

جامعة محمد خيضر بسكرة  
كلية العلوم الدقيقة و علوم الطبيعة و الحياة  
قسم علوم الأرض و الكون



# مذكرة ماستر في إطار القرار 1275

ميدان: هندسة معمارية، عمران و مهن المدينة  
شعبة: تسيير التقنيات الحضرية  
تخصص: تسيير المدن  
رقم: .....

إعداد الطالب:

ميسم عامر

يوم: 2023/06/26

## Le recyclage des ordures ménagères solides (Waste Solid Municipale) pour la production de l'énergie renouvelable en biogaz

### لجنة المناقشة:

مقرر	أ. مح ب	جامعة بسكرة	أميرة وقاف
رئيس	أ. مح أ	جامعة بسكرة	عمارة هيمة
مناقش	أ. مح ب	جامعة بسكرة	علي لمحنت
ممثل الحاضنة	أ. مح	جامعة بسكرة	قطاف فيروز

السنة الجامعية: 2022 – 2023

# Résumé

## Résumé

Le recyclage des déchets ménagers en biogaz est l'un des sujets d'actualité et d'exclusivité dans la recherche de développement de la digestion anaérobique, des domaines : de la gestion écologique urbaine, de développement et l'environnement durable, de l'énergie renouvelable et dépollution des environnements urbains. Cela se fait à l'aide d'unités de production de biogaz. Dans ce contexte, nous avons tenté d'aborder cette approche à travers un cas d'étude exemplaire (ville de Biskra), qui présente des facteurs importants tels que la quantité et la qualité des déchets ménagère solides riches en matières grasses et en protéines, ainsi que des températures élevées. Cela permet de reproduire l'expérience de la dégradation aérobie sous la forme du développement d'un projet de équipement réacteur urbain dans le cadre du développement urbain durable, ainsi que l'innovation de bio-accélérateur, dans le afin de concrétiser cette idée (réacteur urbain ou domestique) dans le cadre des projets Start-up. Donc, une première démarche de recherche, basée sur l'expérience en laboratoire, ont montré que l'effet des matières organiques, notamment les niveaux très élevés de protéines et de graisses présentes dans les déchets solides de la ville de Biskra, associé à des températures élevées (entre 30°C et 50°C), a contribué à une émission considérable de biogaz sur une période de 40 jours. Les résultats de de mémoire de fin d'étude (MFE), sont très significatifs ont été enregistrés sur le plan caractérisation et quantification, atteignant respectivement 273 ml (en 39 jours) et 271 ml (en 33 jours, en traduisant les recommandations de la conception d'un réacteur urbain. Une proposition a été faite dans le cadre d'un projet de fin d'étude (PFE) pour un réacteur biologique urbain pour la production d'énergie. En outre, dans le cadre d'un projet de start-up une deuxième démarche de recherche, par le développement des accélérateurs de fermentation hebdo,, nous ont permis de concevoir un projet de réacteur domestique.

**Mots clés :** Biogaz, Ordures ménagère solide, Energie renouvelable, Dépollution, Durabilité, Biskra.

## *Remerciement*

Je remercie ALLAH le Tout-puissant de m'avoir donné le courage, la volonté et la patience de terminer ce travail.

J'aimerais tout d'abord exprimer mes remerciements les plus vifs à ma directrice de mémoire Dr Ouakkaf amira, MCA à l'université de Biskra. Je lui exprime particulièrement toute ma reconnaissance pour m'avoir fait bénéficier de ses compétences scientifiques, de ses qualités humaines et de sa constante disponibilité.

Enfin, j'exprime ma gratitude à toute personne qui m'a enseigné ou m'a appris.

## *Dédicace*

*Allah le bénéfique soit loué et qu'il nous guide sur la bonne voie*

*A la lumière de mes yeux*

*Ma mère Naima*

*Mon père Abdrazzak*

*A mes frères: Labib, Nirar et Iyad*

*A mes sœurs :Anfel, Ritaj*

*A mes oncles, tantes, cousins, cousines*

*A mes chères amies : Amel et Aya.*

*A tous mes enseignants*

*Je réitère la bénédiction de DIEU pour continuer la mission qui M'a*

*été confié*

*Maissem*

## Table des matières

<b>Résumé</b>	
<b>Remerciement</b>	
<b>Décédas</b>	
<b>Liste des figures</b>	
<b>Liste des tableaux</b>	
<b>Introduction générale</b>	<b>1</b>
<i>Chapitre I : généralités sur les déchets</i>	
<b>I.1 Introduction</b>	<b>3</b>
<b>I.2 Classification des déchets</b>	<b>3</b>
<i>I.2.1 Les déchets des collectivités locales</i>	<b>4</b>
<i>I.2.2 Les déchets industriels</i>	<b>4</b>
<i>I.2.3 Les déchets hospitaliers (DH), déchets d'activités de soins (DAS) ou déchets infectieux</i>	<b>4</b>
<i>I.2.4 Les déchets inertes (DI)</i>	<b>4</b>
<i>I.2.5 Les déchets fermentescibles</i>	<b>4</b>
<i>I.2.6 Les déchets ultimes</i>	<b>4</b>
<i>I.2.7 Les boues</i>	<b>4</b>
<i>I.2.8 Les déchets ménagers et assimilés (DMA)</i>	<b>5</b>
<b>I.3 Caractérisations de déchets ménagers</b>	<b>5</b>
<i>I.3.1 Composition physique</i>	<b>5</b>
<i>I.3.2 Composition chimique</i>	<b>5</b>
<b>I.4- Caractérisation microbiologique</b>	<b>6</b>
<b>I.5-Types de traitement des déchets</b>	<b>7</b>
<i>I.5.1-La mise en décharge</i>	<b>7</b>
<i>I.5.2 Le recyclage</i>	<b>8</b>
<i>I.5.3 Le traitement thermique</i>	<b>8</b>
<i>I.5.3.1 L'incinération</i>	<b>8</b>

<i>I.5.3.2 La pyrolyse</i>	<b>9</b>
<i>I.5.3.3 Gazéification</i>	<b>9</b>
<i>I.5.3.4 Le traitement biologique</i>	<b>10</b>
<i>I.5.3.4.1 Aérobic (le compostage) :</i>	<b>10</b>
<i>I.5.3.4.2 Anaérobic (la méthanisation) :</i>	<b>10</b>
<b>I.6 Conclusion</b>	<b>11</b>
<b>I.7 Introduction sur le cadre réglementaire</b>	<b>11</b>
<b>I.8-Cadre réglementaire</b>	<b>12</b>
<b>I.9-Cadre institutionnel</b>	<b>12</b>
<i>I.9.1-PROGDEM</i>	<b>12</b>
<i>I.9.1.1 Objectifs du Programme National de Gestion Intégrée des Déchets Solides PROGDEM</i>	<b>12</b>
<i>I.9.2 Les centres d'enfouissement techniques (CET)</i>	<b>13</b>
<i>I.9.3 Le dispositif Eco Jem</i>	<b>13</b>
<b>I.10 Conclusion</b>	<b>13</b>
<b>Reference</b>	<b>13</b>
<b>Chapitre II : La méthanisation et biogaz</b>	
<b>II.1-Définition des énergies renouvelables</b>	<b>16</b>
<b>II.2-Le titre des énergies renouvelables en Algérie</b>	<b>16</b>
➤ <i>Le potentiel de l'Algérie</i>	<b>17</b>
➤ <i>L'énergie solaire</i>	<b>17</b>
➤ <i>L'éolien</i>	<b>17</b>
➤ <i>Biogaz</i>	<b>17</b>
➤ <i>La biomasse</i>	<b>17</b>
➤ <i>Géothermie</i>	<b>17</b>
<b>II.3 Le biogaz</b>	<b>17</b>
<i>II.3.1 Caractéristiques du biogaz</i>	<b>18</b>
<i>II.3.1.1 Caractéristiques chimiques</i>	<b>18</b>
<i>II.3.1.2 Caractéristiques physiques</i>	<b>19</b>
<b>II.4 Purification de biogaz</b>	<b>19</b>

➤ <i>Elimination de l'eau</i>	<b>19</b>
➤ <i>Condensation le long des conduits</i>	<b>20</b>
➤ <i>Le séchage par refroidissement et compression</i>	<b>20</b>
➤ <i>Elimination d'H<sub>2</sub>S, des siloxanes et des COV</i>	<b>20</b>
<b>II.5 Stockage de biogaz :</b>	<b>21</b>
<b>II.6 Valorisation du biogaz</b>	<b>21</b>
• <i>La production de la chaleur</i>	<b>21</b>
• <i>La production combiné de chaleur et l'électricité ou la cogénération</i>	<b>21</b>
• <i>L'injection de biogaz dans le réseau de gaz de ville après épuration</i>	<b>21</b>
• <i>Un carburant pour automobile</i>	<b>21</b>
<b>II.7 Méthanisation</b>	<b>21</b>
II.7.1 définitions de la méthanisation (la digestion anaérobie)	<b>22</b>
II.7.2 Les étapes de la méthanisation	<b>22</b>
II.7.3 les paramètres influençant la digestion anaérobie	<b>25</b>
<b>II.8 Différents systèmes de digesteurs</b>	<b>25</b>
<i>II.8.1 Classification des différents types de digesteurs</i>	<b>26</b>
<i>II.8.1.1 Le mode de l'alimentation</i>	<b>26</b>
<i>II.8.1.2 Classification selon le type de substrat Solide</i>	<b>26</b>
<i>II.8.1.3 Classification selon le nombre d'étapes</i>	<b>27</b>
<i>II.8.2 Les avantages et les inconvénients de la digestion anaérobie</i>	<b>27</b>
<b>II.9 Expérience de laboratoire</b>	<b>29</b>
<i>II.9.1 Mode opératoire</i>	<b>29</b>
<i>II.9.2 Résultats et discussions</i>	<b>31</b>
<b>II.10 Recommandations et recommandations</b>	<b>31</b>
<b>Références</b>	<b>32</b>

## *Liste de figure*

Figure I.1: La composition moyenne des déchets ménagers par continent [4]	5
Figure I.2 : Recyclage des déchets organique [8]	7
Figure I.3 : Les différentes étapes d'incinération [6].	8
Figure I.4 : Principe de la Pyrolyse [6].	8
Figure I.5 : Principe de l'étagement réactionnel en gazéification [6].	9
Figure II.1 : Répartition des ressources de production d'énergie mondiale en 2012 [6].	16
Figure II.2 : Un histogramme montrant le nombre de publications scientifiques sur la valorisation des déchets organiques dans le milieu anaérobie au cours des dix dernières années [7].	18
Figure II.3 : Equivalences énergétiques de 1m <sup>3</sup> de méthane [4].	19
Figure II.4: les principales étapes de la méthanisation [8].	22
FigureII.5 : Différentes formes de digesteurs [12] .	25
FigureII.6 : Les différents types de digesteurs [12].	26
Figure III.1: cadre de localisation e des limites de la willaya de Biskra.	1
Figure III.2 : care accès à la wilaya de Biskra.	2
Figure III.3 : Modèle numérique du terrain de la région d'étude (Microsoft encarta ,2007).	3
Figure III.4: Réseau hydrographique de la Wilaya de Biskra (Sedrati, 2011).	4
Figure III.5 : les heurs d'ensellement en Biskra.	5
Figure III.6 : Courbe graphique, les vitesses des vents.	5
Figure III.7 : Evolution de la structure par âge de la population de la wilaya de Biskra (années 2018 et 2021)	7
Figure III.8: découpage communal de la commune de Biskra en secteurs de collecte des déchets	7
Figure III.9 : La production annuelle de déchets dans la ville de Biskra	8
Figure III.10: le découpage du POS de la ville de Biskra 2018	10
Figure III.11: pos+ google earth	11
Figure III.12: plan d'occupation des sols de la zone d'étude. [Source pdau]	12
Figure III.13: climatique du terrain	41
Figure III.14: représente le schéma de la proposition d'idées pour la zone d'étude	13
Figure III.15 : schéma représente principe de risque	14



Figure III.16: la répartition des installations proposées et la facilité d'accès au bioréacteur, où l'on remarque sa médiation au sein des installations entourées d'espaces verts, puis les logements sont répartis de part et d'autre du site en plus des installations.	14
Figure III.17: la quantité de débit dans les routes principales et secondaires, où nous remarquons que les routes principales ont un débit élevé loin du bioréacteur, tandis que le faible débit est à l'intérieur du quartier dans les routes secondaires.	15
Figure III.18 : Coupe transversale de digesteur	17
Figure III.19: Coupe horizontale de digesteur	18
Figure III.20 : Plan d'aménagement de la zone d'étude	20

## *Liste de tableau*

Tableau II.1: Composition volumique du biogaz issu de déchets organiques	20
Tableau II.2 : Principaux groupes microbiens impliqués dans l'étape d'hydrolyse[6].	24
Tableau II.3 : Métabolites des bactéries fermentaires de la digestion anaérobie [6].	25
Tableau II.4 : Bactéries acétogènes de la digestion anaérobie [6].	25
Tableau III.1 : les températures moyennes, maximales et minimales et les précipitations moyennes mensuelles et même l'humidité, jours de pluie ainsi que les heures de soleil pour les 30 années derrières (1991-2021)	4
Table III.2 : La population de la wilaya de Biskra est de 751 670 habitants en 2021 et la densité démographique est de 73 habitants au Km <sup>2</sup>	6
Table III.3 : Composantes des déchets dans la ville de Biskra	9

*Introduction*

*Générale*

*Généralité sur les*

*Déchets ménagers*

## *Introduction*

De plus en plus dans nos pays, la gestion des ordures ménagères et des déchets

Solides pose des problèmes à multiples portées : environnementales, hygiéniques... elle rencontre de nombreuses difficultés du point de vue technique, méthodologique et organisationnel.

L'agglomération urbaine de manière générale est considérée comme un écosystème avec un patrimoine mouvant, des flux et des équilibres (CNES, 2003), Elle doit veiller à l'hygiène du milieu, et participer à la résorption des décharges. Parmi les différentes solutions envisagées pour valoriser ces déchets est la production des énergies propres et renouvelables sous forme de biogaz.

La situation de l'environnement en Algérie est inquiétante. L'accélération de l'urbanisation de la population accentue la pression sur les infrastructures, la qualité ou le développement. La fragilité économique du pays est due à sa forte dépendance aux hydrocarbures le troisième producteur de pétrole africain après le Nigeria et l'Angola, le premier producteur de gaz la nature du continent, l'Algérie vit depuis des décennies selon les revenus qu'elle en tire hydrocarbures. Le pétrole et le gaz représentent la quasi-totalité des exportations algériennes (97%), et Spés d'un tiers des revenus de l'État en 2017, selon les dernières estimations du Fonds monétaire international. Prestataire Sonatrach General, qui exploite les ressources pétrolières de l'Algérie, est le groupe qui réalise Le plus gros chiffre d'affaires du continent africain. Atteint la consommation mondiale Un milliard de tonnes de pétrole ces dernières années, alors qu'il existe d'autres moyens de production d'énergie, en particulier la technologie de production de biogaz, qui a été ajoutée dans le domaine

L'énergie renouvelable. en raison de ses caractéristiques technologiques et environnementales dans lesquelles il réside Dans son efficacité énergétique et sa contribution à la préservation de l'environnement Par la valorisation des déchets organiques, qui permet leur valorisation dans notre pays, l'Algérie Pour prouver l'exactitude des informations théoriques du domaine, nous avons effectué cette

L'étude qui vise à prouver la faisabilité de l'utilisation de cette technologie en production Énergie, et faire circuler ses résultats en prélevant un échantillon dans le désert algérien.

En particulier la ville de Biskra (notre cas d'étude), qui a un ensemble d'ingrédients, dont le plus important est la température très élevée, et les déchets riches en matières organiques (protéine et matière grasse), qui va, sans doute, nous permet de réussir notre recherche

(l'application des énergies renouvelable propre dans le domaine de l'urbanisme et le développement durable).

### ***Problématique***

Dans les études urbaines, il est possible de faire la lumière sur le problème des déchets en termes de quantité et de qualité, et la recherche des solutions pratiques, car les déchets sont une mine environnementale que nous avons choisie pour cette étude de la gestion des villes.

Deux questions qui se posent :

- 1- Les déchets algériens (ville de Biskra comme modèle) peuvent-ils donner des résultats importants en termes de valorisation du biogaz (sur le plan quantité et qualité) ?
- 2- Est-il possible de reproduire l'expérience laborantine sur le plan de l'urbanisme urbain durable (sous la forme d'un équipement public pouvant être incarné par l'ingénierie) ?
- 3-

### ***Questions subsidiaires***

- 1-Quels sont les rendements économiques ?
- 2-Résoudre le problème de la viabilisation de gaz de ville, en particulier dans les zones rurale?
- 3-Puis-je pratiquer cette technique (dans le cadre de projets start-up) dans la ville en tant que meubles urbains ?

### ***Les Hypothèses***

- 1- La quantité et la qualité des déchets, ainsi, leur impact économique et environnemental.
- 2- Il existe des techniques d'extraction de biogaz, ainsi, Des adjuvent qui accélèrent la réaction.
- 3-Présentation d'ingénierie.

### ***Outils de recherche***

- 1- Stage (au niveau de CET Biskra) pour la quantification et la caractérisation des déchets solides ménagers (DSM).
- 2-Travail au laboratoire pour monter un modèle de digestion afin de produire du biogaz.
- 3-Une expérience pratique dans laquelle la fabrication d'un digesteur domestique, ou urbain.

### ***Objectifs***

#### **✓ Environnement**

L'Algérie doit évoluer vers la durabilité (proposer une méthodologie pour la conception et l'exploitation). Et la production d'énergie propre (biogaz).

#### **✓ Startup**

Valoriser les pratiques de mon mémoire de master par des projets applicable sur le terrain. Est qui permettent par la suite un développement urbain durable.

✓ **Economique**

Adopter l'esprit entrepreneuriat.

## I.1 Introduction

Les déchets sont tous les restes du processus de production, de traitement ou de conversion Consommation dont son propriétaire ou détenteur est tenu de se défaire ou l'éliminer. La croissance démographique, développement industriel et évolution La technologie entraîne une augmentation de la production de différents types de déchets Responsables d'une grave menace pour l'homme et l'environnement, les déchets peuvent être vus comme une énergie renouvelable car tant qu'il y aura des hommes il y aura des déchets même si la destruction ou la réduction continue.

Objectifs prioritaires dans le traitement des déchets, il est intéressant de produire de l'énergie lorsque cela est possible.

### 1.1 Qu'est-ce qu'un déchet ?

#### 1.1.1 Définition et notions de déchet

Un déchet est un bien que son propriétaire destine à l'abandon. Étymologiquement, déchet vient de déchoir, du latin cadere (tomber). La racine « dis » traduit l'éloignement et la séparation ; c'est bien là l'esprit qui entoure tous les objets qui sont considérés comme du déchet, l'homme produit des déchets. Dans ses activités les plus lointaines et les plus simples, les déchets de l'homme se limitaient à des restes organiques dégradés dans la nature par des processus biologiques naturels [1]

La connaissance de la composition des ordures ménagères à une importance sans cesse croissante, notamment avec le développement des différents procédés de valorisation, en particulier par ceux dont la valorisation se fait par voie thermique. Parmi les facteurs qui influent sur la composition des ordures ménagères, on note :

- le caractère urbain ou industriel de l'agglomération.
- la consommation saisonnière des habitants.
- le type d'habitat et le niveau de vie de la population. Toutefois, l'utilisation des produits alimentaires conditionnés a entraîné un accroissement sensible des emballages de toutes natures (boîtes de conserve, verres, plastiques, papiers- cartons...). Les jardins de maisons individuelles absorbent certains déchets. Cependant, il y a lieu d'observer, notamment en zone urbaine, une certaine standardisation dans les produits de consommation [2].



## I.2 Classification des déchets

D'après (DAMIEN, 2006), on décline les différentes catégories des déchets en tenant compte de certains aspects des déchets :

1. Caractère dangereux ou non.
2. Caractères physiques, chimiques et biologiques (fermentescible, inflammable, etc...)
3. Secteur producteur (industrie, collectivités, particuliers).
4. Composition, usage (emballage, électroménager, véhicule).

### *I.2.1 Les déchets des collectivités locales*

Les collectivités locales produisent annuellement 22.5 Mt de boues de station d'épuration, de Matières de vidange, de déchets d'espaces verts, de résidus du nettoyage des rues et de papiers divers des locaux administratifs.

### *I.2.2 Les déchets industriels*

On distingue

1. Les déchets industriels toxiques : devant être traités avec de multiples précautions
2. -Les déchets industriels banals (DIB) ou déchets non dangereux : ils sont issus d'activités commerciales, artisanales, industrielles ou de service.
3. -Les déchets industriels spéciaux (DIS) Ils regroupent les déchets dangereux autres que les déchets dangereux des ménages et les déchets d'activité de soins à risque infectieux.

