columns: "Year", "Methane CH4 (m3/year)", and "Landfill Gas per year (m3/year)". The table lists data for each year from 2017 to 2037. Below the table are several buttons: "Exit", "◀ Back", "Save Results", "Draw Methan/Gas Graph", "Draw Total Landfill Gas", and "Continue to next Step".

Year	Methane CH4 (m3/year)	Landfill Gas per year (m3/year)
2017	0.0	0.0
2018	4123579.6135844123	1.0308949033961032E7
2019	492535.89051819575	1231339.7262954894
2020	76751.33262598208	191878.33156495518
2021	14848.098288792404	37120.24572198101
2022	3415.888623651433	8539.721559128582
2023	905.8701588104469	2264.675397026117
2024	270.65179393891157	676.629484847279
2025	89.53348845141836	223.8337211285459
2026	32.350891338625374	80.87722834656344
2027	12.62947880073508	31.5736970018377
2028	5.279826779034376	13.19956694758594
2029	2.346271541743008	5.865678854357521
2030	1.1014244345093211	2.753561086273303
2031	0.5433000708458059	1.3582501771145146
2032	0.2803126131756718	0.7007815329391794
2033	0.15067168278912907	0.3766792069728227
2034	0.08407918844222456	0.2101979711055614
2035	0.04855936207681664	0.12139840519204159
2036	0.02894640395445069	0.07236600988612672
2037	0.017766028833763416	0.04441507208440854

figure 5.8 : La fenêtre des résultats tabulaires de Instaland.

Le tableau affiche les résultats des émissions du biogaz et de méthane (quantité de méthane dépend de la valeur de *Methane content* entrée par l'utilisateur) en mètre cube par an.

V.1.5. Affichage des résultats graphiques :

Pour afficher les estimations d'émission dans un format graphique, accédez à la feuille de calcul « *Draw Methan/Gas Graph* », les graphes de la (figure 5.9) représentent les émissions totales du biogaz (en bleu) et la quantité de méthane dans le biogaz (en rouge) en mètre cube par an.

Chapitre V : Guide et Simulation

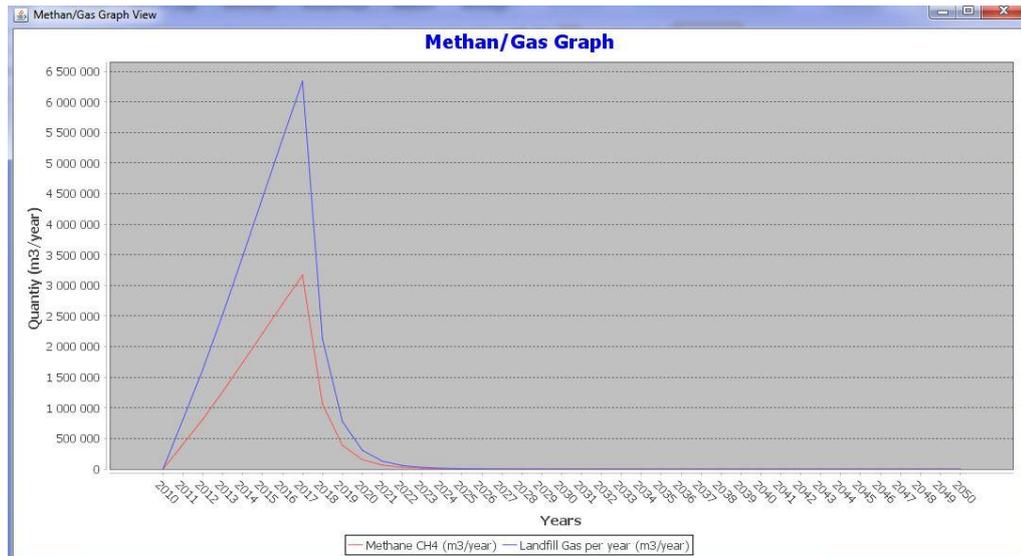


figure 5.9 : Représentation graphique de Instalnd.

Pour afficher les estimations d'émission dans un format graphique, accédez à la feuille de calcul « *Draw Total Landfill Gas* », le graphe de la (figure 5.10) représente les émissions totales du biogaz (en bleu) et la quantité de méthane dans le biogaz (en rouge) en mètre cube par an.