### *I.2.3 Les déchets hospitaliers (DH), déchets d'activités de soins (DAS) ou déchets infectieux*

Ce sont des déchets spécifiques des activités de diagnostic, de suivi et de traitement Préventif, curatif ou palliatif, dans les domaines de la médecine humaine et vétérinaire.

### *I.2.4 Les déchets inertes (DI)*

Les déchets inertes ne subissent aucune modification physique, chimique ou biologique importante.

### *I.2.5 Les déchets fermentescibles*

Ils sont de matières organiques biodégradables : tonte de gazon, épluchures de fruits....

Ce sont les déchets résultant de l'agriculture, de la sylviculture et de l'élevage ;

### *I.2.6 Les déchets ultimes*

Les opérations de traitement produisent de nouveaux déchets : les déchets des déchets en quelque sorte. Ceux-ci seront traités et fournissent encore des déchets.

### I.2.7 Les boues

Se situent à la frontière des domaines respectifs des déchets solides et des eaux résiduaires. On les assimile généralement à des déchets solides. Ce sont des mélanges de solide et de liquide (l'eau dans la plupart des cas), dont la fraction solide est constituée de fines particules.

**I.2.8 Les déchets ménagers et assimilés (DMA) :** Cette catégorie recouvre

1. Les ordures ménagères (OM)
2. Les déchets municipaux (DM) ou urbains, les résidus urbains (déchets du nettoyage), (Leur traitement relève de la responsabilité des municipalités qui peuvent en déléguer la responsabilité à des sociétés ou des syndicats) [3].

## I.3 Caractérisations de déchets ménagers

### I.3.1-Composition physique

Il existe plusieurs méthodes et études pour déterminer la composition physique des déchets qui sont basées sur l'échantillonnage et le tri manuel des déchets pour une zone ou un secteur donné.

La composition des déchets dépend de plusieurs facteurs : climat, saison, type de région, niveau de vie, situation géographique, niveau socio-culturel...

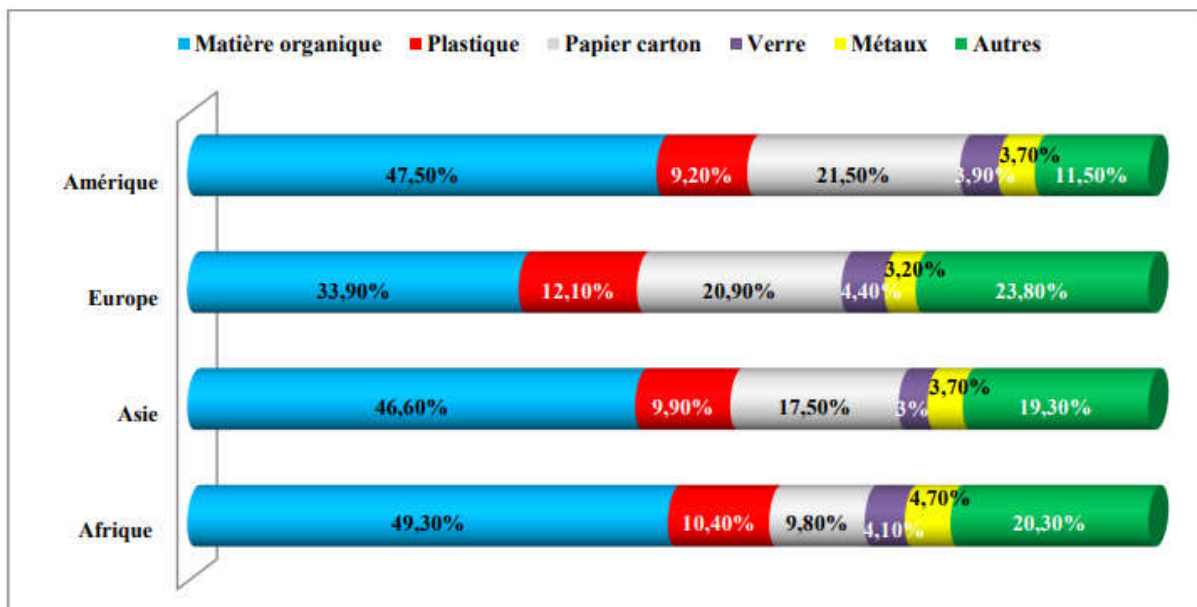


Figure I.1: La composition moyenne des déchets ménagers par continent [4].

### *I.3.2-Composition chimique*

#### **a. Densité**

Elle varie selon la localisation géographique, la durée de stockage, les saisons (pluvieuses ou sèches) et même lors du passage de la source de génération des déchets au conteneur ou au camion. La densité est un facteur important dans le choix d'équipements et de construction d'installations classées et la méthode de collecte des déchets.

#### **b. L'humidité**

Le degré d'humidité fait référence à la quantité d'eau contenue dans les déchets. Elle peut être exprimée de deux façons, soit en pourcentage du poids humide, soit en pourcentage du poids sec. La teneur en eau est très importante pour la plupart des déchets des PED, dont les déchets sont riches en fruits, légumes et reste de nourriture.

#### **c. Matière solide volatile**

Il représente la fraction volatile obtenue par calcination de la matière organique totale (matière organique biodégradable (fermentescibles et papiers) et non biodégradable (plastiques)).

#### **d. Le rapport carbone /azote**

Le rapport C/N représente le rapport entre le carbone organique et l'azote total. Il indique le Potentiel humigène d'un produit et permet d'évaluer son aptitude à se décomposer plus ou moins rapidement dans le sol.

#### **e. Le pouvoir calorifique inférieur (PCI)**

Le PCI des déchets est aussi un paramètre nécessaire pour définir la faisabilité d'un traitement par incinération

#### **f. Métaux lourds**

L'évaluation des quantités des métaux dans les déchets est nécessaire et permet d'évaluer leur potentiel polluant afin de prendre les mesures convenables pour diminuer leur impact sur la santé des populations et sur l'environnement.

### **I.4- Caractérisation microbiologique**

Les déchets sont riches en microorganismes, cela est due au milieu favorable à la prolifération de quelques microorganismes (supports organiques riches, températures, conditions d'aérobiose ou d'anaérobiose particulières) [4].

**Les déchets en Algérie :**

L'Algérie fait face à un besoin urgent de gestion des déchets solides municipaux. L'Agence nationale des déchets (AND) estime que plus de 11 millions de tonnes de déchets sont générés chaque année, et que la production augmente de façon exponentielle. Avec l'émergence de nouveaux modes de consommation de la population, cela entraîne une dégradation de l'environnement et une menace pour la santé publique.

La technologie du biogaz est une technologie qui naît encore

Beaucoup d'attention. Et ce n'est pas nouveau, puisque les premiers biodigesteurs ont été conçus en Algérie par les professeurs français Essman et Dussellier en 1938 à El Harrach (Alger).

Les principaux avantages de la technologie du biogaz incluent sa capacité à ajouter de la valeur aux chaînes de la biomasse en fermant les cycles des matériaux et en permettant une meilleure efficacité énergétique. L'objectif de ce travail est d'extrapoler l'aspect réglementaire environnemental actuel du cas algérien en termes de valorisation énergétique des déchets organiques fermentés par la production de biogaz, et de proposer une loi sur la transition énergétique et la biomasse afin d'accélérer le déploiement de cette énergie renouvelable [5].

**I.5-Types de traitement des déchets**

L'accumulation de déchets provoque des inquiétudes pour la santé et l'environnement, actuellement, on peut distinguer quatre filières principales du traitement des ordures ménagères et assimilés, qui répondent à des problématiques et des évolutions différentes :

- La mise en décharge (le stockage).
- Le recyclage.
- Le traitement thermique (l'incinération, pyrolyse et gazéification).
- Le traitement biologique [aérobie et anaérobie (la méthanisation)] [6].

***1.5.1-La mise en décharge***

Dans les décharges, appelées centres de stockage des déchets, les ordures compactées sont déposées dans des fosses, dites casiers, puis recouvertes de plusieurs mètres de terre. La fermentation se produit en sous-sol durant vingt-cinq ans. Le biogaz formé est capté en continu par un système de drains horizontaux enterrés et de puits verticaux. Pour une meilleure maîtrise de la production du biogaz, un nouveau concept de bioréacteur consiste à produire du gaz dans des casiers étanches, avec réinjection de la lixiviation, le « jus » issu de la dégradation des déchets [7].

### 1.5.2 Le recyclage

Le recyclage est la réintroduction directe d'un déchet dans le cycle de production dont il est issu, en remplacement totale ou partiel d'une matière première neuve. Par exemple, prendre une bouteille cassée, les refondre, et en faire des bouteilles neuves [8].

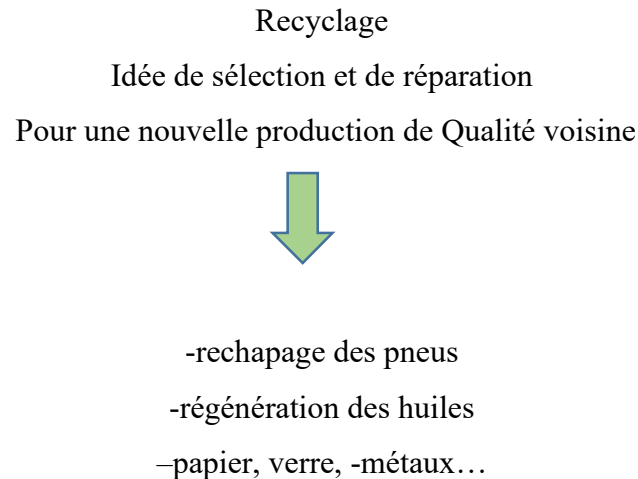


Figure I.2 : Recyclage des déchets organique [8].

### 1.5.3 Le traitement thermique

#### 1.5.3.1 L'incinération

Est utilisée comme un traitement pour un éventail très large de déchets. L'incinération en elle-même n'est couramment qu'une partie d'un système complexe de traitement des déchets qui, ensemble, assure une gestion d'ensemble du large éventail de déchets que la société génère [9].

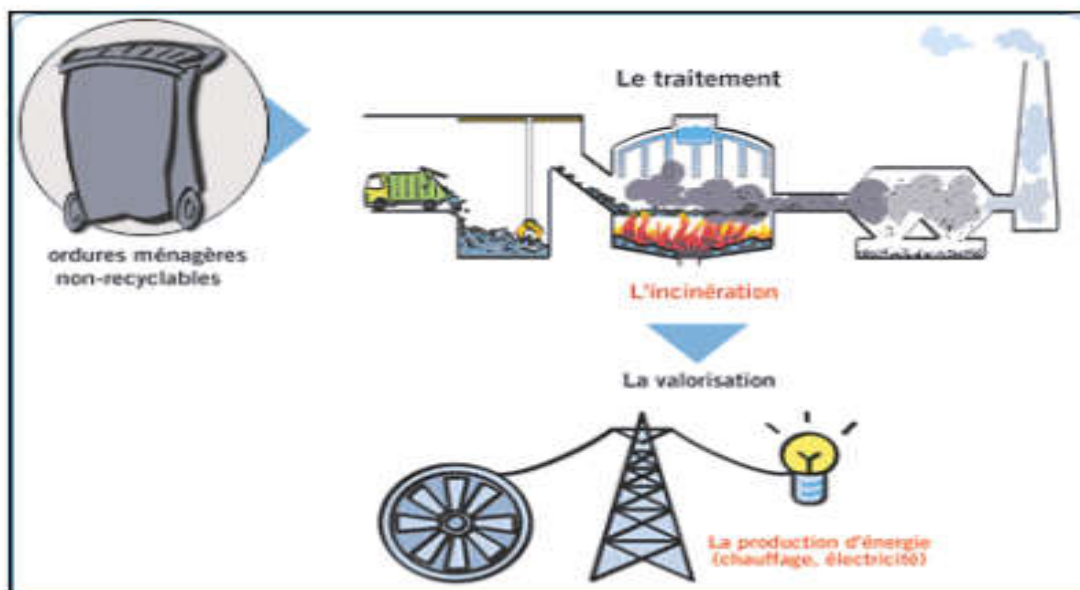


Figure I.3 : Les différentes étapes d'incinération [6].

### I.5.3.2 La pyrolyse

La pyrolyse des déchets, également désignée par thermolyse, est une décomposition thermique qui se fait sous vide, en l'absence d'oxygène ou d'autres comburants. C'est un ensemble de réarrangements chimiques de processus complexes définis avec peu de précisions jusqu'à nos jours. Les réactions produites sont en grande partie endothermiques et exothermiques à certains stades. La quantité, la composition et les propriétés des produits de pyrolyse varient en fonction des conditions opératoires notamment la température, le temps de séjour et la vitesse de chauffage [6].

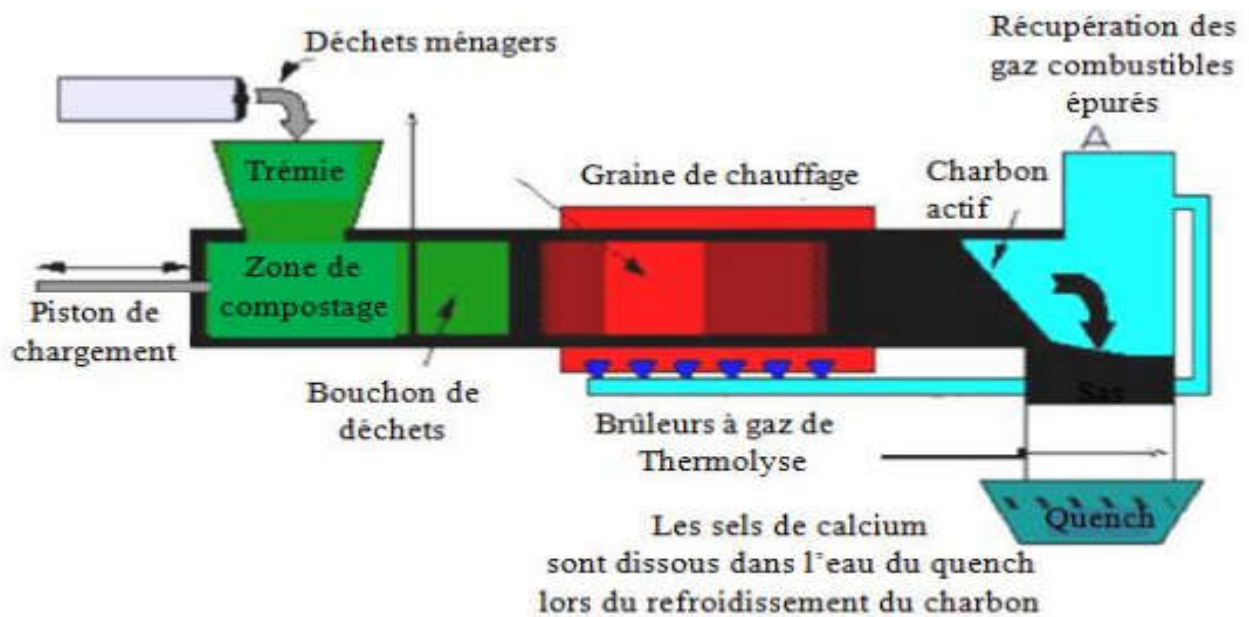


Figure I.4 : Principe de la Pyrolyse [6].

### I.5.3.3 Gazéification

La gazéification est une réaction thermochimique qui suit la pyrolyse, elle consiste à la transformation d'un combustible solide en un combustible gazeux ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CH}_4$  ...). Après épuration, le gaz peut être utilisé dans un moteur ou dans un brûleur. La gazéification peut se faire sous différents gaz réactants : vapeur d'eau, dioxyde de carbone ou encore hydrogène (figure I.3). C'est une réaction endothermique qui se déroule dans un domaine de température comprise entre 800 et 1500°C [6].

La valorisation des déchets traités par gazéification a des avantages par rapport à l'incinération, notamment en ce qui concerne le problème des émissions. En effet, puisque lors de la gazéification un gaz combustible est produit, ce dernier doit être nettoyé afin de pouvoir le valoriser dans un moteur sans l'endommager. A l'inverse de l'incinération, ce nettoyage évite des émissions nuisibles. De plus, étant donné que le procédé est effectué en atmosphère pauvre en oxygène, le principal avantage de la gazéification est la quantité de gaz à nettoyer qui est moins importante que celle dégagée lors de l'incinération. Il faut souligner que ce sont ces fines

particules qui sont facilement inhalées par l'homme et sont responsables des problèmes respiratoires et des allergies cutanées [10].

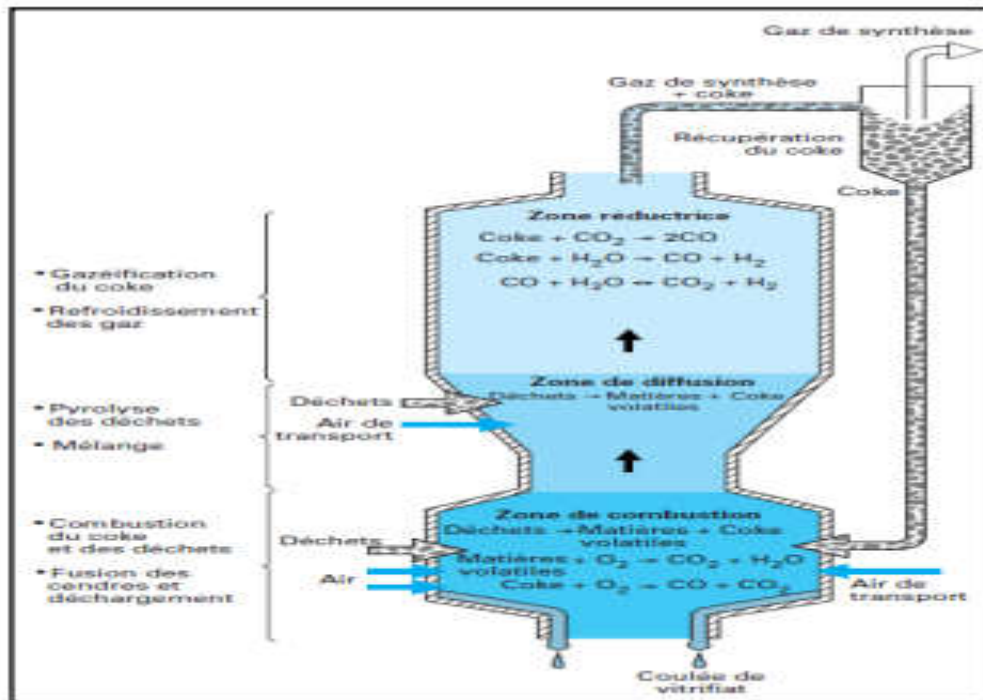


Figure I.5 : Principe de l'étagement réactionnel en gazéification [6].

#### I.5.3.4. Le traitement biologique

Le traitement biologique utilise des micro-organismes vivants pour décomposer des déchets organiques,  $\text{CO}_2$ , et simples substances inorganiques ou en substances organiques plus simples telles que des aldéhydes et des acides. Il existe plusieurs traitements biologiques utilisés pour le traitement des déchets comme : traitements aérobies, traitements anaérobies [10].

##### I.5.3.4.1. Aérobie (le compostage) :

L'une des techniques naturelles de traitement biochimique qui contribue au développement durable, et qui consiste à utiliser l'action de divers organismes aérobies (de micro-organismes, d'insectes et de vers de terre) en présence d'oxygène, pour décomposer sous contrôle (aération, température, humidité), et de façon accélérée, les matières putrescibles. Afin d'avoir un amendement organique en état d'équilibre et riche en humus, le matériel obtenu est appelé compost, de couleur brun foncé, le compost mûr a l'apparence et l'odeur d'un terreau [11].

##### I.5.3.4.2. Anaérobie (la méthanisation) :

La dégradation anaérobique est l'une des technologies basées sur la dégradation des déchets organiques sous l'action des micros organismes (méthanogènes) et en absence d'oxygène. Cette dégradation se traduit par la production d'un produit humide riche en matière organique appelé

digestes [12] et d'un biogaz composé principalement du méthane (mélange de CO<sub>2</sub> et de CH<sub>4</sub>). [13] Cette transformation naturelle est conduite dans des enceintes confinées appelées 'digesteurs', à l'intérieur desquelles les réactions de fermentation sont optimisées et contrôlées [13].