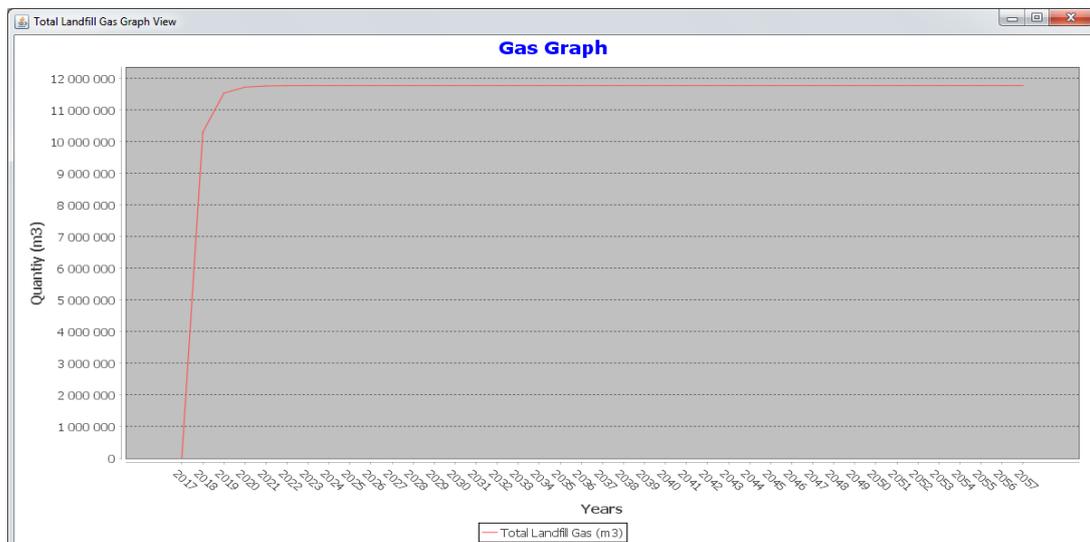


figure 5.10 : Représentation graphique de Instalnd.

Chapitre V : Guide et Simulation

Pour faire un choix du système de production d'électricité à installer, sélectionnez le bouton « **continue to next step** » (voir figure 5.8), et s'affichera la fenêtre suivante (figure 5.11)

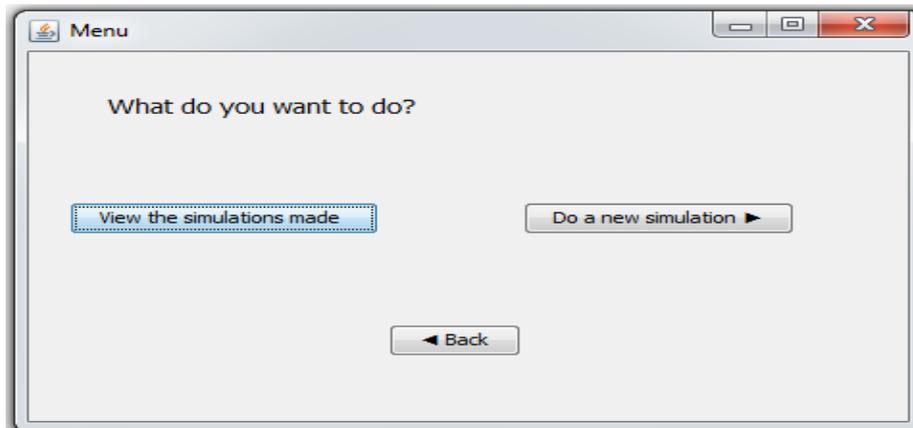


figure 5.11 : Choix de mode de simulation.

En cliquant sur le bouton « **view the simulations made** » pour consulter les simulations faites, apparaît la fenêtre (figure 5.15).

En cliquant sur le bouton « **Do a new simulation** » une nouvelle simulation peut être réalisée, apparaît alors la fenêtre suivante (figure 5.12).