## I.6-Conclusion

Avec la multiplicité des sources de déchets organiques, il existe de nombreuses façons d'en tirer profit, ce qui ouvre le champ à l'investissement et la création d'emplois, et comprend également un cycle de la matière dans la nature. Il est donc nécessaire d'encourager la définition de ces méthodes de santé et leurs méthodes de développement et de lutte qui conduisent à des risques dans le présent et l'avenir, et diffusion sensibilisation de la communauté à ce qui la cause si elle n'est pas traitée.

## I.7-Introduction

L'Algérie a décidé d'investir dans la protection de l'environnement et du développement durable, pour atténuer les impacts négatifs sur l'environnement, de faire converger « transition économique » et « transition environnementale » vers la voie du développement durable.

Quatre objectifs stratégiques de qualité, en rapport avec le programme de réformes économiques :

- ✓ L'amélioration de la santé et de la qualité de vie.
- ✓ La conservation et l'amélioration de la productivité du capital naturel.
- ✓ La réduction des pertes économiques et l'amélioration de la compétitivité ; enfin, la protection de l'environnement régional et global.

## I.8 Cadre réglementaire

- Loi N 01-19 du 12 Décembre 2001, relative à la gestion, au contrôle et l'élimination des déchets.
- Loi N 03-10 du 19 juillet 2003, relative la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable.
- Décret N 02-372 du 11 novembre 2002, relatif aux déchets d'emballages.
- Décret N 02-175 du 20 mai 2002, portant création, organisation et fonctionnement de l'Agence Nationale des Déchets.

Décret N 04-199 du 19 juillet 2004, fixant les modalités de création, organisation, fonctionnement et de financement du système public de reprise et de valorisation des déchets d'emballages Eco-Jem [14].



## I.9 Cadre institutionnel

En application des prescriptions de la loi **01-19**, le MATET a créé l'Agence National des déchets (AND) par décret exécutif N° **02-175** du 20/05/2002. L'Agence est chargée de promouvoir les activités de tri, de collecte, de transport, de traitement, de valorisation et d'élimination des déchets (article 4). Au titre de ses missions, l'Agence est chargée notamment de :

- Fournir l'assistance aux collectivités locales dans le domaine de la gestion des déchets.
- Traiter les données et informations sur les déchets, constituer et actualiser une banque de donnée nationale sur les déchets.
- En matière de tri, de collecte, de transport, de traitement, de valorisation et d'élimination des déchets, l'Agence est chargée.
- D'initier, réaliser ou contribuer à la réalisation d'études, recherches et projets de démonstration.
- De publier et diffuser des informations scientifiques et techniques.
- D'initier et contribuer à la mise en œuvre de programmes de sensibilisation et d'information [15].

L'Agence assure une mission de service public en matière d'information du public de collecte, de transport, de traitement, de valorisation et d'élimination des déchets conformément à un cahier des charges, fixé par arrêté conjoint du ministre de tutelle, du ministre chargé des collectivités locales et du ministre chargé des finances [15].

### ***1.9.1 PROGDEM***

Le **PROGDEM** (programme national de gestion intégrée des déchets municipaux) a été établi par le ministère de l'Aménagement de territoire et de l'environnement (MATAT). Il s'inscrit dans une logique de continuité de la nouvelle politique environnementale, notamment la loi du 01.19 du 12 décembre 2001 relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets. Il vise l'instauration d'une gestion intégrée des déchets à travers la création dans les 48 wilayas de centres d'enfouissement techniques.

#### **1.9.1.1 Objectifs du Programme National de Gestion Intégrée des Déchets Solides**

##### **PROGDEM :**

Le Programme National de Gestion Intégrée des Déchets Solides servira de cadre de référence et de mise en œuvre de la nouvelle politique. Adopté par le gouvernement, les mesures prises comprennent :

- ✓ Collecte, transport et enlèvement.
- ✓ Une politique visant en premier lieu à réduire le volume des déchets et à leur donner une valeur ajoutée par le recyclage et le traitement pour valoriser les déchets.

Il fournira également bon nombre des capacités nécessaires qui seront utilisées pour assurer la gestion intégrée des déchets solides et atteindre les objectifs. Règle liée à :

- ✓ Améliorer les conditions de vie et protéger la santé.
- ✓ Élimination appropriée et raisonnable des déchets et valorisation des déchets valorisables.
- ✓ Création de postes permanents.
- ✓ Déraciner les pratiques actuelles dans les déchetteries non contrôlées.

### ***1.9.2 Les centres d'enfouissement techniques (CET)***

Dans le cadre des réalisations du PROGDEM, 20 CET sont désormais achevés, 34 sont en cours de construction et 26 sont en phase d'étude.<sup>25</sup> La mise en exploitation soulève surtout de interrogations d'ordres financiers. Il faut en effet disposer de ressources suffisantes pour couvrir les coûts associés à la gestion d'un CET qui correspondent à la phase d'exploitation et à la phase de post exploitation.

Le financement de l'exploitation peut se faire via la définition d'un droit d'entrée qui serait exigé à tous ceux qui utilisent cette infrastructure (communes, entreprises), avec la définition d'une taxe environnementale. Cette solution pose néanmoins un problème majeur en termes de capacité à payer des communes, qui devraient donc trouver de nouvelles ressources .

Par ailleurs, la définition d'un droit d'entrée permet d'améliorer l'intérêt économique des filières de récupération et du recyclage ; en effet, pour réduire sa facture, la commune va réduire la quantité des déchets destinés à l'élimination finale en dérivant certaines catégories de déchets vers des filières de valorisation.

### ***1.9.3 Le dispositif Eco Jem***

Le décret exécutif n° 04-199 du 19/07/2004 fixe les modalités de création, d'organisation, de fonctionnement et de financement du système public de traitement et de valorisation des déchets d'emballages Eco jem.

Ce système a pour objet " d'organiser la reprise et le traitement des déchets d'emballages à travers des contrats de service pour la collecte, le tri et la valorisation des déchets ". L'AND étant chargé de la mise en place de ce système.

La contribution d'adhésion au système Eco jem, prélevée auprès des producteurs, conditionneurs, distributeurs et importateurs d'emballages est calculée sur la base du poids total de l'emballage unitaire. Les droits d'adhésion par matériau sont déterminés sur la base des coûts

réels des opérations de collecte sélective, de tri et de valorisation des déchets d'emballages.

[15]

### **I.10 Conclusion**

Une bonne gestion des déchets ne peut se faire sans la participation des citoyens. Ils doivent être conscients de cette problématique liée à leur vie quotidienne, et ils doivent être consultés à ce sujet. La participation est d'autant plus urgente que les problèmes posés par les déchets prennent de plus en plus d'importance. Échelle et que les services chargés de la gérer sont souvent débordés.

## Références

1. Turlan, T., Les déchets-2e éd.: Collecte, traitement, tri, recyclage 2018: Dunod.
2. MOUMEN, O., A. TIFOURA, and F. BOUMEDIENE, Contribution à l'étude d'impact d'une installation d'un incinérateur des déchets ménagers sur l'environnement, cas wilaya de Médéa, 2017.
3. Belaib, A. and O.G. Touati, Etude de la gestion et de la valorisation par compostage des déchets organiques générés par le restaurant universitaire Aicha Oum Elmouminine. 2012.
4. Meriem, A., Optimisation de la gestion des déchets ménagers dans quelques villes de l'Ouest algérien, 2017, Thèse unique, Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem, Algérie.
5. Benaissa, K., Les Déchets et la méthanisation dans la réglementation Algérienne: secteur de transition énergétique abandonné. Tamanghasset, Jun, 2019.
6. Gaffour, H. and K. Ferdjellah, Effet du traitement chimique et aérobie sur le rendement de PBM (Potentiel Biochimique Méthanogène) des déchets organiques du restaurant universitaire, 2017, Université Ahmed Draia-ADRAR.
7. RICAUD, C., Biogaz: Ce qu'il faut savoir. Systèmes solaires (Revue), 2007(179): p. 34-37.
8. Addou, A., Traitement des déchets: valorisation, élimination 2009: Ellipses.
9. Hiligsmann, S., et al., Guide pratique sur la gestion des déchets ménagers et des sites d'enfouissement technique dans les pays du Sud. Points de repère, n° 7, 2006.
10. Kiese, S.E.K.S., Valorisation énergétique des déchets de bois traités par voies thermochimiques (pyrolyse et hydroliquéfaction): Application aux bois traités aux sels de CCB (cuivre-chrome-bore), 2013, Ecole des Mines de Nantes.
11. Duplessis, J. and N. Envirocom, Le compostage facilité: guide sur le compostage domestique 2002: NOVA Envirocom.
12. Ghani, A. and R. Hamouda, Simulation de rendement de méthane des différents types des déchets organiques dans la région d'adrar, 2021, université Ahmed Draia-ADRAR.
13. Vanai, P., Valorisation agronomique d'un compost urbain produit par méthanisation: étude en milieu tropical, 1995, Pacifique.
14. JAAAS, Φ. and A.Q.A. AASAASAAAS, AAAAAA AAAA AAAAA A AAAAA AAAAA.

15. Salem, B. and B. Sultana, Vers une amélioration de la gestion des déchets solides ménagers à Bejaia Towards improved household solid waste management in Bejaia.

# *Chapitre II*

*La méthanisation et*

*Biogaz*

## II.1-Energies renouvelables

Les énergies renouvelables (EnR) désignent un ensemble de moyens de produire de l'énergie à partir de sources ou de ressources théoriquement illimitées, disponibles sans limite de temps ou reconstituables plus rapidement qu'elles ne sont consommées. On parle généralement des énergies renouvelables par opposition aux énergies tirées des combustibles fossiles dont les stocks sont limités et non renouvelables à l'échelle du temps humain : charbon, pétrole, gaz naturel... Au contraire, les énergies renouvelables sont produites à partir de sources comme les rayons du soleil, ou le vent (Figure II.1), qui sont théoriquement illimitées à l'échelle humaine.

Les énergies renouvelables sont également parfois désignées par les termes « énergies vertes » ou « énergies propres », par abus de langage. En effet, si les énergies renouvelables ont bien souvent des avantages écologiques, elles ne sont pas pour autant « vertes » ou « propres » dans le sens où elles ont aussi des conséquences environnementales importantes.

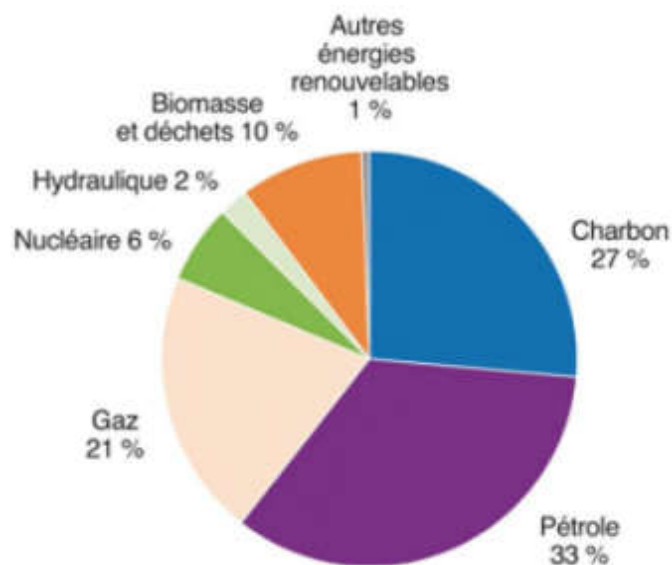


Figure II.1 : Répartition des ressources de production d'énergie mondiale en 2012 [1].

## II.2 Le titre des énergies renouvelables en Algérie :

Entre quantité et Qualité L'utilisation des énergies renouvelables est impérative pour un pays comme celui-ci L'Algérie, qui bénéficie d'un climat favorable au développement et à l'expansion Dans le secteur des énergies renouvelables, notamment dans la production d'électricité. L'Algérie dispose d'un grand potentiel énergétique.

➤ ***L'énergie solaire***

L'Algérie reçoit annuellement sur l'ensemble de son territoire une énergie solaire des plus importantes du monde. Elle s'élève à environ 5,2 millions de milliards de K/W/h/an, soit l'équivalent de : 430 fois les réserves algériennes prouvées en hydrocarbures et 4,8 fois les réserves mondiales prouvées en pétrole.

➤ ***L'éolien***

L'Algérie possède un régime de vent modéré (2 à 6 m/s).

➤ ***Biogaz***

Le biogaz représente un potentiel énergétique encore sous-exploité Algérie.

L'énergie hydraulique Les quantités totales d'eau tombant sur le sol algérien sont importantes et estimées à 65 milliards de m<sup>3</sup>/an. D'un point de vue planification, les ressources La superficie du pays diminue du nord au sud.

➤ ***La biomasse***

Parmi les différentes sources énergétiques renouvelables utilisées figurent celle de la biomasse. Elle constitue un gisement en continuelle augmentation en Algérie et présente une très large diversité de composition. Les déchets non traités présentent une source de pollution non négligeable, notamment les décharges, les centres d'enfouissement techniques, les rejets industriels... À cet effet, la valorisation des GES (gaz à effet de serre) émis par ces déchets à des fins énergétiques (sous forme de biogaz)

➤ ***Géothermie***

Les calcaires jurassiques du nord de l'Algérie sont importants Réservoirs géothermiques, produisant plus de 200 sources thermales Il est situé dans les régions du nord-est et du nord-ouest du pays. Cependant, les possibilités de son utilisation sont encore larges et variées. L'exploitation de cette énergie devient de plus en plus attractive car Développer des techniques d'exploration et d'exploitation. Le différent Les possibilités d'application de cette ressource peuvent aller de l'utilisation de la douche, Chauffer des serres et des bâtiments, sécher des produits agricoles ou produire de l'électricité [2].

### **II.3 Le biogaz**

Le biogaz est produit par un procédé biologique. En l'absence d'oxygène Anaérobie » signifie sans oxygène), la matière organique se décompose pour former un mélange gazeux appelé biogaz. Plusieurs recherches ont été réalisées dans ce contexte, l'histogramme montrant le nombre de publications scientifiques sur la valorisation des déchets organiques.



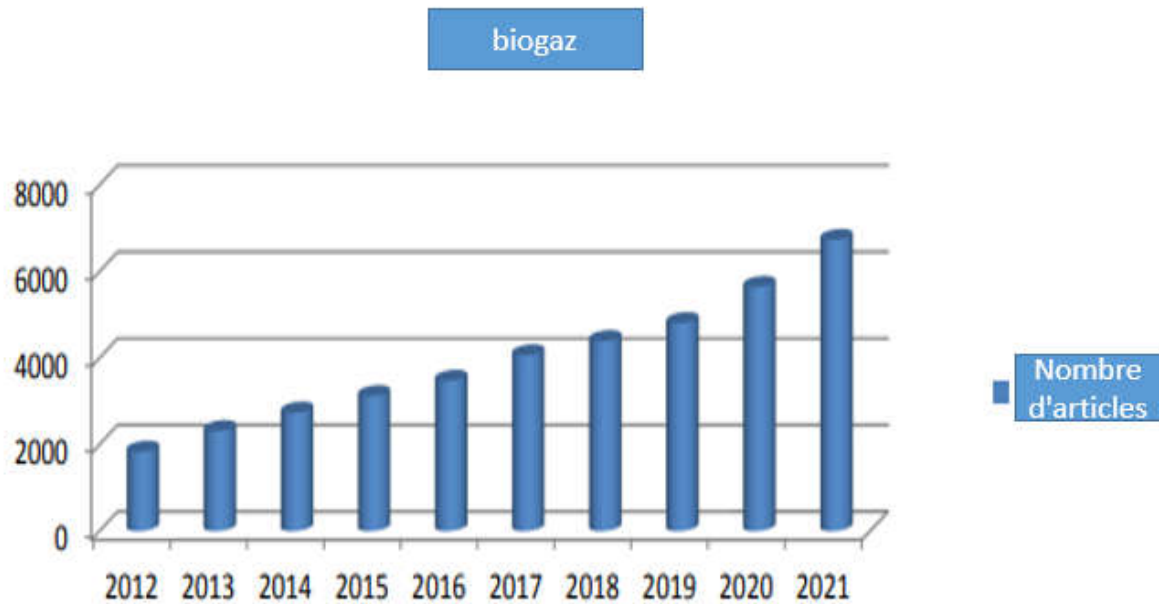


Figure II.2 Histogramme montrant le nombre de publications scientifiques sur la valorisation des déchets organiques [3].

Le biogaz est un mélange de gaz carbonique et méthane provenant de la dégradation des matières organiques, végétales ou animales, dans un milieu en raréfaction d'air (dite fermentation anaérobie ou méthanisation). Cette fermentation est le résultat de l'activité microbienne naturelle ou contrôlée [4].

### ***II.3.1 Caractéristiques du biogaz***

#### ***II.3.1.1 Caractéristiques chimiques***

Le biogaz se caractérise en premier lieu par sa composition chimique et par les caractéristiques physiques qui en découlent. Il est essentiellement un mélange de méthane ( $\text{CH}_4$ ) et de gaz carbonique ( $\text{CO}_2$ ) inerte. Cependant le nom « biogaz » regroupe une grande variété de gaz issus de procédés de traitement spécifiques, à partir des déchets organiques diverses – industriels, d'origine animale, ménagère etc [5].

Tableau II.1: Composition volumique du biogaz issu de déchets organiques

Gaz produits en conditions anaérobie	Teneurs habituels (%)
Méthane CH <sub>4</sub>	50 à 60
Dioxyde de carbone CO <sub>2</sub>	30 à 40
Sulfure d'hydrogène H <sub>2</sub> S	0 à 2
Hydrogène H <sub>2</sub>	2-7
Azote N <sub>2</sub>	0 à 2
Ammoniac (NH <sub>3</sub> )	Traces
CO	Traces

A titre indicatif, 1m<sup>3</sup> de biogaz ; contenant 70% de méthane et 30% de gaz carbonique, libère par combustion environ 6000 Kcal. Son pouvoir calorifique peut être comparé à celui d'autres combustibles ou d'autres sources énergétiques [6].

1m<sup>3</sup> de biogaz (70% CH<sub>4</sub> et 30% CO<sub>2</sub>) équivaut énergétiquement à :



Figure II.3 : Equivalences énergétiques de 1m<sup>3</sup> de méthane [6].

### II.3.1.2 Caractéristiques physiques

Selon sa composition, le biogaz présente des caractéristiques qu'il est intéressant de comparer au gaz naturel et au propane. Le biogaz est un gaz sensiblement plus léger que l'air, il produit deux fois moins de calories par combustion à volume égal que le gaz naturel.

## II.4 Purification de biogaz:

### ➤ *Élimination de l'eau*

Le séchage du biogaz est nécessaire en vue de la majorité des valorisations possibles. Il existe différentes solutions techniques pour le réaliser.

➤ ***Condensation le long des conduits***

Elle nécessite des conduites ayant une pente de 1% minimum le long desquels l'eau se condensera. L'utilisation de séparateurs diphasiques permet de récupérer le condensat, dans lequel l'H<sub>2</sub>S sera piégé. Elle est particulièrement adaptée pour des installations de valorisation éloignées de la zone de production. En 2000, sur 375 installations en Allemagne, 61% ont fait le choix de cette solution technologique simple. En sortie de processus, le biogaz séché contient au maximum une fraction molaire d'eau de 0.015 à 15°C.

➤ ***Le séchage par refroidissement et compression***

Le principe est le même que précédemment, sauf qu'on refroidit préalablement le biogaz jusqu'à son point de rosée (environ +5°C) à une pression de 7 bars grâce à une compression pour augmenter la solubilité d'H<sub>2</sub>S dans l'eau. Le séchage par refroidissement nécessite une source froide, qui peut être obtenue soit à partir d'un groupe frigorifique (très consommateur en énergie), soit après utilisations d'un échangeur de chaleur avec l'air extérieur (peu performant). En sortie, pour une pression d'entrée de 7 bars, et pour une pression de vapeur saturante de l'eau à 5°C égale à 900 Pa, la teneur en eau maximale du biogaz sera de l'ordre de 0.012 donc un taux d'humidité inférieur à 80%.

➤ ***Élimination d'H<sub>2</sub>S, des siloxanes et des COV***

De nombreuses solutions technologiques existent d'ores et déjà : nous ne présenterons ici que les plus répandues. Pour une description plus précise des phénomènes physiques mis en jeu et pour une liste plus détaillée des autres solutions [7].

Le traitement minimum à adopter est un séchage du biogaz qui permet d'éliminer par la même occasion une partie de l'H<sub>2</sub>S. Si on ne peut pas connaître avec certitude sa composition du biogaz avant sa production, on conseillera un prétraitement capable d'éliminer une grande partie du soufre et des siloxanes et de réaliser une fois la production commencer une analyse précise pour déterminer quelle solution est la plus adaptée. Dans les techniques les plus couramment utilisées, on peut lister La micro oxygénation pour le biogaz d'origine agricole, l'injection de chlorure de fer pour le traitement des boues et l'adsorption sur charbon actif pour les autres procédés (biogaz industriel, méthanisation de déchets ménagers...). Le traitement des siloxanes se fait majoritairement par adsorption sur charbon actif [7].