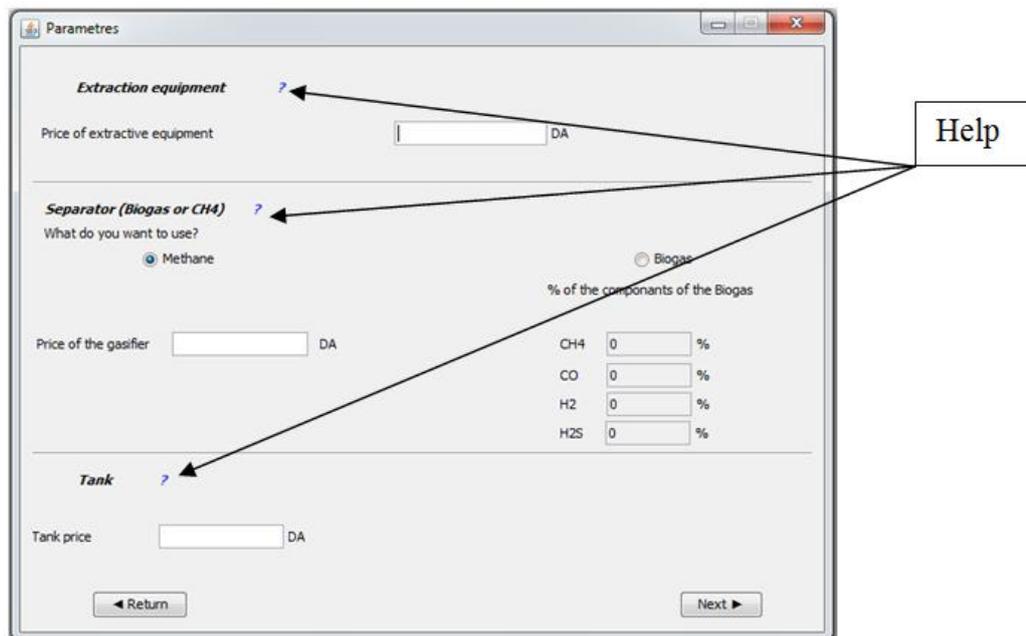


figure 5.12 : Insertion des paramètres

En cliquant sur le bouton « **Next** » pour calculer la puissance électrique. Apparaît la fenêtre suivante (figure 5.13).

Chapitre V : Guide et Simulation

Calcul de Puissance

Debit of gas m3 / h

System ?

System price DA Electrical efficiency ? %

Theoretical power (max. electrical power) / year KW

Resulting power for the chosen output / year KW

Give the tariff proposed by the state DA

Money offered by the state according to the price indicated DA

Amount of fees for annual maintenance DA

Years before recovery on investment

Return Calculate Next

Help

figure 5.13 : Calcul de puissance électrique.

En cliquant sur le bouton « **calculate** », le logiciel s'exécute et affiche les résultats dans les champs adéquats.

En cliquant sur le bouton « **Next** » apparaît la fenêtre suivante (figure 5.14). où les résultats finaux vont s'afficher.

Results

Total price DA Money paid by the state / year DA Years before recovery

Debit of gas m3 / s Annual maintenance fees DA

Theoretical power (max electric power)/year KW

Electric power KW

Are you satisfied ?

Yes No

Return Finish

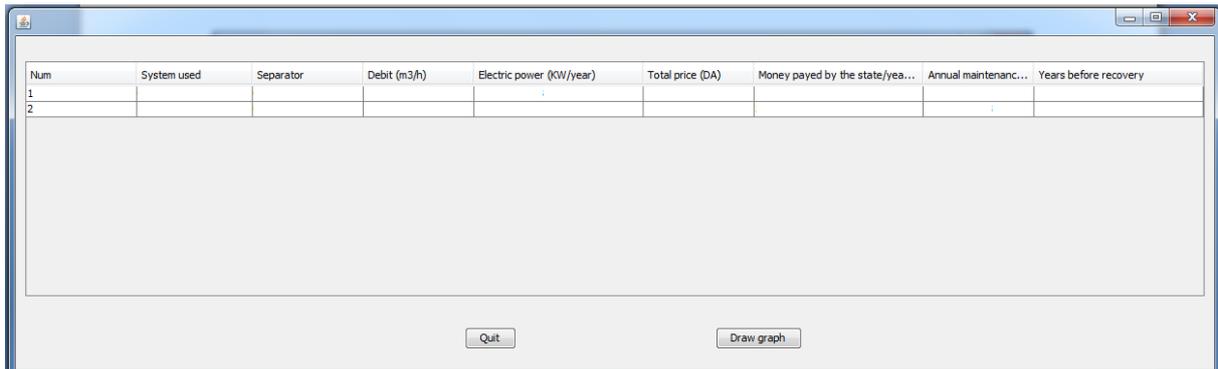
* by choosing yes the results will be saved

figure 5.14 : Affichage final des résultats

En choisissant « **no** », cliquer sur « **finish** », apparaît la fenêtre (figure 5.12) pour faire une autre simulation.

Chapitre V : Guide et Simulation

En choisissant « **yes** », cliquer sur « **finish** », apparait le tableau suivant (figure 5.15).



Num	System used	Separator	Debit (m3/h)	Electric power (KW/year)	Total price (DA)	Money paid by the state/yea...	Annual maintenanc...	Years before recovery
1								
2								

figure 5.15 : Tableau de comparaison

Ce tableau fait des comparaisons entre les différents essais (simulations) choisis par l'utilisateur.

En cliquant sur le bouton « **Draw graph** » apparait la fenêtre suivante (Figure 5.16). cette fenêtre représente les paramètres de chaque simulation en fonction de leurs valeurs.