## II.5 Stockage de biogaz :

A l'échelle de la ferme, le biogaz peut être stocké dans des gazomètres à basse pression, soit à l'eau (type cloche), soit se (type ballon gonflable).

A l'échelle industrielle, le méthane peut être liquéfiée et transporté en l'état (méthanier) ou mis en réserve dans des poches souterraines, tout comme le gaz naturel [5].

## II.6 Valorisation du biogaz

La valorisation énergétique du biogaz peut prendre plusieurs formes :

- **La production de la chaleur :**

Le biogaz est brûlé dans une chaudière classique ; En utilisant la chaleur de combustion pour produire de la vapeur ou de l'eau chaude ou l'utiliser pour chauffer des fours.

La production séparée de chaleur et d'électricité : d'une part le biogaz est brûlé dans une chaudière et d'autre part dans un moteur thermique relié à un alternateur qui produit de l'électricité ?

- **La production combiné de chaleur et l'électricité ou la cogénération :**

Le biogaz alimente un moteur thermique relié à un alternateur qui produit l'électricité et de la chaleur est récupérée dans les gaz d'échappement et au niveau du moteur

- **L'injection de biogaz dans le réseau de gaz de ville après épuration**

Le biogaz est épuré et enrichi (on parle alors de biométhane) avant d'être distribué dans le réseau de gaz naturel et pour les mêmes utilisations que ce dernier (cuisson, chauffage), ou alors compressé avant d'être utilisé comme carburant pour véhicules. L'injection de biométhane est limitée par le débit de consommation de gaz naturel du réseau en été (mai - septembre). La rentabilité des projets peut en être affectée

- **Un carburant pour automobile :**

Une unité traitante 20000 t/an de déchets peut produire une quantité carburante qui permet à 2000 voitures de parcourir 10000 Km/an [4].

## II.7 Méthanisation

L'ensemble des déchets organiques produits, lors de sa décomposition, d'énormes quantités de méthane et de gaz carbonique. Ces gaz contribuent à l'augmentation de l'effet de serre. La méthanisation est une activité de dépollution car elle apporte une réponse énergétique et écologique au problème du traitement des déchets organiques. En brûlant, le biogaz issu de la méthanisation réduit en effet de 20 fois la pollution des gaz issus de la fermentation.

### II.7.1 définitions de la méthanisation (la digestion anaérobie)

La méthanisation, ou digestion en anaérobie, est un processus basé sur la dégradation de la matière organique par des micro-organismes en absence d'oxygène et de lumière dans des cuves hermétiques (digesteurs) en milieu sec ou liquide. Cette transformation de la matière à donne les produits résultant de la dégradation et peuvent être classés en deux catégories, le biogaz et le digestat. Le biogaz composé majoritairement de méthane ( $\text{CH}_4$ : 50 à 70%), de dioxyde carbone ( $\text{CO}_2$ : 20 à 50%) et d'eau ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Quelques gaz en traces peuvent également être présents ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ) le digestat, produit liquide ou solide composé de matières organiques non dégradées et de minéraux. La méthanisation est un processus de digestion en anaérobie pouvant répondre à un double objectif de valorisation énergétique par récupération de méthane et de stabilisation des déchets organiques. Le biogaz est utilisé comme combustible et digestat, produit solide de la digestion anaérobie, est utilisable comme amendement sur les terres agricoles [8].

### II.7.2 Les étapes de la méthanisation

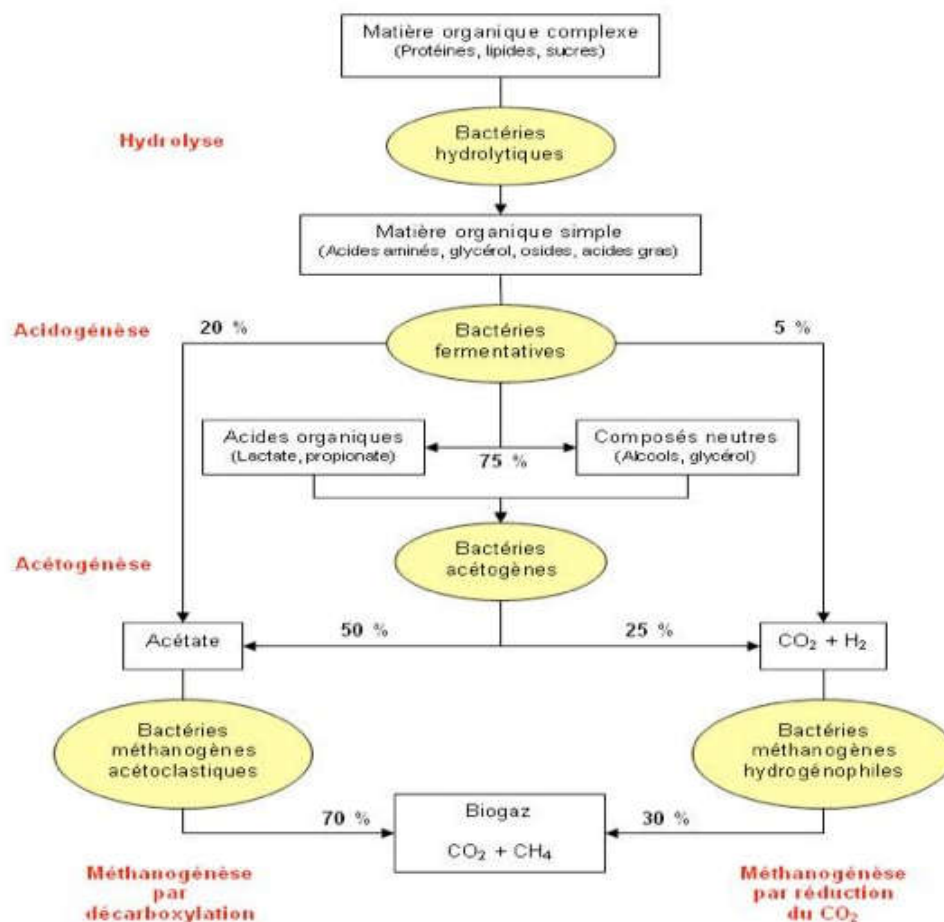


Figure II.4: les principales étapes de la méthanisation [8].

**a) L'hydrolyse**

L'étape d'hydrolyse est la première étape de la digestion anaérobie, au cours de laquelle des macromolécules complexes sont converties en composés plus simples. Le déchet solide est ainsi liquéfié et hydrolysé en petites molécules solubles, à l'origine du jus de fermentation ; on parle de « solubilisation » des matières organiques

Tableau II.2 : Principaux groupes microbiens impliqués dans l'étape d'hydrolyse[1].

<b>Substrat hydrolysé</b>	<b>Groupes microbiens impliqués</b>
Lipides	Anaerovibrio lipolytica Syntrophomonas spp.
Cellulose	Acetivibrio cellulolyticus ...Bacterioides succinogenes
Protéines	Bacteroides spp. Peptococcus spp. Clostridium spp. Butyrivibrio spp.
Composés azotés	Clostridium Bifidobacterium spp. Micrococcus aerogenes

**b) L'acidogenèse**

Au cours de laquelle la plupart des composés organiques simples et des monomères organiques sont convertis en acides gras volatils.

Tableau II.3 : Métabolites des bactéries fermentaires de la digestion anaérobie [1].

Métabolites	Espèces
Acétate	acetivibrio spp. Acetobacterium spp. Clostridium spp. Pelobacter spp.
Butyrate	Butyrivibrio spp. Fusobacterium spp.
Acétate, propionate	Propionibacterium spp. Veillonella spp.
Acétate, lactate	Bifidobacterium spp
Acétate, lactate, formate	Ruminococcs spp.

**c) acétogènes**

Les acides gras volatils et les substances de petite taille moléculaire sont convertis, puis l'acétate peut également être oxydé en H<sub>2</sub> et CO<sub>2</sub> par certaines bactéries.

Tableau II.4 : Bactéries acétogènes de la digestion anaérobie [1].

Groupe	Espèce
Syntrophes	
Sous-groupe 1 : Fermentation du substrat acétate	Butyribacterium spp. Peptococcus Glycinophilus
Sous-groupe 2 : H <sub>2</sub> + CO <sub>2</sub> acétate	Acetoanaerobiunoterae Acetobaterium spp. Clostridium spp. Eubacterium limosum Sporomusa spp.

#### d) La méthanogènese

Les méthanogènes acétotrophes convertissent l'acétate en dioxyde de carbone et en méthane [9].

#### II.7.3 les paramètres influençant la digestion anaérobie

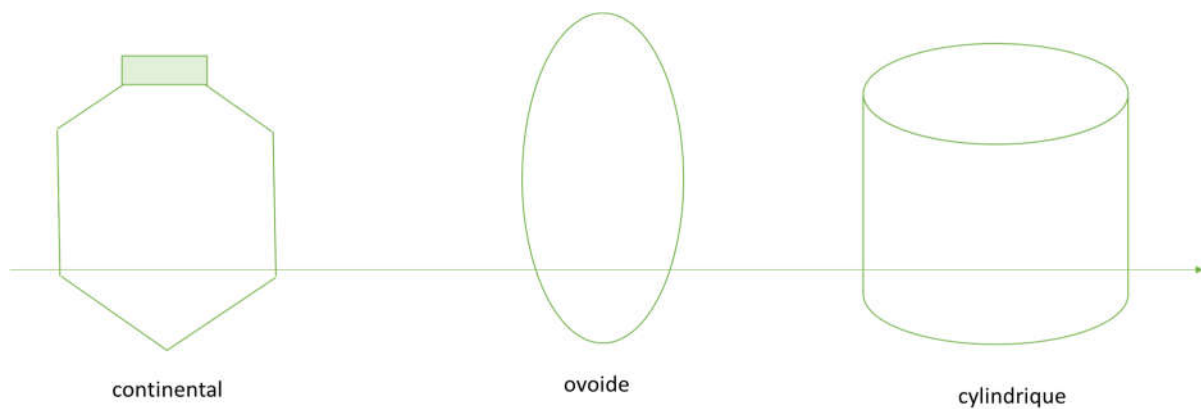
La température est la fermentation méthanique anaérobie peut se dérouler dans trois gammes de températures, selon les préférences d'écologie de température de la flore

- ✓ Psychrophiles : 15-25 °C
- ✓ Mésophiles : 25-45 °C
- ✓ Thermophiles : 55-65 °C

PH, Teneur en matière sèche du substrat, rapport carbone/azote, temps Hébergement dans le digesteur, homogénéisation et dosage des granulés de substrat [10].

#### II.8 Différents systèmes de digesteurs

Le digesteur, cœur où se réalise la méthanisation, appelé aussi fermenteur ou bioréacteur anaérobie. Il existe plusieurs formes de digesteur : ovoïde, cylindrique, ou bien continental.



FigureII.5 : Différentes formes de digesteurs [11] .



### II.8.1 Classification des différents types de digesteurs

Le choix du digesteur varie en fonction du type de déchets à traiter et de l'application projetée, on peut classer les digesteurs selon :

#### II.8.1.1 Le mode de l'alimentation :

##### a- Le digesteur batch ou discontinu

La production de biogaz n'est pas homogène : en début de cycle, elle est lente, la production de biogaz est lente puis s'accélère, atteignant un taux maximum à mi-chemin du processus de dégradation et enfin la chute du cycle lorsque seuls les éléments mal digérés restent dans le digesteur.

##### b- Le digesteur Semi-continu

Le digesteur est progressivement rempli par des charges successives convenablement réparties dans le temps. La vidange est réalisée lorsque le volume utile du digesteur est atteint et que la production de biogaz n'est plus suffisante.

##### c- Le digesteur Continu

Le substrat introduit de manière continue est digéré et déplacé soit mécaniquement soit sous la pression de nouveaux intrants vers la sortie sous forme de digestat. Le fonctionnement en continu, est bien adapté aux installations de grande taille.

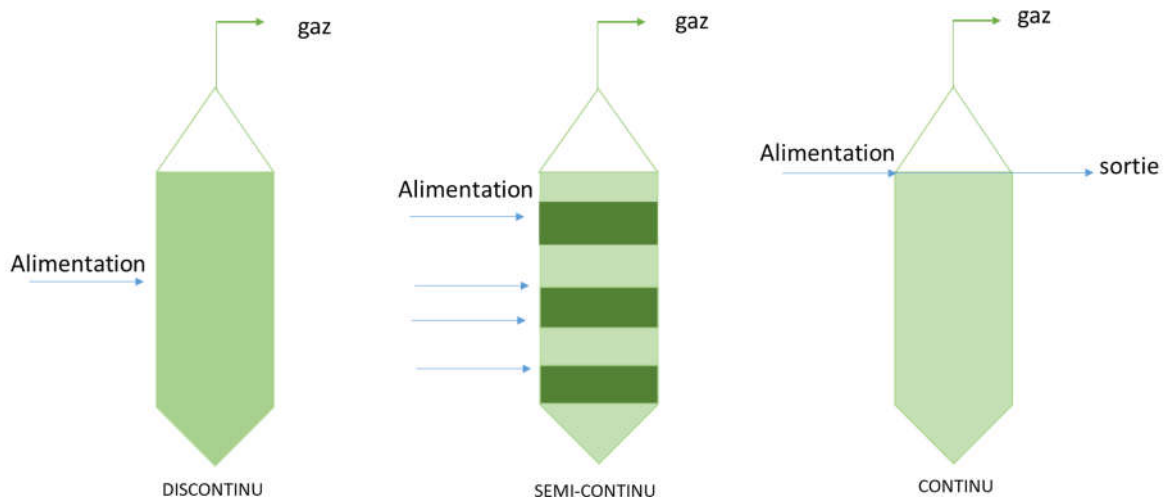


Figure II.6 : Les différents types de digesteurs [11].

#### II.8.1.2 Classification selon le type de substrat Solide :

- ✓ La teneur en matière sèche est supérieure de 15 %.
- ✓ Semi solide ou pâteux : La teneur en matière sèche entre 5 et 15 %.
- ✓ Liquide : La teneur de la matière sèche est inférieure de 5%.

### ***II.8.1.3 Classification selon le nombre d'étapes***

- ✓ Le procédé en mono-étape toutes les étapes dès la digestion ont lieux dans la même enceinte, ils sont exploitables en continu ou en batch et principalement appliqués pour des substrats allant jusqu'à 40% de MS.
- ✓ Le procédé en bi-étape l'avantage des procédés en deux étapes réside dans le fait que cette le solide se décompose dans l'ordre des jours [11].

### ***II.8.2 Les avantages et les inconvénients de la digestion anaérobie***

Les avantages de la digestion anaérobie sont :

- La production du biogaz peut être utilisée comme sources d'énergies renouvelables pour générer trois types d'énergie : chaleur, électricité ou biocarburant.
- Un intérêt agronomique, lié à une concentration importante en azote ammoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) et en phosphates ( $\text{PO}_4^{-3}$ ) due à la lyse de la matière organique ;
- Une demande en énergie plus faible que les procédés aérobies et pas d'apport en oxygène ;
- De faibles impacts environnementaux (stabilisation de la matière organique, réduction des nuisances olfactives, réduction des émissions de gaz à effet de serre...).
- La possibilité de traiter des charges organiques élevées : de 2 à plus de 80 kg de DCO par mètre cube de réacteur et par jour avec des taux d'épuration de 80 à 98%.
- Elle génère un compost qui conserve en grande partie le potentiel fertilisant de la matière de départ.

La digestion anaérobie est un processus biologique qui se produit par dégradation de la matière organique par des organismes vivants en l'absence d'oxygène pour produire un gaz biologique riche en méthane. Elle a été utilisée pour le traitement des déchets solides ménagers afin de réduire la pollution organique. Ainsi, il est considéré comme l'une des solutions d'avenir inscrites dans les objectifs énergétiques de l'Algérie.

Dans ce chapitre, nous avons adopté la phase de production de biogaz à partir d'expériences en laboratoire, qui est la phase la plus chronophage et difficile. Elle se divise en trois étapes:

Comprendre le mécanisme de production de gaz biologique à partir des déchets ménagers.

Examiner différentes techniques de production de biogaz.

Les expériences pour générer du biogaz au niveau du laboratoire de chimie du département de l'agriculture, en préparant un réacteur biologique pour la fermentation anaérobie afin de

produire du biogaz à partir d'échantillons de laboratoire extraits des déchets ménagers de la ville de Biskra et préparés au laboratoire.

## **II.9 Expérience de laboratoire**

Voici un aperçu de la façon de réaliser une expérience de génération de biogaz en laboratoire :

- Collecte de matériaux bio-organiques : Les matériaux bio-organiques peuvent être collectés à partir de diverses sources, telles que les déchets agricoles, industriel et domestique.

Ce matériau doit être coupé en petits morceaux et stocké dans un récipient hermétique.

- Préparation du mélange anaérobie : Un mélange de matières organiques vitales et d'eau est préparé dans un rapport spécifique Mettez-le dans un récipient hermétique.
- Ajout de bactéries en décomposition : des bactéries en décomposition sont ajoutées au mélange anaérobie, et ce sont les bactéries qui Transformer la matière organique en biogaz.
- Bonne étanchéité du contenant : Le contenant doit être fermé hermétiquement pour empêcher l'entrée d'air et maintenir un environnement anaérobie nécessaire à la digestion anaérobie.
- Maintenir une certaine température : Une certaine température peut être maintenue dans la casserole à l'aide d'une combinaison Chauffage de l'eau ou en plaçant le pot dans un récipient d'eau chaude.
- Mesure de la production de gaz : la production de biogaz peut être mesurée à l'aide d'un compteur à pyrolyse (décomposition thermique) ou en fonction de la concentration de biogaz dans le conteneur.

### ***II.9.1 Mode opératoire :***

Les substrats étudiés sont constitués des déchets ménagers de cuisine, tels que les épluchures de carotte, d'oignon, de pomme de terre, de salade et artichauts provenant de la ville de Biskra Ces déchets sont découpés en petits morceaux afin d'assurer une homogénéisation de l'échantillon.

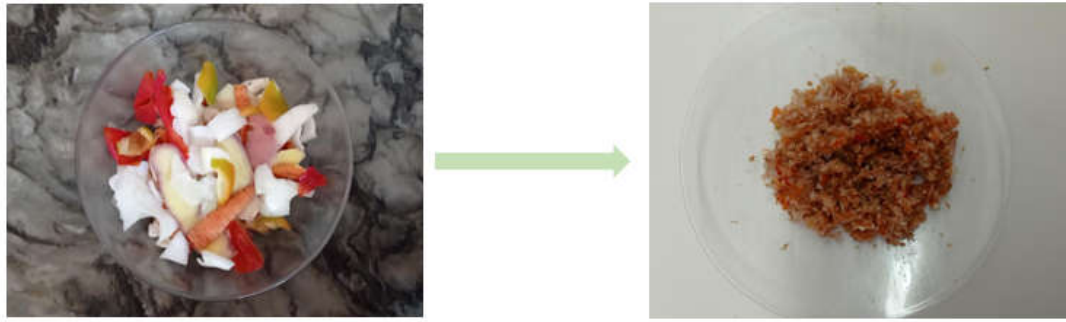


Figure II.7 : Les déchets ménagers

Une quantité de 16 g de ces déchets est introduite avec une quantité d'eau dans un digesteur d'une capacité de un litre fermé hermétiquement pour assurer l'anaérobiose totale, ce réacteur est un montage simple de laboratoire muni d'un tuileau pour assurer l'échappement du biogaz produit, le réacteur est maintenu à 30°C, la même expérience est réalisée aussi à 50°C (Fig. 2). le pH est maintenu au voisinage de 7, cette valeur est adéquate pour le développement des bactéries méthanogènes [12].

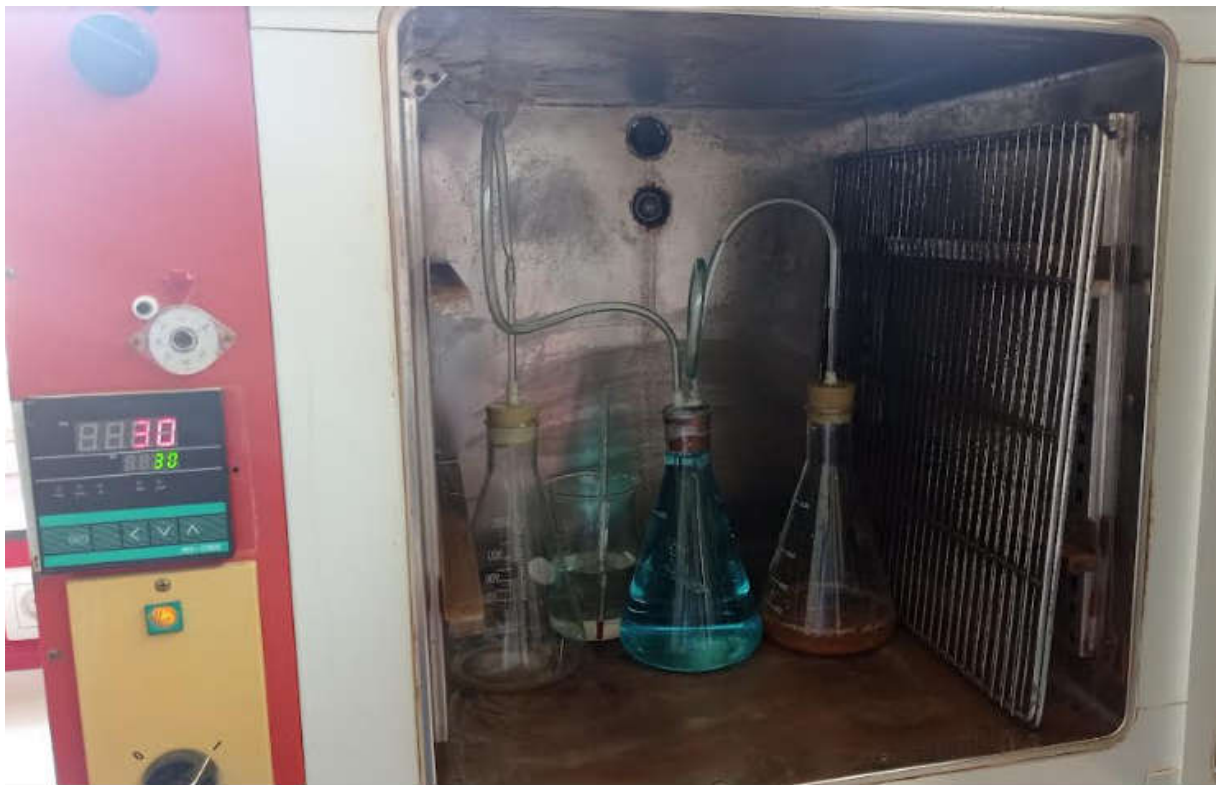


Figure II.8 : le montage  
(Source traitement Ameer maissem et mrabeti aya)

### ➤ *Mode opératoire*

Une quantité de 15 g de ces déchets est introduite avec une quantité d'eau dans un digesteur, d'une capacité d'un litre fermé hermétiquement, pour assurer l'anaérobiose totale. Ce réacteur est un montage simple de laboratoire muni d'un tuileau pour assurer l'échappement du biogaz produit, le réacteur est maintenu à 30°C (Fig.11) le pH est maintenu au voisinage de 7, cette valeur est adéquate pour le développement des bactéries méthanogènes [12]. La même expérience est réalisée aussi à 50°C (Fig.11).

### **II.9.2 expériences avec accélérateur**

Pour détecter l'impact du champignon en tant qu'accélérateur de fermentation sur la production du biogaz dans le système de fermentation anaérobie. L'ajout de micro-organismes tels que le champignon accélère le processus de dégradation de la substance inhibitrice dans les déchets ménagers. L'ajout de micro-organismes était censé diminuer les substances inhibitrices telles les tanins et les polyphénols contenus dans la matière organique. Les résultats de l'analyse relative à cette expérience ont été présentés dans la Figure III.12

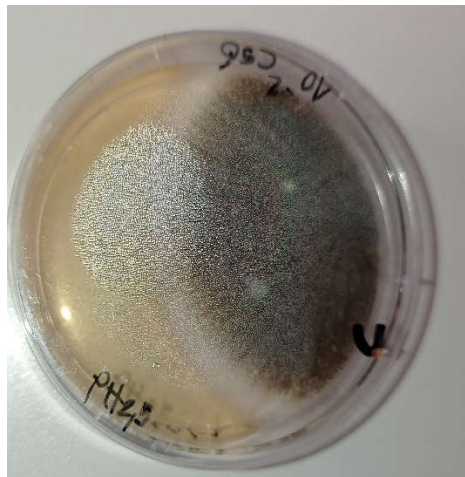


Figure III.12 : accélérateur

### **II.9.3 Résultats et discussions**

D'après la figure 9, On constate que la phase méthanogène se déclenche dès le 15<sup>ème</sup> jour. Elle évolue considérablement, au 39<sup>ème</sup> jour où elle atteint la valeur maximale de 271 ml. Cela explique la transformation des acides gras volatils en biogaz. La production se maintient jusqu'au 39<sup>ème</sup> jour. Par contre, dans le cas de l'expérience à 50°C, le déclenchement est possible avant, à partir du 11<sup>ème</sup> jour. Elle atteint un maximum égal à 273ml au 33<sup>ème</sup> jour.

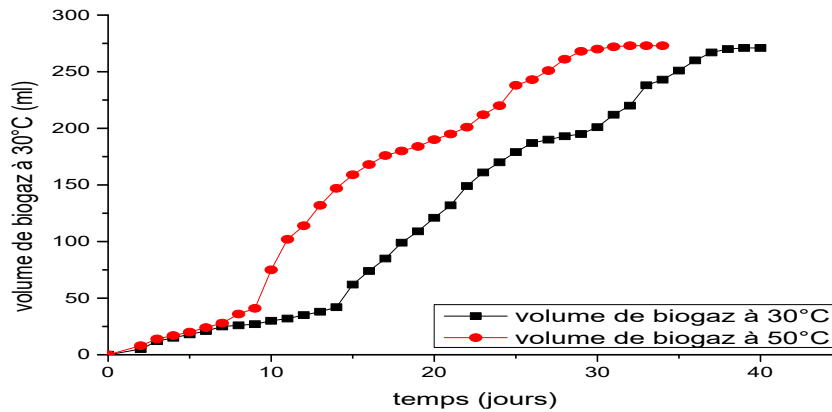


Figure II.13: Cinétique d'évolution cumulée du biogaz pour les températures 30 et 50°C

Nous avons suivi successivement l'évolution du volume de Biogaz produit et en fonction du temps après l'addition du champignon accélérateur de fermentation. Les résultats obtenus sont représentés dans la figure suivante :

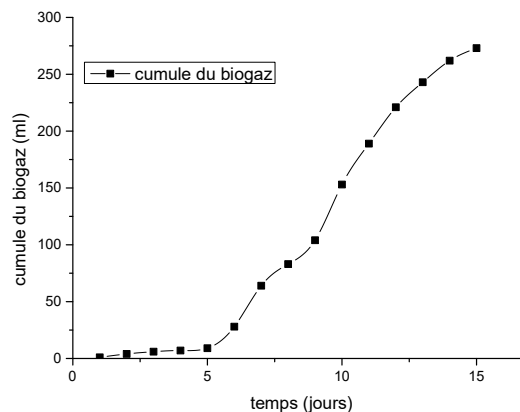


Figure III.14: cinétique d'évolution cumulée du biogaz pour les températures 37°C

A travers la figure III.14, on remarque que pour cette expérience, au-delà des cinq premiers jours, le volume du gaz commence à augmenter d'une façon très remarquable. Et on a cumulé la même quantité de biogaz qu'on a eu dans l'expérience sans accélérateur mais dans une durée de temps plus courte estimée de 15 jours. Cela peut être expliquer que notre champignon a la capacité de dégrader les tannins rapidement.

## II.10 Recommandations et recommandations

Nous avons obtenu des résultats importants dans des expériences de laboratoire qui nous conduisent à ce qui suit

- Encourager le recours à la technologie du biogaz, qui est une source d'énergie propre

- Elimination finale des déchets urbains.
- Réalisation d'un bioréacteur, qui à son tour effectue le traitement anaérobie des déchets dans des conditions appropriées.
- L'incarnation du bioréacteur sous forme de mobilier urbain ou domestique
- L'expérience dans l'habitat collectif est plus efficace du fait de la taille de la population qui entraîne de grandes quantités de déchets.

Proposer un projet de bioréacteur modèle pour travailler à l'échelle d'un quartier communal du port de Biskra

## Références

1. Boutouta, I., Valorisation Energétique des Déchets Solides Urbains de la Ville de Blida, 2012, Mémoire de Master, Université de Blida, Blida, Algérie.
2. Adel, L., La contribution potentielle des énergies renouvelables au développement durable: le cas de l'Algérie. Renewable energy technologies potential contribution to sustainable development: the case of Algeria.
3. Zhou, H. and Z. Wen, Solid-state anaerobic digestion for waste management and biogas production. solid state fermentation: research and industrial applications, 2019: p. 147-168.
4. BOUDABIA, H. and K. DAHOU, VALORISATION DE LA FRACTION ORGANIQUE DES RESIDUS AGRICOLES ET SOUS-PRODUITS OLEICOLES PAR LA CO-METHANISATION, 2019, جامعة غرداية.
5. HAOUAM, S.E. and S. HASSAINE, ETUDE DU POTENTIEL DE VALORISATION ENERGETIQUE DU BIOGAZ DE LA STATION D'EPURATION BARAKI, 2020, Directeur: Mme. FARADJI Djamila Née KHERBOUCHE/Co-directeur: Mme. GHOMRI Amina.
6. Lamir, A. and S. KALLOUM, Production du biogaz à partir des folioles et pétioles des palmiers dattiers (phoenix dactylifera L) variété H'mira, 2020, universite Ahmed Draia-ADRAR.
7. HEMZA, S. and T. SADDAM, ETUDE ET REALISATION D'UN DIGESTEUR ANAEROBIQUE POUR LA PRODUCTION DE BIOGAZ. 2017.
8. BENLENSAR, L., Z. ABDOUNE, and S. KALLOUM, Méthanisation des déchets organiques de restaurant de la résidence universitaire de l'université Africaine ADRAR, 2017, Université Ahmed Draia-ADRAR.
9. Ghani, A. and R. Hamouda, Simulation de rendement de méthane des différents types des déchets organiques dans la région d'adrar, 2021, universite Ahmed Draia-ADRAR.
10. HOUNKANRIN, M.A., Contribution à la production d'énergie électrique à l'abattoir de Cotonou par la valorisation des déchets de panse. 2015.
11. MLOUKI, I., A. AISSAOUI, and M.E.A. DAHOU, L'effet de prétraitement chimique alcalin par KOH sur la production du biogaz à partir des boues de la station de lagunage de la ville d'Adrar, 2017, Université Ahmed Draia-ADRAR.
12. Neves, L., R. Oliveira, and M. Alves, Influence of inoculum activity on the biomethanization of a kitchen waste under different waste/inoculum ratios. Process Biochemistry, 2004. **39**(12): p. 2019-2024.





## المخلص

تعتبر مواضيع إعادة تدوير النفايات ومخلفات المدينة إلى البيوغاز من المواضيع البحثية الحديثة والتي دُنبت على تطويرها العديد من الدراسات المتعلقة بالتسيير الايكولوجي الحضري، الاستدامة والتنمية البيئية، الطاقة المتجددة، نزع تلوث البيئة الحضرية، وذلك من خلال عملية التخمير اللاهوائي للنفايات الصلبة الحضرية بواسطة وحدات الغاز الحيوي. في هذه الدراسة حاولنا التطرق الى هذه المقاربة لدراسة حالة مدينة بسكرة نموذجاً، والتي تتوفر على عوامل مهمة (كمية ونوعية مخلفات الصلبة الغنية بالمواد الدسمة والبروتين، فضلاً على درجات الحرارة المرتفعة)، والتي تسمح باستنساخ التجربة المخبرية للتحلل الاهوائي في شكل تطوير مشروع لمفاعل حضري في اطار التنمية العمرانية المستدامة، وكذا ابتكار مسرعات بيولوجية مما سمح لنا بتجسيد هذه الفكرة (مفاعل حضري أو منزلي) في اطار مؤسسة ناشئة. أظهرت نتائج الدراسة في **مرحلتها الأولى حسب التجربة المخبرية**: أن تأثير المواد العضوية من: البروتينات والدهون المرتفعة جداً في النفايات الصلبة لمدينة بسكرة وتحت درجات حرارة عالية (بين 30° و 50°) ساهمت في انبعاث كميات معتبرة من انبعاث الغاز الحيوي (بيوغاز) في مدة 40 يوم، مسجلة نتائج مهمة جداً على التوالي: 273 مل (في 39 يوم) و 271 مل (في 33 يوم). وبالتالي، **اقترح في المرحلة الثانية** من الدراسة مفاعل حيوي حضري للطاقة في اطار ترجمة توصيات نتائج المذكرة الى مشروع نهاية الدراسة. حقيقة، الظروف الطبيعية المثلى والقيمة الكمية والنوعية النفايات الصلبة المنزلية، فضلاً على تطوير مسرعات بيولوجية (لانبعاث الغاز في مدة اسبوعية) في إطار مشروع مؤسسة ناشئة، مكنتنا من اقتراح مشروع مفاعل منزلي.

**الكلمات المفتاحية:** البيوغاز، النفايات الحضرية الصلبة، الطاقات المتجددة، الاملوثات، التسيير الايكولوجي للمدينة، بسكرة.

## résumé

Le recyclage des déchets ménagers en biogaz est l'un des sujets d'actualité et d'exclusivité dans la recherche de développement de la digestion anaérobie, des domaines : de la gestion écologique urbaine, de développement et l'environnement durable, de l'énergie renouvelable et dépollution des environnements urbains. Cela se fait à l'aide d'unités de production de biogaz. Dans ce contexte, nous avons tenté d'aborder cette approche à travers un cas d'étude exemplaire (ville de Biskra), qui présente des facteurs importants tels que la quantité et la qualité des déchets ménagère solides riches en matières grasses et en protéines, ainsi que des températures élevées. Cela permet de reproduire l'expérience de la dégradation aérobie sous la forme du développement d'un projet de équipement réacteur urbain dans le cadre du développement urbain durable, ainsi que l'innovation de bio-accélerant, dans le afin de concrétiser cette idée (réacteur urbain ou domestique) dans le cadre des projets Start-up. Donc, une première démarche de recherche, basée sur l'expérience en laboratoire, ont montré que l'effet des matières organiques, notamment les niveaux très élevés de protéines et de graisses présentes dans les déchets solides de la ville de Biskra, associé à des températures élevées (entre 30°C et 50°C), a contribué à une émission considérable de biogaz sur une période de 40 jours. Les résultats de de mémoire de fin d'étude (MFE), sont très significatifs ont été enregistrés sur le plan caractérisation et quantification, atteignant respectivement 273 ml (en 39 jours) et 271 ml (en 33 jours, en traduisant les recommandations de la conception d'un réacteur urbain. Une proposition a été faite dans le cadre d'un projet de fin d'étude (PFE) pour un réacteur biologique urbain pour la production d'énergie. En outre, dans le cadre d'un projet de start-up une deuxième démarche de recherche, par le développement des accélérateurs de fermentation hebdo,, nous ont permis de concevoir un projet de réacteur domestique.

**Mots clés :** Biogaz, Ordures ménagère solide, Energie renouvelable, Dépollution, Durabilité, Biskra.

## Abstract

The recycling of household waste into biogas is a current and exclusive topic in the research for the development of anaerobic digestion, in the fields of urban ecological management, sustainable development and environment, renewable energy, and urban environment depollution. This is done through biogas production units. In this context, we attempted to approach this approach through an exemplary case study (the city of Biskra), which presents important factors such as the quantity and quality of solid household waste rich in fats and proteins, as well as high temperatures. This allows for the replication of the aerobic degradation experience through the development of an urban reactor equipment project within the framework of sustainable urban development, as well as the innovation of bio-accelerants, in order to materialize this idea (urban or domestic reactor) within startup projects. Therefore, an initial research approach, based on laboratory experience, showed that the effect of organic materials, particularly the very high levels of proteins and fats present in the solid waste of the city of Biskra, combined with high temperatures (between 30°C and 50°C), contributed to a considerable biogas emission over a period of 40 days. The results of the final thesis project (FTP) were significant in terms of characterization and quantification, reaching 273 ml (in 39 days) and 271 ml (in 33 days), translating the recommendations for the design of an urban reactor. A proposal was made within the framework of a final project (FP) for an urban biological reactor for energy production. Furthermore, as part of a startup project, a second research approach, through the development of weekly fermentation accelerators, allowed us to design a domestic reactor project

**Keyword :** Biogas, Municipal solid waste, Renewable energy, Depollution, Sustainable, Biskra

جامعة محمد خيضر بسكرة  
كلية العلوم الدقيقة و علوم الطبيعة و الحياة  
قسم علوم الأرض و الكون



# مشروع نهاية الدراسة ماستر في إطار القرار 1275

ميدان: هندسة معمارية، عمران و مهن المدينة

شعبة: تسيير التقنيات الحضرية

تخصص: تسيير المدن

رقم: .....

إعداد الطالب:

ميسم عامر

يوم: 2023/06/26

## Le recyclage des ordures ménagères solides (Waste Solid Municipale) pour la production de l'énergie renouvelable en biogaz

### لجنة المناقشة:

مقرر	أ. مح ب	جامعة بسكرة	أميرة وقاف
رئيس	أ. مح أ	جامعة بسكرة	عمارة هيمة
مناقش	أ. مح ب	جامعة بسكرة	علي لمحنت
ممثل الحاضنة	أ. مح	جامعة بسكرة	قطاف فيروز

السنة الجامعية: 2022 – 2023

## Table des matières

<b>Chapitre III : Projet réacteur urbain</b>	
<b>III. 1 Descriptions du site d'étude : la wilaya de Biskra</b>	<b>1</b>
<i>III.1.1 La Situation et limites géographique</i>	<b>1</b>
<i>III.1.2 Limites géographiques</i>	<b>2</b>
<i>III. 1.3 Les accès à la wilaya</i>	<b>2</b>
<i>III.1.4 Etude du milieu</i>	<b>2</b>
<i>III.4.1.1 Reliefs de la région de Biskra</i>	<b>2</b>
<i>III.1.5 Hydrographie</i>	<b>3</b>
<i>III.6-1 Le climat</i>	<b>4</b>
<i>III.1.7 Situation démographique</i>	<b>6</b>
<i>III.1.8 Secteurs de la Commune de Biskra</i>	<b>7</b>
<i>III.1.9 la réalité de la gestion des déchets urbains dans la ville de Biskra</i>	<b>8</b>
<i>III.1.9.1 La production annuelle de déchets dans la ville de Biskra</i>	<b>8</b>
<i>III.1.9.2 Composantes des déchets dans la ville de Biskra</i>	<b>8</b>
<b>III.2 Analyse du cas d'étude</b>	<b>10</b>
<i>III.2.1. Choisir une zone d'étude</i>	<b>10</b>
<i>III.2.1.2 Découpage de la ville de Biskra en POS</i>	<b>10</b>
<i>III.2.1.3 Localisation géographique du domaine d'études</i>	<b>11</b>
<i>III.2.1.4 Placement du domaine d'études</i>	<b>12</b>
<i>III.2.1.5 Etude climatique du terrain</i>	<b>12</b>
<b>III.3 Planificateur d'idée</b>	<b>13</b>
<i>III.3.1 Principe d'occupation du sol</i>	<b>13</b>
<i>III.3.2 Principe de risque</i>	<b>14</b>
<i>III.3.3 principes de connectivité</i>	<b>14</b>
<i>III.3.4 Principe d'écoulement</i>	<b>15</b>
<b>III. 4 Conception et réalisation de l'unité de production de biogaz</b>	<b>15</b>
<i>III.4.1 Choisir un design et calculer ses dimensions</i>	<b>16</b>
<i>III.4.2 Étapes pour établir le réservoir et son fonctionnement</i>	<b>18</b>
<i>III.4.3 Expliquer le mécanisme de fonctionnement du digesteur</i>	<b>19</b>
<i>III.4.4 Facteurs de sécurité dans les unités de production de biogaz</i>	<b>19</b>
<b>III. 5 Plan d'aménagement</b>	<b>21</b>
<b>Reference</b>	<b>22</b>

### III. 1 Descriptions du site d'étude : la wilaya de Biskra

#### III.1.1 La Situation et limites géographique

La wilaya de Biskra est située au sud-est du pays, sur le flanc sud des monts du massif des Aurès, plus exactement dans la zone de transition entre l'Atlas saharien et le Sahara. Elle occupe une superficie de l'ordre de **1 024 600 km<sup>2</sup>**.

Son chef-lieu de wilaya éponyme situé à **470 Km** de la capitale Alger est surnommé « Reine des Ziban ».