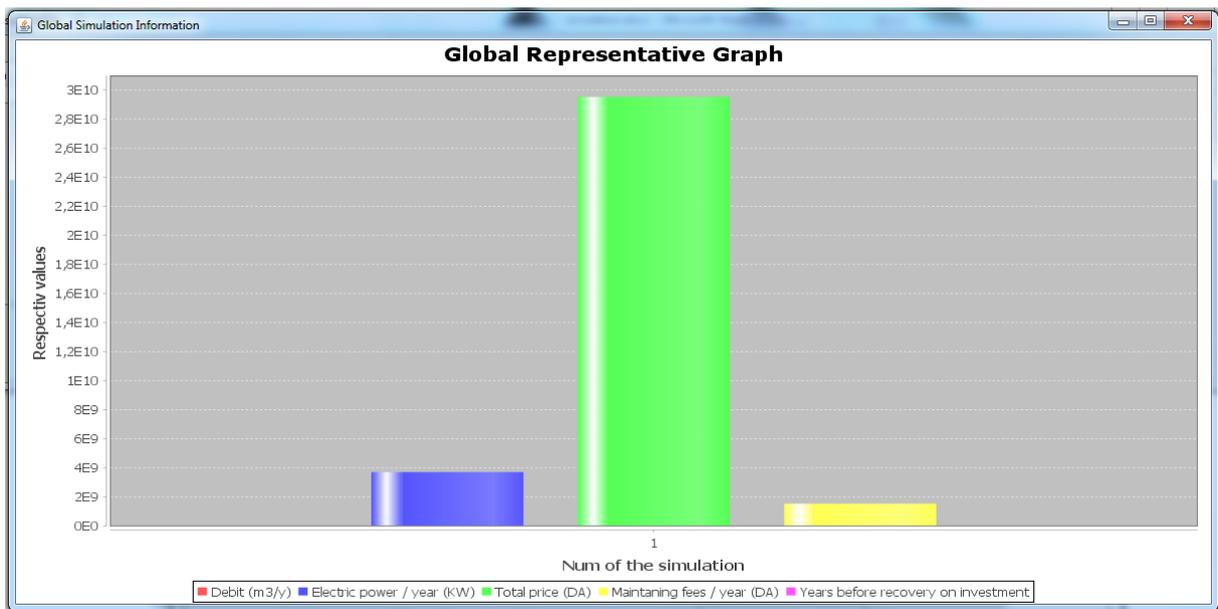


Figure 5.16 : Graphe comparatif globale

0Chaque couleur indique un paramètre représenté dans le graphe.

a) Enregistrer les résultats :

Le bouton « **finish** » dans la fenêtre (figure 5.14) conduit l'utilisateur a sauvegardé les résultats des simulations obtenus.

V.2 Simulation et discussions des résultats :

V.2.1. Première simulation :

Les paramètres choisis dans la première simulation sont proposés par Clean Air Act (CAA) pour un casier classique (condition standard d'enfouissement):

- ✓ Constance cinétique de réaction (K) : 0.05 an^{-1}
- ✓ Potentiel de production de méthane d'ordure : $170 \text{ (m}^3\text{/tonne)}$

On prend le cas de Hassi Bounif (Oran).

Les résultats de la simulation sont représentés dans les figures suivantes:

The screenshot shows a software window titled "INPUTS OVERVIEW" with the following sections:

- Landfill Characteristics:**
 - Landfill name: hassi bounif
 - Landfill open year: 2010
 - Landfill closure year: 2015
 - Organic waste: 60.0 %
- Waste Acceptance Rates:**

Year	tons/year
2010	500000
2011	500000
2012	500000
2013	500000
2014	500000
2015	500000
- Model Parameters:**
 - Methane (CH₄) content: 50.0 %
 - Methane generation rate (K): CAA Conventional 0.05 (dropdown), the value: 0.05
 - Potential Methane Generation (L₀): CAA Conventional 170 (dropdown), the value: 170.0

Navigation buttons: "Back" and "Next".

Figure 5.17 : Insertion des données

Chapitre V : Guide et Simulation

Parametres

Extraction equipment ?

Price of extractive equipment DA

Separator (Biogas or CH4) ?

What do you want to use?

Methane Biogas

% of the components of the Biogas

Price of the gasifier DA

CH4 %

CO %

H2 %

H2S %

Tank ?

Tank price DA

Figure 5.18 : Insertion des paramètres

Power Calculating

Debit of gas m3 / year

System ?

System price DA Electrical efficiency ? %

Theoretical power (max. electrical power) / year KW

Resulting power for the chosen output/ year KW

Give the tariff proposed by the state ? DA

Money offered by the state according to the price indicated DA

Amount of fees for annual maintenance DA

Years before recovery on investment

Figure 5.20 : calcul de puissance

Chapitre V : Guide et Simulation

The 'Results' window displays the following values:

- Total price: 8.0E8 DA
- Money paid by the state / year: 3.38579358E11 DA
- Years before recovery: 0
- Annual maintenance fees: 2.0E7 DA
- Debit of gas: 3861940.0 m³ / y
- Theoretical power (max electric power)/year: 1.38195649E11 KW
- Electric power / year: 4.836848E10 KW

Are you satisfied ?