#### III.1.2 Limites géographiques :

La wilaya de Biskra est limitée :

- Au nord, par la wilaya de Batna .
- Au nord-est, par la wilaya de Khenchela .
- Au sud-ouest, par la wilaya d'Ouled Djellal.
- Au sud, par la wilaya d'El Oued.



Figure III.1 : cadre de localisation des limites de la wilaya de Biskra

### III.1.3 Les accès à la wilaya :



Figure III.2 : carte d'accès à la wilaya de Biskra[]

### III.1.4. Etude du milieu

#### III.1.4.1 Reliefs de la région de Biskra

Les reliefs de la Wilaya Biskra, se compose de quatre grands ensemble géographiques (ANAT, 2003).

- Les montagnes: Situées au Nord de la région ne contient pas de plantes naturelles (El-Kantara, Djamoura, et M'Chounech).
- Les plateaux: à l'Ouest, ils s'étendent du Nord Jusqu'à ce que vous atteigniez le Sud englobant presque la totalité des dairâtes d'Ouled Djalel, sidi Khaled et une partie de Tolga.
- Les plaines: En El-Outaya, Dousen, se développent vers l'Est et couvrent la quasi-totalité des adirâtes d'El-Outaya, Sidi-Okba et la commune de Doucen et Zribet El-Oued
- Les dépressions: dans la partie Sud-est de la région de Biskra, (chett Melghigh).

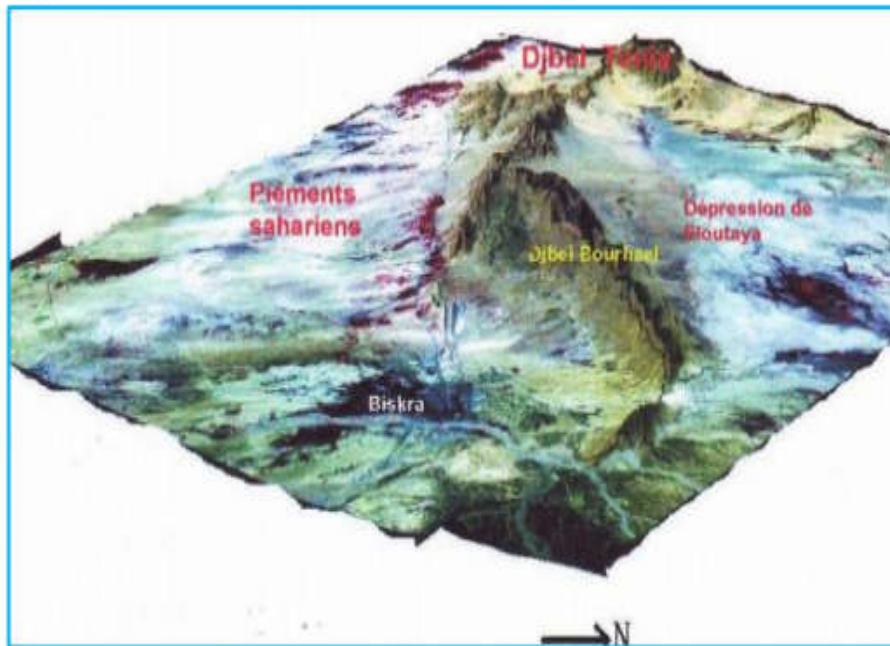


Figure III.3: Modèle numérique du terrain de la région d'étude (Microsoft encarta ,2007) [1]

### III.1.5 Hydrographie :

La région de Biskra est riche en source hydrique (2 milliards m<sup>3</sup>)<sup>82</sup> et pour les eaux souterraines sont stockées dans plusieurs nappes qui se résument en la nappe phréatique (superficielle), la nappe des sables, la nappe Albienne (profonde) et la nappe de calcaire. La région de Biskra est marquée par un réseau hydrographique dense, mais souvent court et temporaire ses vallées sont souvent sèches dans la majorité de l'année. Les plus importants oueds sont : Oued Biskra et Oued Djedi. Oued Biskra traverse la ville du nord au sud-est, il est alimenté par de nombreux autres oueds drainants les eaux des versants sud-ouest des monts des Aurès. Du point de vue hydrologique Biskra appartient au bassin versant du Chott Melghier et plus précisément au sous bassin Djedi Biskra [2].

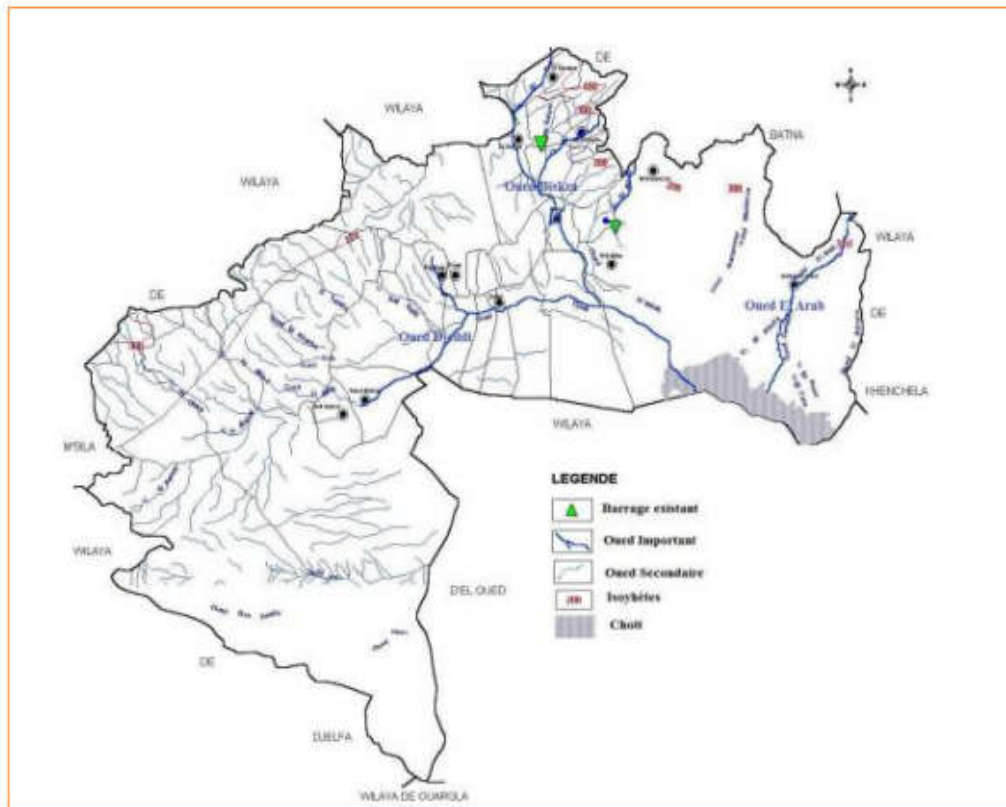


Figure III.4: Réseau hydrographique de la Wilaya de Biskra (Sedrati, 2011) [1].

### III.1.6 Données climatiques de la ville de Biskra :

#### III.1.6.1 Le climat :

La ville de Biskra se trouve dans la zone du climat semi-désertique ou l'été est très chaud et très sec et l'hiver froids et sec aussi.

Tableau III.1 : les températures moyennes, maximales et minimales et les précipitations moyennes mensuelles et même l'humidité, jours de pluie ainsi que les heures de soleil pour les 30 années derrières (1991-2021)

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Jun	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Température moyenne (°C)	9.8	11.2	15.8	20.1	24.9	30.2	33.4	32.4	27.6	22.1	14.8	10.6
Température minimale moyenne (°C)	4.8	5.6	9.5	13.4	18.1	23	26.3	25.9	21.7	16.5	9.8	5.9
Température maximale (°C)	15.2	16.9	21.5	25.8	30.7	36	39.2	36	32.7	27.4	19.9	15.8
Précipitations (mm)	15	8	16	16	9	2	0	4	16	14	13	12
Humidité(%)	60%	50%	40%	34%	30%	24%	22%	26%	36%	43%	55%	62%
Jours de pluie (jrée)	2	2	2	2	1	1	0	1	2	2	2	2
Heures de soleil (h)	8.5	9.4	10.4	11.4	12.5	13.0	12.8	12.1	11.0	9.9	8.9	8.3



D’après ce tableau on observe que les mois les plus chaud dans l’année sont juin, juillet et aout, la température maximale moyennes est enregistrée dans le mois de juillet avec 39.2 °C De l’autre côté, la température minimale moyennes de 4.8°C a été enregistré le mois de janvier. La variation des précipitations entre le mois le plus sec et le mois le plus humide est de 16 mm. Sur l’année, la température varie de 23.5 °C.

En Juin, le plus grand nombre d'heures d'ensoleillement quotidien est mesuré à Biskra en moyenne. En Juin, il y a en moyenne 12.8 heures d'ensoleillement par jour et un total de 396.79 heures d'ensoleillement en Juin.

En Janvier, le nombre d'heures d'ensoleillement quotidien le plus bas est mesuré à Biskra en moyenne. En Janvier, il y a en moyenne 8.27 heures d'ensoleillement par jour et un total de 256.29 heures d'ensoleillement Environ 3900.03 heures d'ensoleillement sont comptées à Biskra tout au long de l'année. Il y a en moyenne 128.15 heures d'ensoleillement par mois.

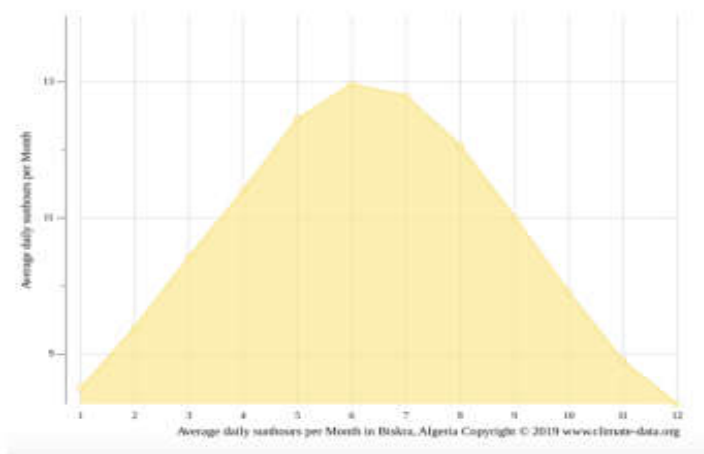


Figure III.5 : les heures d’ensellement en Biskra

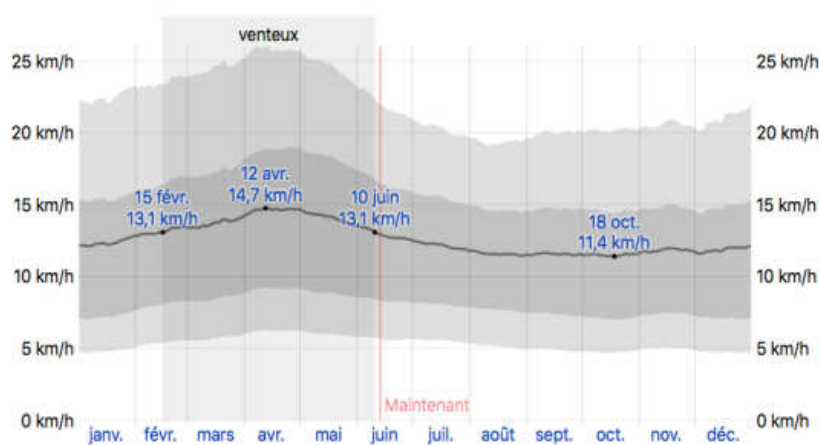


Figure III.6: Courbe graphique, les vitesses des vents.

Les vents de la région varient de calme à faible. La vitesse et la direction du vent instantané varient plus que les moyennes horaires. Les vents commencent à augmenter depuis

le mois de décembre pour diminuer le mois de mai. Le mois le plus calme de l'année à Biskra est octobre, avec une vitesse horaire moyenne du vent de 11,5 kilomètres par heure.

Alors, on peut constater que la ville de Biskra est caractérisée par le soufflement des vents durant toute l'année.[2]

### III.1.7 Situation démographique

Table III.2 : La population de la wilaya de Biskra est de **751 670 habitants** en 2021 et la densité démographique est de **73 habitants au Km<sup>2</sup>**

Commune	Population
Biskra	282 055
El Hadjeb	13 818
El Outaya	15 241
Djamoura	17 156
Branisse	6 018
El Kantara	15 576
Ain Zaatout	5 147
M'Chounech	13 792
Sidi Okba	45 723
Chetma	18 759
El Haouch	7 252
Ain Naga	16 418
Zeribet El-Oued	29 962
El Mizaraa	10 381
El Feidh	17 399
Khenguët Sidi Nadji	4 149
Ourlél	10 159
Lioua	29 223
Oumeche	14 295
Mekhama	7 459
M'Lili	8865
Tolga	76 197
Bouchagroune	17 908
Bordj Ben Azzouz	17 332
Lichana	12569
Foughala	17 040
El Ghrous	22 389
<b>Total</b>	<b>751 670</b>

#### - Répartition de la population par sexe :

- 383 344 habitants de sexe masculin, soit 51% de la population ;
- 368 326 habitants de sexe féminin, soit 49 % de la population.

#### - Répartition de la population par strates : urbaine et rurale

- Population urbaine : 476 185,16 habitants, soit 35% de la population ;

Population rurale : 275 484,84 habitants, soit 65% de la population.

Le taux de croissance de la population est de 2,30% en 2021 [ANIREF - Biskra].

- Structure par âge de la population (Figure III.7) années considérées 2018 et 2021 :

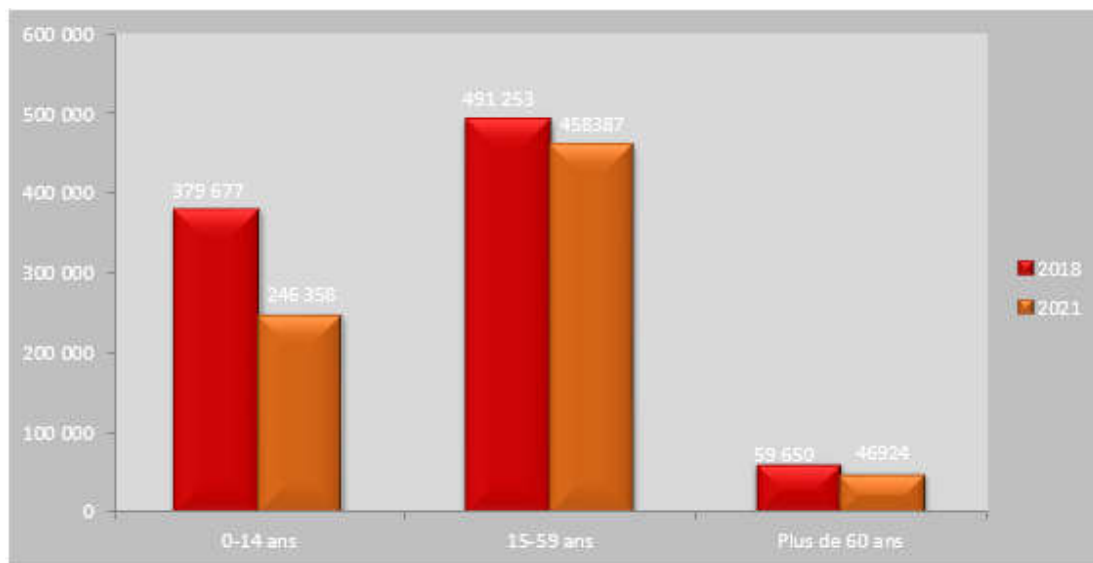


Figure III.7 : Evolution de la structure par âge de la population de la wilaya de Biskra (années 2018 et 2021)

### III.1.8 Secteurs de la Commune de Biskra

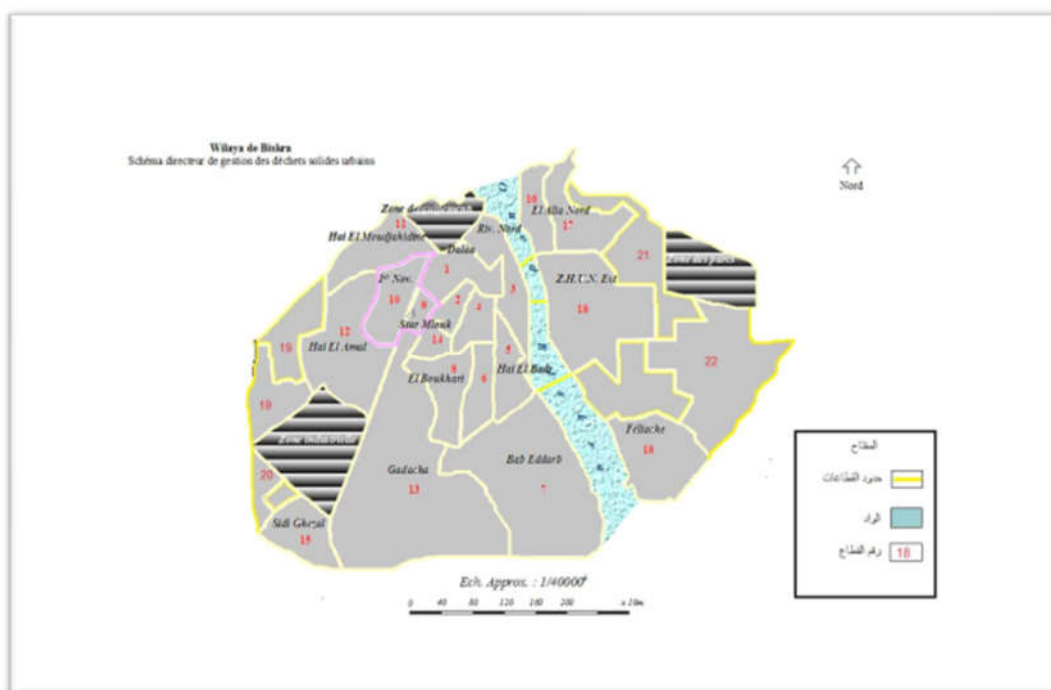


Figure III.8 : découpage communal de la commune de Biskra en secteurs de collecte des déchets

### III.1.9 la réalité de la gestion des déchets urbains dans la ville de Biskra

#### III.1.9.1 La production annuelle de déchets dans la ville de Biskra

La quantité de déchets quotidiens augmente considérablement dans la ville de Biskra, et le graphique montre les estimations de production de déchets annuels sur plusieurs années.

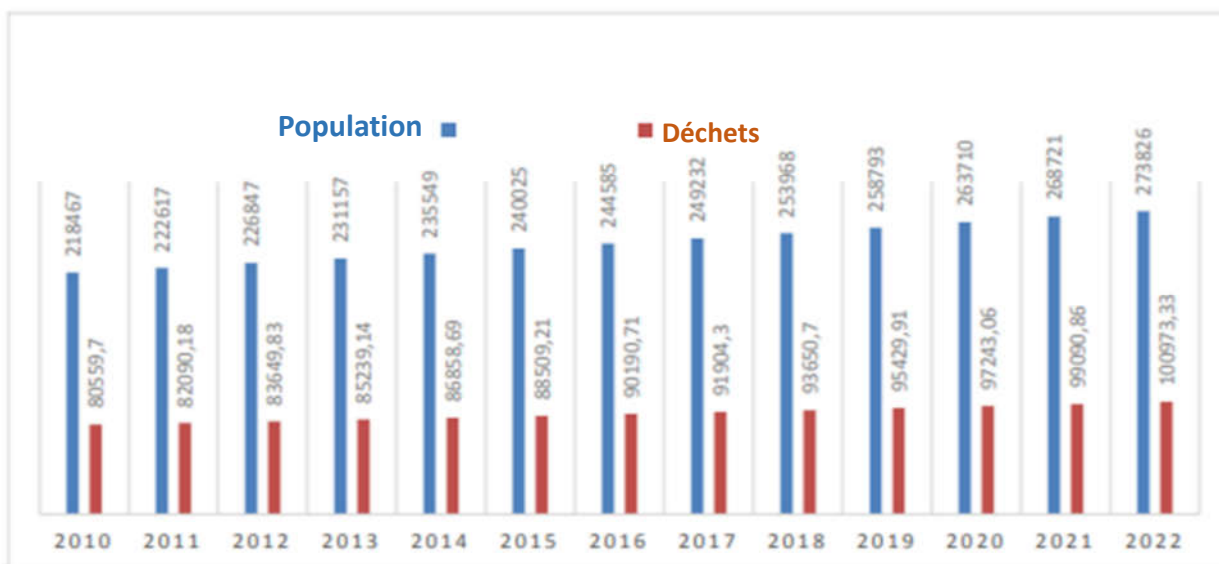


Figure III.9 : La production annuelle de déchets dans la ville de Biskra.

A travers les histogrammes, on remarque une augmentation de la quantité de déchets avec l'augmentation du pourcentage de la population. Cela a entraîné une modification du niveau de vie, car la consommation des citoyens a augmenté et les déchets n'ont pas pu être traités.

Par conséquent, il est nécessaire d'intervenir pour résoudre le problème avant qu'il ne dégénère.

#### III.1.9.2 Composantes des déchets dans la ville de Biskra

Le citoyen de la ville de Biskra laisse l'équivalent de 1,15 kg par jour de déchets solides et fluviiaux comme la montre le tableau III.3

Table III.3 : Composantes des déchets dans la ville de Biskra

Matériaux	Pourcentage (%)
Matières organiques	52.09
Matières plastiques	20.66
Matériaux feuillus	10.02
Matériel histologique	9.04
Matières minérales	4.71
Matériaux d'autres industries	2.66
Matériaux vitreux	0.82
Total	100

A travers le tableau, on remarque que

- **les matières organiques** occupent la plus grande valeur dans les déchets, avec une valeur de **52.09%**, et cela est dû à la diversité de la consommation par habitant et des différents matériaux constitutifs, pour cette catégorie, on trouve donc Pelures de fruits, restes de pain et de nourriture, et restes d'arbres comme les feuilles et les dattes.
- Et la deuxième catégorie vient **Les matières plastiques** de **20.66%**, et cela est également dû aux matériaux qui composent cette catégorie On retrouve des boîtes de yaourt, des sachets de lait et des bouteilles en plastique.
- Matériaux feuillus avec un pourcentage de **10.02 %**, représente un faible pourcentage par rapport aux autres éléments Selon son importance, il se compose de couvertures de journaux et de conserves.
- **Matériaux histologiques** : Cette catégorie comprend des morceaux de tissu usagés, tels que de vieux vêtements, il représente **9.04 %** de la quantité de déchets.
- **Matières minérales**, qui représentent **4.71 %**, et sont constitués principalement de canettes de boisson et de flacons de parfum a présence de matières minérales est faible par rapport aux autres déchets, en raison des excavations sur ces derniers et les revendre sur les marchés du fer ou chez les marchands de fer.
- **Autres matériaux industriels** composés principalement de couvercles de boîtes à médicaments, de batteries de voiture et de câbles L'électricité et les appareils technologiques endommagés, estimés à **2.66%**, et enfin, les matériaux vitreux, à un taux très faible de **0.82 %** par rapport aux autres déchets.

### III.2 Analyse du cas d'étude :

Dans cette partie nous allons essayer d'étudier le périmètre de notre intervention, qui consiste à Il diagnostique et analyse la zone d'étude.

#### III.2.1. Choisir une zone d'étude :

Nous avons choisi la zone d'extension ouest pour son importance :

- Le quartier représente un espace stratégique et constitue l'un des principaux enjeux pour le développement de la ville de Biskra.
- L'impact de la zone d'étude sur la ville.

##### III.2.1.2 Découpage de la ville de Biskra en POS :

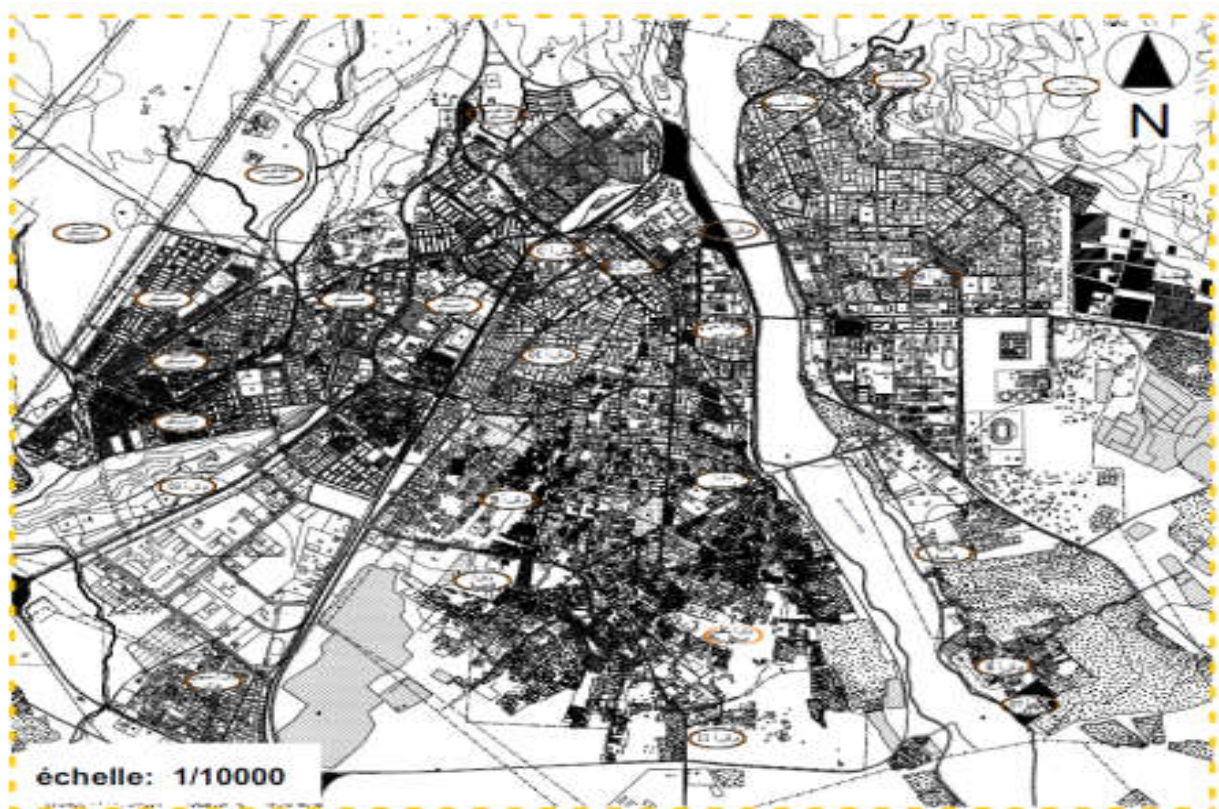


Figure III.10: le découpage du POS de la ville de Biskra 2018

Source : la carte de découpage de la ville de Biskra 2018<sup>+</sup> traitement d'étudiante.

L'utilisation de la carte du découpage en POS de la ville de Biskra qui est composée de 56 POS selon le découpage de 2018, va nous permettre de découvrir les différentes composantes

de la ville sous forme d'entités urbaines qui sont les différents POS afin de Choisir le site d'intervention.

### III.2.1.3 Localisation géographique du domaine d'études :

Le nouveau projet d'extension urbaine dans la région ouest de Biskra, sur une superficie de 51 hectares, se décline en plusieurs propositions d'habitations et d'équipements individuels et collectifs, en plus des voiries et des espaces verts.

- Au sud oued zemar
- Nord :RN03
- Est : RN46
- Ouest : barket eldjrab

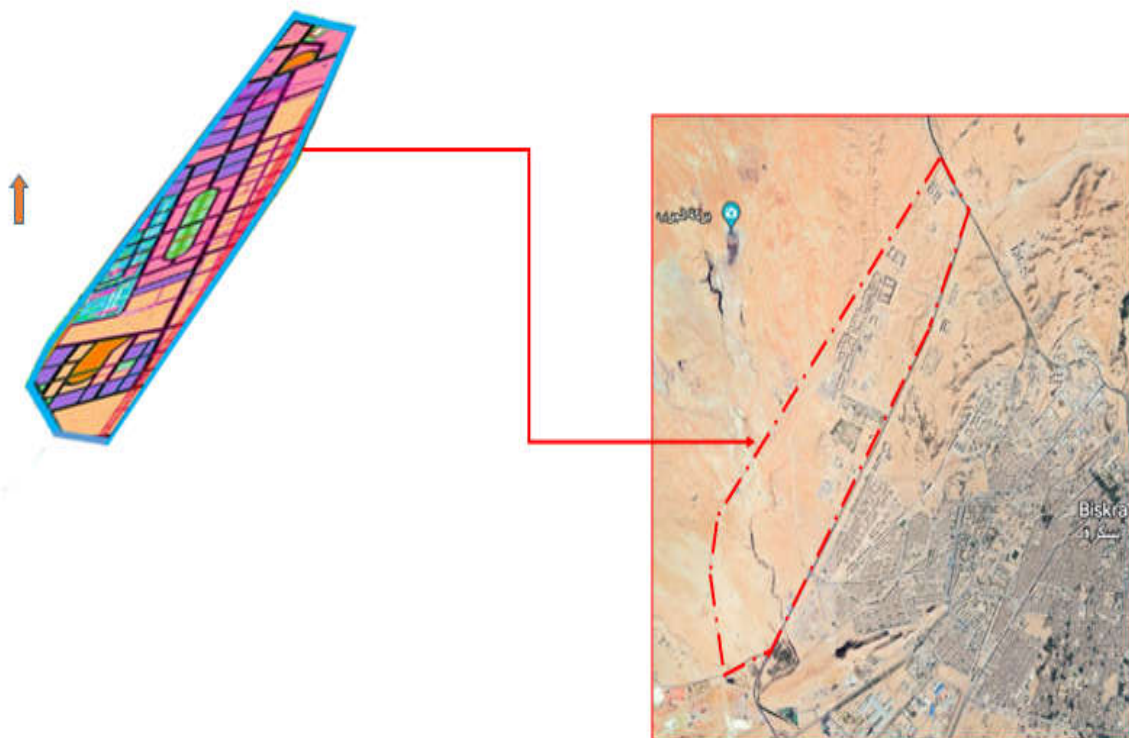


Figure III.11: pos+ google earth

### III.2.1.4 Placement du domaine d'études :

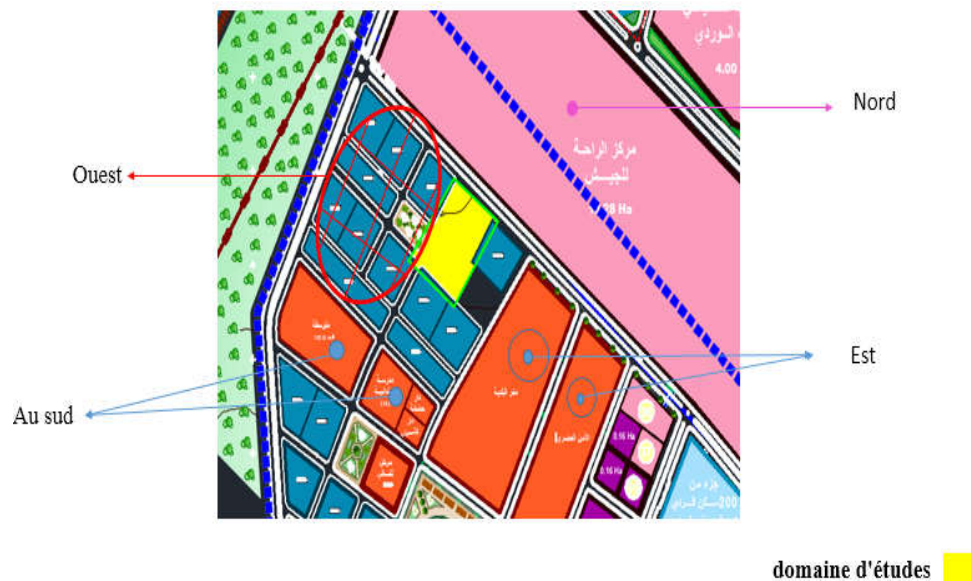


Figure III.12: plan d'occupation des sols de la zone d'étude. [Source pdau]

La zone d'étude est située dans la région nord-ouest de la ville de Biskra avec une superficie de 3000 mètres carrés. Il s'agit d'un terrain vacant proposé pour l'habitat collectif, caractérisé par sa pente, il est bordé par le Nord est le centre de confort de l'armée Equipements proposés Est et Sud Logement proposé Ouest.

#### III.2.1.5 Etude climatique du terrain

Microclimat de la zone d'étude : Le domaine d'étude est caractérisé par un climat semi-aride à relativement sec, en termes de Chaleur et sécheresse en été, froid et sécheresse en hiver, et la température moyenne est d'environ  $4,22^{\circ}\text{C}$ , Il est situé dans une zone pluviométrique comprise entre 294-51 mm par an et se caractérise par des vents du nord-est Vents de sud-ouest souhaitables (froids secs) et indésirables (chauds et secs).



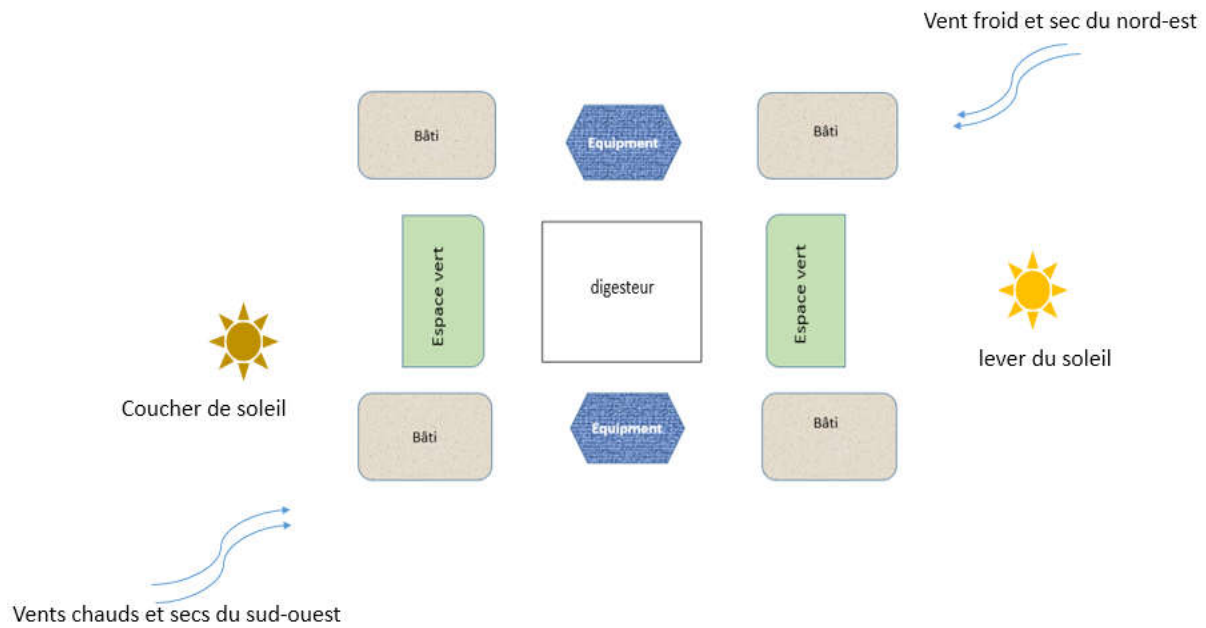


Figure III.13: climatique du terrain

### III.3 Planificateur d'idée

#### III.3.1 Principe d'occupation du sol

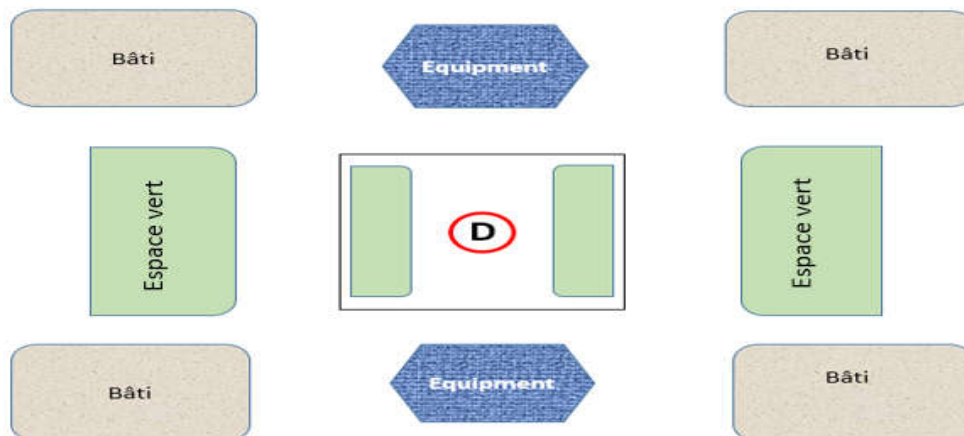


Figure III.14: représente le schéma de la proposition d'idées pour la zone d'étude

Le schéma représente la répartition des installations proposées de sorte qu'il se compose de logements collectifs, d'installations de sécurité et de santé, en plus du bioréacteur dans lequel les déchets organiques sont jetés pour plus tard sur l'environnement du quartier dans le but de former un quartier écologique.

III.3.2 Principe de risque

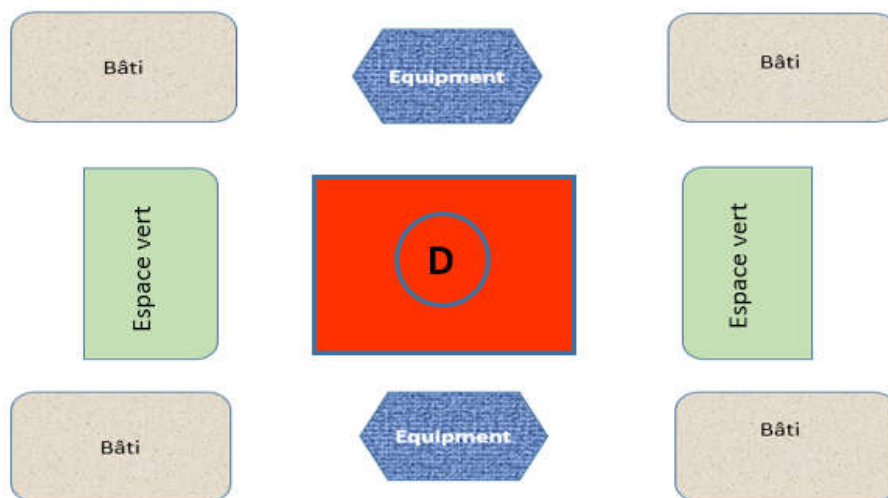


Figure III.15 : schéma représente principe de risque

Le plan représente le degré de danger de l'explosion du bio-réacteur, car nous remarquons sa médiation à l'intérieur des installations, où le degré de danger ne touche pas les résidences et les installations.

III.3.3 principes de connectivité

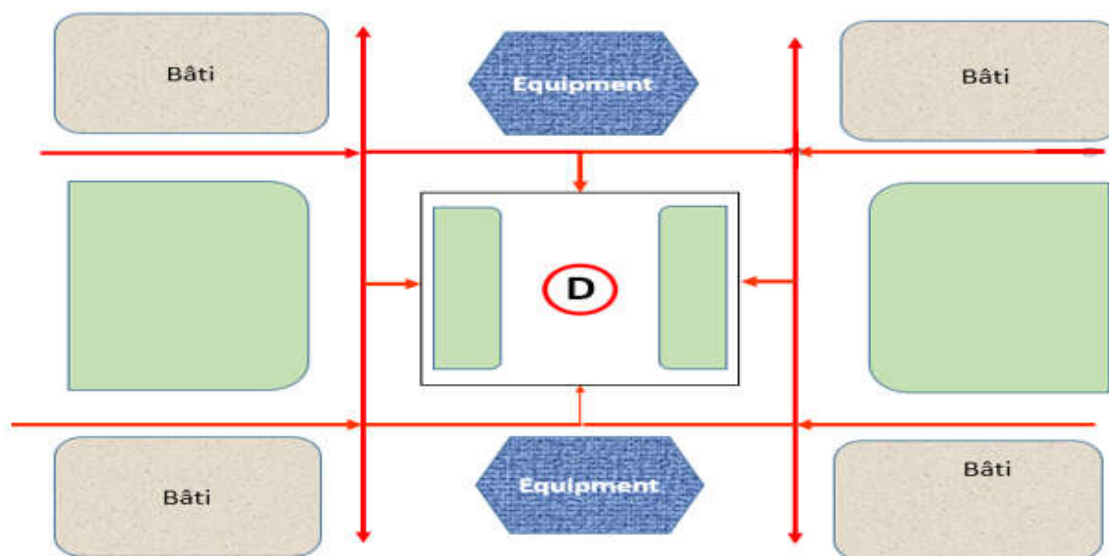


Figure III.16: la répartition des installations proposées et la facilité d'accès au bioréacteur, où l'on remarque sa médiation au sein des installations entourées d'espaces verts, puis les logements sont répartis de part et d'autre du site en plus des installations.