Yes No

* by choosing yes the results will be saved

Buttons: Return, Finish

Figure 5.21 : Affichage des résultats

Num	System used	Separator	Debit (m ³ /y)	Electric power (KW/year)	Total price (DA)	Money payed by the state/yea...	Annual maintenanc...	Years before recovery
1	Gas Turbine	Oui	3861940.0	4.836848E10	8.0E8	3.38579358E11	2.0E7	0

Buttons: Quit, Draw graph

Figure 5.22 : Affichage tabulaire des résultats

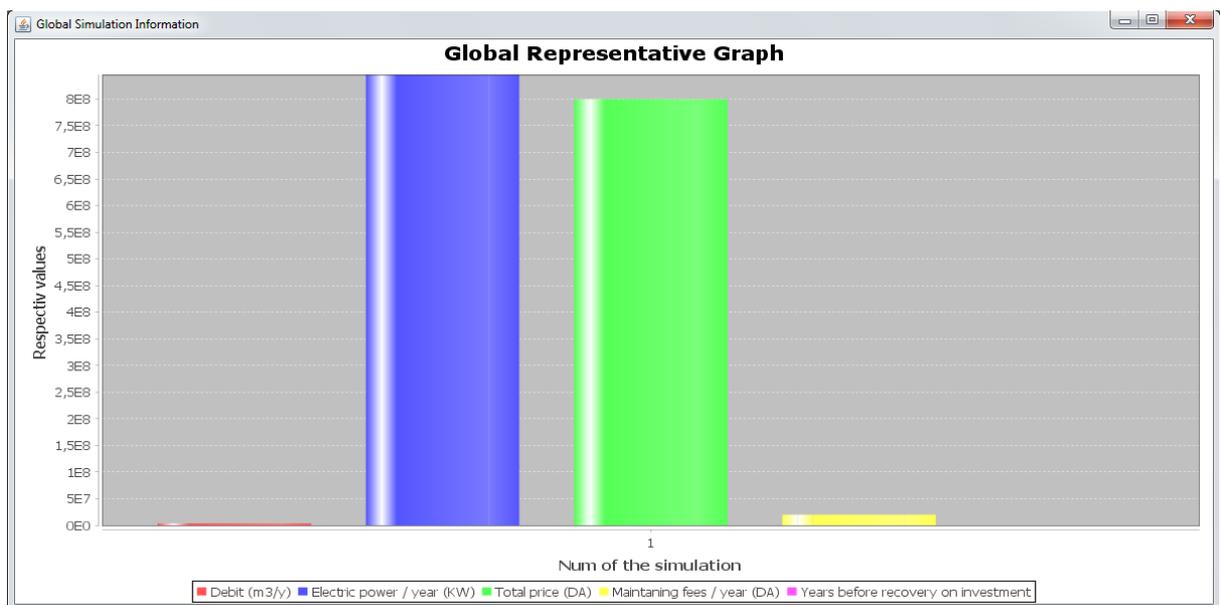


Figure 5.23 : Affichage graphique des résultats

Chapitre V : Guide et Simulation

V.2.2. deuxième simulation :

Les paramètres choisis dans la première simulation sont proposé par Clean Air Act (CAA) pour un casier classique (condition standard d'enfouissement):

- ✓ Constance cinétique de réaction (K) : 0.05 an^{-1}
- ✓ Potentiel de production de méthane d'ordure : $170 \text{ (m}^3\text{/tonne)}$

On prend le cas de TIPAZA

Les résultats de la simulation sont représentés dans les figures suivant:

The screenshot shows a software window titled "Input's Overview" with the following sections:

- Landfill Characteristics**
 - Landfill name: ZIPAZA
 - Landfill open year: 2009
 - Landfill closure year: 2014
 - Organic waste: 60.0 %
- Waste Acceptance Rates**

Year	tons/year
2009	450000
2010	450000
2011	450000
2012	450000
2013	450000
2014	450000
- Model Parameters**
 - Methane (CH₄) content: 50.0 %
 - Methane generation rate (K): CAA Conventional 0.05 (dropdown), the value 0.05 (input field)
 - Potential Mthane Generation (L₀): CAA Conventional 170 (dropdown), the value 170.0 (input field)

Navigation buttons: "Back" and "Next".

Figure 5.24 : Insertion des données

Chapitre V : Guide et Simulation

Parametres

Extraction equipment ?

Price of extractive equipment DA

Separator (Biogas or CH4) ?

What do you want to use?

Methane Biogas

% of the components of the Biogas

Price of the gasifier DA

CH4 %

CO %

H2 %

H2S %

Tank ?

Tank price DA

Figure 5.25 : Insertion des paramètres

Power Calculating

Debit of gas m3 / year

System ?

System price DA Electrical efficiency ? %

Theoretical power (max. electrical power) / year KW

Resulting power for the chosen output/ year KW

Give the tariff proposed by the state ? DA

Money offered by the state according to the price indicated DA

Amount of fees for annual maintenance DA

Years before recovery on investment

Figure 5.26 : calcul de puissance

Chapitre V : Guide et Simulation

The 'Results' window displays the following values:

- Total price: 9.6999997E10 DA
- Money paid by the state / year: 1.94026701E11 DA
- Years before recovery: 0
- Annual maintenance fees: 1.5E9 DA
- Debit of gas: 3475746.0 m3 / y
- Theoretical power (max electric power)/year: 1.2437608E11 KW
- Electric power / year: 4.8506675E10 KW

Are you satisfied ?

Yes No

* by choosing yes the results will be saved

Buttons: Return, Finish

Figure 5.27 : Affichage des résultats

Num	System used	Separator	Debit (m3/y)	Electric power (KW/year)	Total price (DA)	Money paid by the state/yea...	Annual maintenanc...	Years before recovery
1	Gas Turbine	Oui	3861940.0	4.836848E10	8.0E8	3.38579358E11	2.0E7	0
2	Engine	Oui	3475746.0	4.8506675E10	9.6999997E10	1.94026701E11	1.5E9	0

Buttons: Quit, Draw graph

Figure 5.28 : Affichage tabulaire des résultats

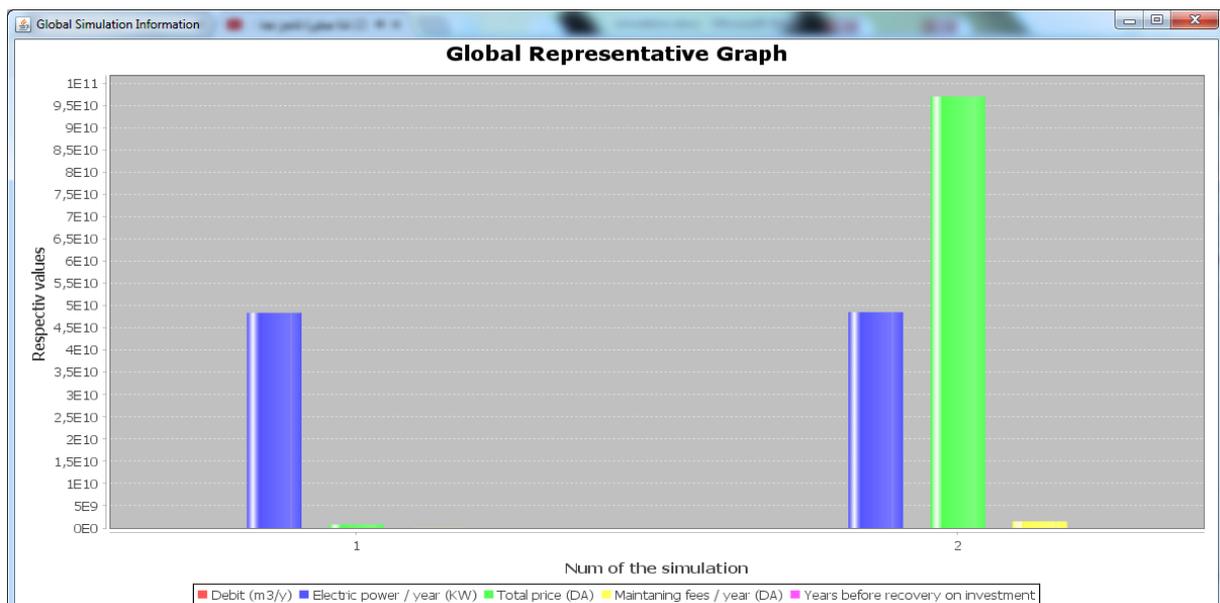


Figure 5.29 : Affichage graphique des résultats

Chapitre V : Guide et Simulation

V.2.3. Troisième simulation :

Les paramètres choisis dans la première simulation sont proposé par Clean Air Act (CAA) pour un casier classique (condition standard d'enfouissement):

- ✓ Constance cinétique de réaction (K) : 0.05 an^{-1}
- ✓ Potentiel de production de méthane d'ordure : $170 \text{ (m}^3\text{/tonne)}$

On prend le cas d'AGHOUAT

Les résultats de la simulation sont représentés dans les figures suivant:

The screenshot shows a software window titled "Input's Overview" with the following content:

INPUTS OVERVIEW

Landfill Characteristics

Landfill name: Aghouat

Landfill open year: 2013

Landfill closure year: 2016

Organic waste: 60.0 %

Waste Acceptance Rates

Year	tons/year
2013	1500000
2014	1500000
2015	1500000
2016	1500000

Model Parameters

Methane (CH₄) content: 45.0 %

Methane generation rate (K): CAA Conventional 0.05 the value 0.05

Potential Mthane Generation (L₀): CAA Conventional 170 the value 170.0

Navigation: ◀ Back, Next ▶

Figure 5.30 : Insertion des données

Chapitre V : Guide et Simulation

Parametres

Extraction equipment ?