## III.3.4 Principe d'écoulement

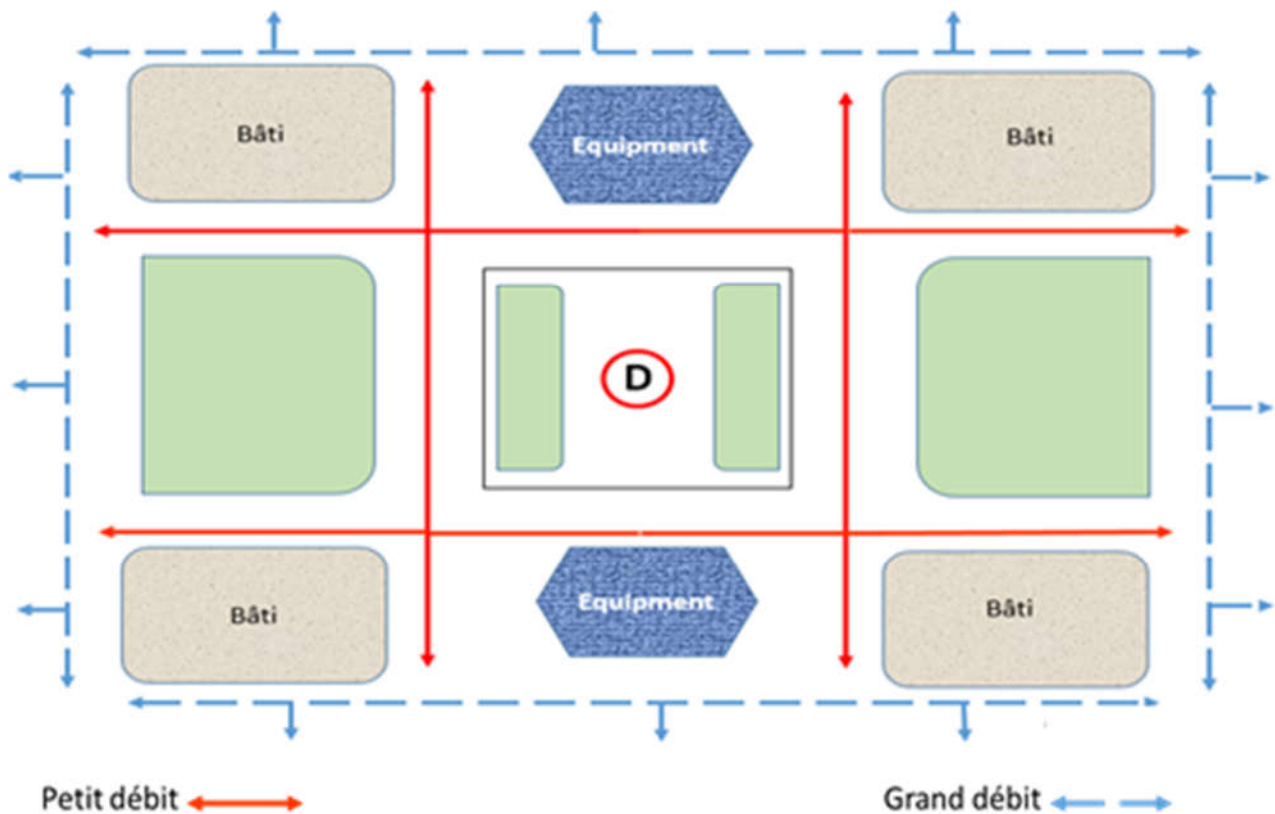


Figure III.17: la quantité de débit dans les routes principales et secondaires, où nous remarquons que les routes principales ont un débit élevé loin du bioréacteur, tandis que le faible débit est à l'intérieur du quartier dans les routes secondaires.

## III. 4 Conception et réalisation de l'unité de production de biogaz

Pour concevoir et implanter une unité de production de biogaz, nous suivons les étapes suivantes :

- a. Déterminer la taille de l'unité de production de biogaz
- b. Choisissez le design et calculez ses dimensions.
- c. Étapes pour établir le fermenteur et son fonctionnement.
- d. Déterminez la taille du réservoir de biogaz.
- e. Conception du réseau de transport de biogaz.
- f. Équipement d'utilisation du gaz

La taille de l'unité de biogaz est déterminée par les facteurs suivants :

- ✓ La quantité de déchets disponibles.
- ✓ Temps de séjour
- ✓ Volume de la demande de biogaz

#### **III.4.1 Choisir un design et calculer ses dimensions :**

Lors de la sélection d'une conception de bioréacteur, la conception doit répondre aux exigences suivantes :

- La robustesse de la conception et la simplicité de sa mise en œuvre, de son exploitation et de sa maintenance.
- Pour accueillir le volume de déchets disponibles sans fuites de déchets et de gaz.
- Le facteur de sécurité doit être significatif compte tenu des facteurs temps et des facteurs systèmes d'assainissement.
- Dans le cas du traitement environnemental, le coût économique est couvert par d'autres avantages inestimables.

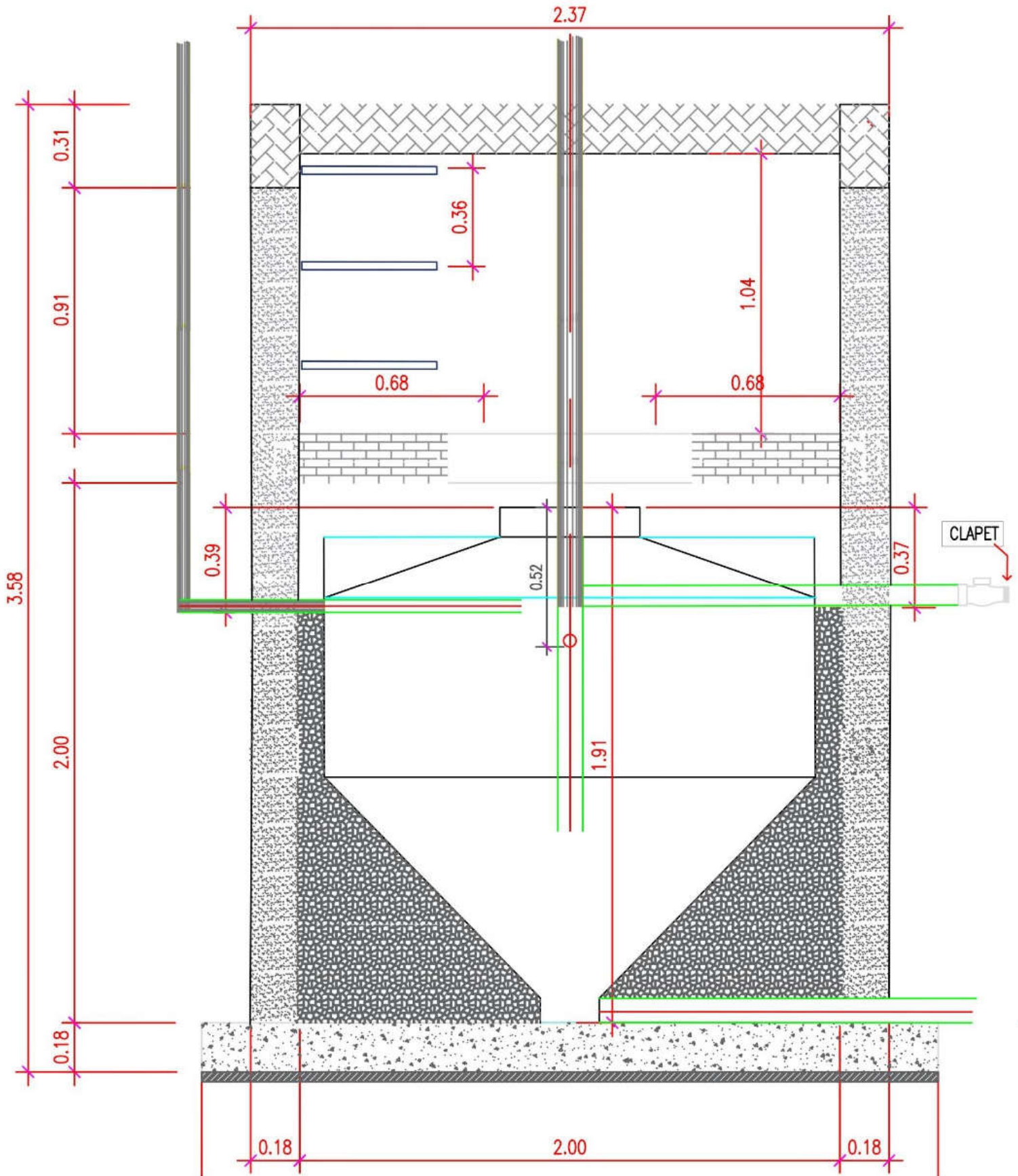


Figure III.18 : Coupe transversale de digesteur

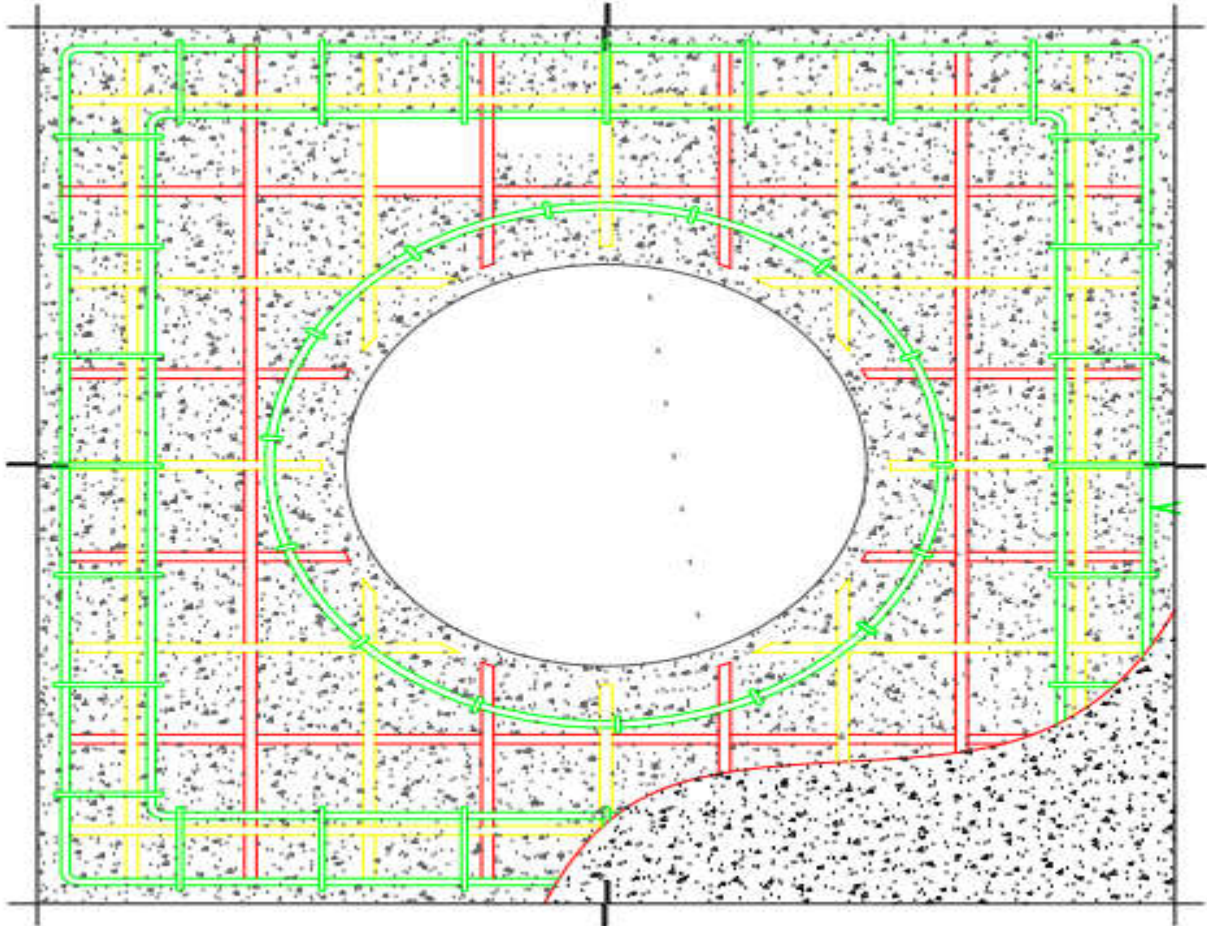


Figure III.19: Coupe horizontale de digesteur

#### III.4.2 Étapes pour établir le réservoir et son fonctionnement

La cuve de traitement est construite à partir de matériaux disponibles localement selon les étapes suivantes :

- Creuser la terre pour dimensionner les mesures après une bonne planification du site.
- Pose de béton blanc dans les soubassements.
- Construire des bâtiments en briques et en mortier de ciment de 1,5 briques autour des parois du réservoir rectangulaire pour représenter un isolant.
- Coulage de la base en béton armé.
- Coulage des parois latérales en béton armé et réalisation de la bride du réservoir de 10 cm à une hauteur de 3,1 mètres de la base.
- Réalisation d'installations pour (Séparateur Solide Gaz) et conduites d'admission de gaz.

- Installation du canal de distribution (canal en U) et des tuyaux de distribution verticaux.
- Installation des tuyaux de la salle d'alimentation, de la salle de sortie et du tuyau sortie de gaz
- Enduire et peindre les murs avec de la flanelle et du mastic
- . Placer le capuchon d'étanchéité 80.
- Installation d'un réseau d'utilisation du gaz.

### **III.4.3 Expliquer le mécanisme de fonctionnement du digesteur**

La cuve est un modèle de fermentation des déchets organiques pour les ordures ménagères, car elle contient un pourcentage élevé de matière organique La durée de vie de la cuve est de plus de 50 ans.

- Le traitement s'effectue avec une grande efficacité (80-95%) selon un temps de séjour de (6-12) heures.
- Les sédiments restants à l'intérieur du réservoir sont considérés comme un engrais 100 % naturel pouvant être utilisé pour les cultures agricoles.
- Le bioréacteur peut être intégré comme mobilier urbain ou urbain.
- Le bioréacteur est raccordé au réseau de gaz pour une utilisation à domicile.

### **III.4.4 Facteurs de sécurité dans les unités de production de biogaz :**

- Ne fumez pas et n'allumez pas de flamme à proximité de l'unité de biogaz.
- Ne pas frapper avec des objets solides sur le réservoir d'essence ou sur les joints métalliques
- Ne pas détecter une fuite de gaz à l'aide d'une flamme.
- Assurez-vous que les vannes sont fermées lorsque le gaz n'est pas utilisé

## III.5 Plan d'aménagement

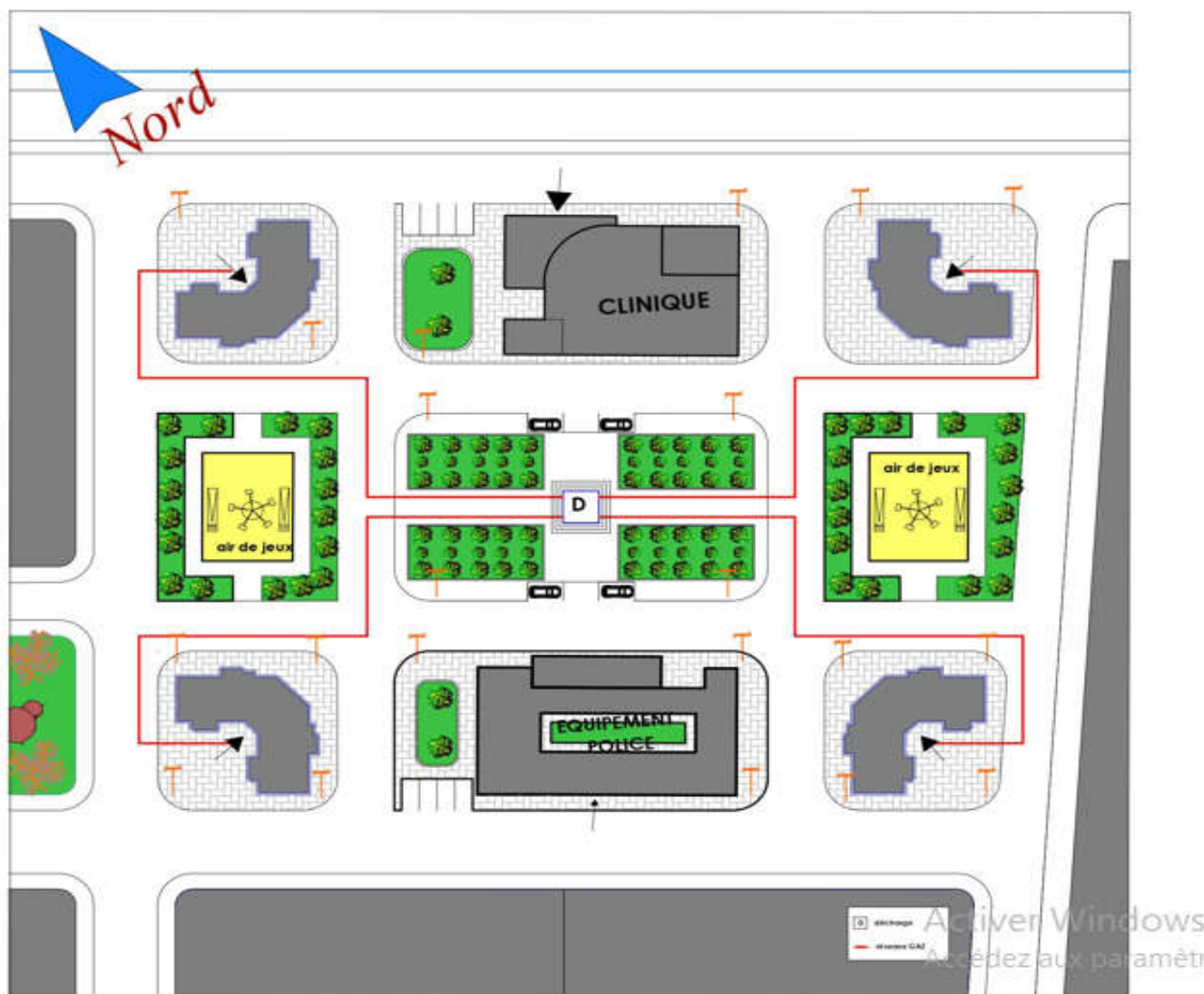


Figure III.20 : Plan d'aménagement de la zone d'étude

La préparation est une proposition de quartier écologique collectif, où le système de traitement et de valorisation des déchets organiques est utilisé, où les déchets ménagers organiques sont collectés uniquement dans un réservoir, qui à son tour convertit ces déchets en biogaz, car cette technologie est considérée comme une nouvelle technologie qui répond à de nombreux problèmes environnementaux, dont le plus important est la réalisation du principe de durabilité et d'orientation vers l'utilisation d'énergies propres.



**Références**

1. Zohra, C., Impact de la Recherche scientifique sur la dégradation de la biodiversité floristique dans la région de Biskra.
2. سوري, ي, L'intégration du concept de développement durable dans les instruments d'urbanisme Cas de la ville de Biskra.
3. Neves, L., R. Oliveira, and M. Alves, Influence of inoculum activity on the biomethanization of a kitchen waste under different waste/inoculum ratios. *Process Biochemistry*, 2004. 39(12): p. 2019-2024.



*Conclusion*

*Générale*

## *Conclusion générale*

Notre pays est actuellement confronté à un engagement stratégique de diversification L'une de ses sources d'énergie, et son objectif est de maintenir ses réserves énergétiques.

Introduction des énergies renouvelables dans notre pays telles que la production de biogaz, Il établira une société basée sur le recyclage, pas sur les déchets. Il On sait que les énergies fossiles ne sont pas éternelles et l'exploitation tôt ou tard épuisera de manière disproportionnée les gisements existants.

Cette étude montre que la valorisation des déchets organiques génère une source d'énergie d'autre part, les résidus de fermentation apportent une contribution importante à Fertilisation du sol. Pour améliorer la bio remédiation au méthane des déchets organiques, il est nécessaire de nombreux facteurs sont contrôlés, notamment la teneur en eau, le substrat utilisé pour accélérer le processus de fermentation, le pH, la température, etc.le biogaz est le résultat de la digestion anaérobie de la matière organique.

Dans ce travail, nous avons mené une série d'expériences, pour fermenter différents substrats avec l'ajout d'accélérateurs pour produire du biogaz inflammable.

Nous espérons que cette étude contribuera à ouvrir de nouveaux horizons pour meilleure valorisation des déchets organiques, évitant ainsi leur élimination dans les décharges publiques et c'est nocif.