Price of extractive equipment DA

Separator (Biogas or CH4) ?

What do you want to use?

Methane Biogas

% of the components of the Biogas

Price of the gasifier	<input type="text" value="3500000000"/> DA	CH4	<input type="text" value="0"/> %
		CO	<input type="text" value="0"/> %
		H2	<input type="text" value="0"/> %
		H2S	<input type="text" value="0"/> %

Tank ?

Tank price DA

Figure 5.31 : Insertion des paramètres

Power Calculating

Debit of gas m3 / year

System ?

System price DA Electrical efficiency ? %

Theoretical power (max. electrical power) / year KW

Resulting power for the chosen output/ year KW

Give the tariff proposed by the state ? DA

Money offered by the state according to the price indicated DA

Amount of fees for annual maintenance DA

Years before recovery on investment

Figure 5.32 : calcul de puissance

Chapitre V : Guide et Simulation

The 'Results' window displays the following values:

- Total price: 2.94999982E10 DA
- Money paid by the state / year: 2.60292133E11 DA
- Years before recovery: 3
- Annual maintenance fees: 1.50000005E10 DA
- Debit of gas: 4662808.5 m3 / y
- Theoretical power (max electric power)/year: 1.66853935E11 KW
- Electric power / year: 6.5073033E10 KW

Are you satisfied ?

Yes No

Buttons: Return, Finish

* by choosing yes the results will be saved

Figure 5.33 : Affichage des résultats

Num	System used	Separator	Debit (m3/y)	Electric power (KW/year)	Total price (DA)	Money payed by the state/yea...	Annual maintenanc...	Years before recovery
1	Gas Turbine	Oui	3861940.0	4.836848E10	8.0E8	3.38579358E11	2.0E7	0
2	Engine	Oui	3475746.0	4.8506675E10	9.6999997E10	1.94026701E11	1.5E9	0
3	Microturbine	Oui	4662808.5	6.5073033E10	2.94999982E10	2.60292133E11	1.50000005E10	3

Buttons: Quit, Draw graph

Figure 5.34 : Affichage tabulaire des résultats

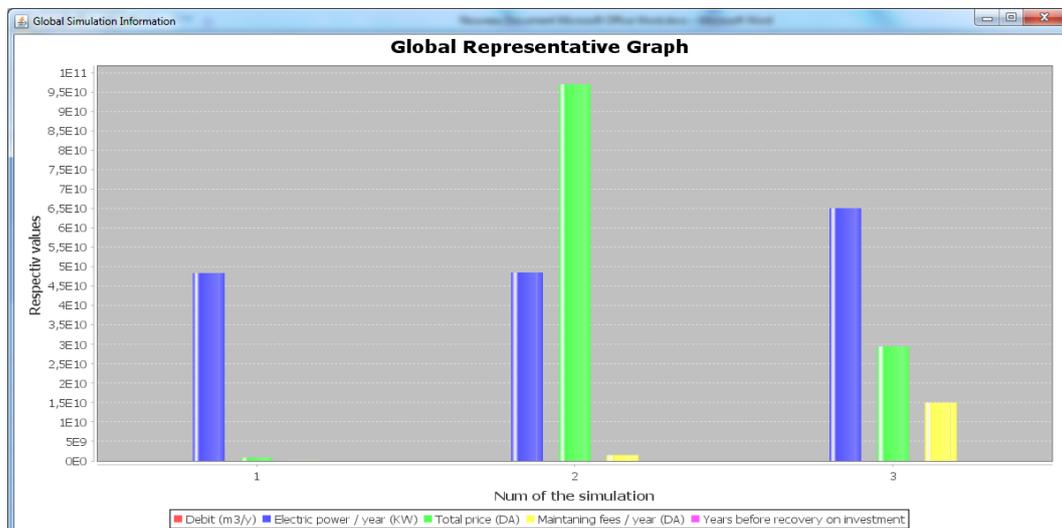


Figure 5.35 : Affichage graphique des résultats

Conclusion Générale

Conclusion Générale :

Ce travail sur l'estimation du potentiel énergétique d'un CET (Centre d'enfouissement Technique) est réalisé en collaboration avec laboratoire IPSIL (*Industrial Products & Systems Innovation Laboratory de l'Ecole Nationale Polytechnique d'ORAN ENPO*) pour la première fois en Algérie et cela dans le but de créer un outil numérique pour estimer la quantité du biogaz dans les CET en Algérie et étudier sur la possibilité d'utilisation de l'énergie dérivée des biogaz et le tarif de cet investissement et tout cela est la première étape dans le contexte de la valorisation énergétique du biogaz et la réduction des gaz à effet de serre (GES).

Le biogaz issu des Centres d'Enfouissements Techniques (CET) est un gaz à effet de serre polluant et très toxique. Par contre il contient une forte proportion de méthane et possède donc un fort potentiel calorifique et énergétique. La valorisation du biogaz actuellement est une priorité pour la simple raison que le pouvoir calorifique est très élevée de cette bioénergie.

Un outil numérique est créé c'est le logiciel INSTALand. Il permet de simuler les calculs nécessaires à l'évaluation de quantité de biogaz présente dans n'importe quel CET et sous diverses conditions (climatologique, géographique, classe...etc) dans la première étape. Par la suite le logiciel permettra à l'utilisateur de faire un choix optimal (Méthode Heuristique de Descente) de son installation pour la production d'électricité et de chaleur en utilisant le biogaz d'un CET donné.

Cet outil permettra de calculer plusieurs paramètres tel que : le débit biogaz, la puissance thermique et électrique ainsi de prévoir le tarif d'un tel investissement et faire une comparaison entre ces différents paramètres sous forme de tableaux et des graphes.

En perspective, ce modèle peut être amélioré par l'injection d'autres modèles et de prendre en considération plus de paramètres comme le taux de compactage et la réinjection de lixiviat dans le casier pour avoir des résultats plus précis, aussi une amélioration de l'interface et lancer des nouvelles versions du logiciel, évaluer le taux de réduction des émissions de pollution via le biogaz. Ajouter des catalogues des matériels nécessaires à l'installation de la valorisation du biogaz et injecter une tarification de référence des matériels.

Références Bibliographiques :

- [1] : Intergovernmental panel on climate change (IPCC) (2013). Climate Change 2013 : The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge and New York, Cambridge University Press, 1535 p.
- [2] : O.ABBAS, R,BELAMIRI " Estimation du potentiel énergétique d'un CET ", Université Dahlab Blida & IPSIL (industrial product & systems innovation laboratory) en 2017.
- [3] : O.KOUIDMIR, M.H.BEYOU," Etude perspective de l'utilisation de l'énergie dérivé des biogaz des CET", Université Dahlab Blida & IPSIL (industrial product & systems innovation laboratory) en 2017.
- [4] : <http://www.basel.int/Portals/4/Basel%20Convention/docs/text/BaselConventionText-f.pdf> (consulté le 27/03/2018).
- [5] : Annuaire français de droit international, volume 38, 1992. pp. 871-884.
http://www.persee.fr/doc/afdi_0066-3085_1992_num_38_1_3099 (consulté le 30/03/2018).
- [6] : <https://www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/20021480/index.html> (consulté le 02/04/2018).
- [7] : M.A BARLAZ., HAM R.K. & D.M SCHAEFER. "Methane production from Municipal Refuse", A review of enhancement Techniques and Microbial Dynamics.
- [8] : M Nawfal "Valorisation catalytique du biogaz pour une énergie propre et renouvelable", Thèse, Université du Littoral Côte d'Opale, Janvier 2015.
- [9] : <http://www.informationbuilders.fr/systemes-d-aide-a-la-decision> (consulté le 25/03/2018).
- [10] : Landfill Gas EmissionsModel (LandGEM) Version 3.02 User's Guide " United States Environmental Protection Agency " EPA-600/R-05/047May 2005.
- [11] : httpswww.record-net.orgstorageetudes07-0226-1ArapportRapport_record07-0226_1A.pdf
- [12] : Małgorzata meres, « analyse de la composition du biogaz en vue de l'optimisation de sa production et de son exploitation dans des centres de stockage des déchets ménagers », 2005

Références et bibliographie

[13] : https://www.actuenvironnement.com/ae/dictionnaire_environnement/definition/micro-turbine_a_gaz.php4.

[14] : Claude-Pierre Vincent, « Heuristique », BoD - Books on Demand France, 2012.

[15] : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00676449/document> (consulté le 04/04/2018).

[16] : Intergovernmental panel on climate change (IPCC) (2006b). 2006 GIEC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 5 Waste, Chapter 3, IPCC Waste Model (MS Excel). In Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. Site GIEC. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol5.html> (Page consultée le 4 février 2014).

[17] : Landfill Gas Emissions Model (LandGEM) Version 3.02 User's Guide '' United States Environmental Protection Agency '' EPA-600/R-05/047 May 2005

[18] : <https://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=10981#c2969> (consulté le 25/05/2018)

[19] : http://inovatherm.free.fr/crbst_236.html (consulté le 28/05/2018)

[20] : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00676449/document> (consulté le 18/05/2018).