

Higher National School of Hydraulic

The Library

Digital Repository of ENSH



المدرسة الوطنية العليا للري

المكتبة

المستودع الرقمي للمدرسة العليا للري



The title (العنوان):

Contribution a l'élaboration d'un dispositif produisant du
BIOGAZ-METHANE .

The paper document Shelf mark (الشفرة) : 6-0041-16

APA Citation (APA توثيق):

Belaidene, Mounia (2016). Contribution a l'élaboration d'un dispositif produisant du
BIOGAZ-METHANE[Thèse de master, ENSH].

The digital repository of the Higher National School for Hydraulics "Digital Repository of ENSH" is a platform for valuing the scientific production of the school's teachers and researchers.

Digital Repository of ENSH aims to limit scientific production, whether published or unpublished (theses, pedagogical publications, periodical articles, books...) and broadcasting it online.

Digital Repository of ENSH is built on the open DSpace software platform and is managed by the Library of the National Higher School for Hydraulics. <http://dspace.ensh.dz/jspui/>

المستودع الرقمي للمدرسة الوطنية العليا للري هو منصة خاصة بتقييم الإنتاج العلمي لأساتذة و باحثي المدرسة.

يهدف المستودع الرقمي للمدرسة إلى حصر الإنتاج العلمي سواء كان منشورا أو غير منشور (أطروحات، مطبوعات، مبداعات، مقالات، الدوريات، كتب....) و بثه على الخط.

المستودع الرقمي للمدرسة مبني على المنصة المفتوحة DSpace و يتم إدارته من طرف مديرية المكتبة للمدرسة العليا للري.

كل الحقوق محفوظة للمدرسة الوطنية العليا للري.

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'HYDRAULIQUE -ARBAOUI Abdellah-

DEPARTEMENT ALIMENTATION EN EAU POTABLE

MEMOIRE DE MASTER

THESE:

**CONTRIBUTION A L'ELABORATION D'UN DISPOSITIF
PRODUISANT DU BIOGAZ-METHANE-.**

PRESENTE PAR :

M^{me} BELAIDENE MOUNIA

Devant les membres du jury

<u>Noms et Prénoms</u>	<u>Grade</u>	<u>Qualité</u>
Mme H. MEDDI	M.C.B	Présidente
Mr A. AMMARI	M.C.B	Membre
Mme S.HOULI	M.A.A	Membre
Mr A.BOUFEKANE	M.A.A	Membre
Mr S.YAHIAOUI	M.A.A	Promoteur

Session - 2015

REMERCIEMENTS

Je remercie le BON DIEU tout puissant de m'avoir prêté vie, santé et volonté pour mener à terme ce modeste travail.

Je ne remercierai jamais assez mes parents et mes frères pour leurs sacrifices, patiences et encouragements ; pour leur soutien moral et pour le magnifique modèle de labeur et de persévérances qu'ils m'ont inculqué.

Mes sincères remerciements vont aller à mon mari KHELIFATI Seddik pour son aide et ses précieux conseils.

Au terme de ce travail. Il m'est agréable d'exprimer mes sincères remerciements et ma profonde gratitude à Mr. YAHIAOUI Samir de m'avoir encadré.

Je tiens à remercier Mr ZIANE le plombier au sein de l'ENSH pour son aide lors de la réalisation de l'installation.

Je m'adresse mes remerciements à toute personne qui a contribué de près ou de loin pour la réalisation de ce travail.

J'adresse également mes vifs remerciements à :

Mr qui m'a fait l'honneur de présider mon jury.

Aux membres de jury :Mme H.MEDDI

Mr A.AMMARI

Mme S.HOULI

Mr .A.BOUFEKANE

qui me font l'honneur d'apprécier et de juger ce travail.

BELAIDENE eps KHELIFATI MOUNIA.

DEDICACE

A mes très chers parents Kaci et Houria

Mon mari Seddik

A mes frères : Mohamed, Mounir et Malek

*A tous ceux qui me sont chers : ma grande famille et
ma belle famille*

Mounia BELAIDENE eps KHELIFATI

ملخص :

لقد ارتفع منتوج الطاقة الأولية ما بين الفترة 1973-2016 حيث أن النفط والفحم أخذوا حصة تفوق 60% من المزيج الطاقوي ولكن هذا النوع يشكل خطرا كبيرا على البيئة، ولذلك يستوجب علينا إيجاد بدائل من الطاقات المتجددة والنظيفة. من خلال مشروعنا سنتطرق إلى موضوع تئمين الغاز الحيوي وذلك بتحقيق تركيب بسيط يبين مدى استغلال هذه الطاقة من أجل انتاج غاز الميثان انطلاقا من مواد عضوية. المذكرة تتكون من قسمين: الأول يتحدث عن مختلف البحوث العلمية التي أجريت في ثلاث فصول، القسم الثاني ومن خلاله قمنا بتقديم البروتوكول التجريبي، وصف التجربة وفي الأخير تفسير النتائج.

Résumé :

La production d'énergie primaire dans le monde s'est amplifiée entre 1973 et 2016. Le pétrole et le charbon comptent à eux seuls pour plus de 60% du mix énergétique. Mais ce type d'énergie présente un risque majeur pour l'environnement de ce fait, il est indispensable de trouver des énergies alternatives renouvelables et propres. Notre projet consiste à mettre en valeur la valorisation de l'énergie biogaz tout en réalisant un simple dispositif dans le but de produire le méthane à partir de la matière organique. Le mémoire se compose de deux parties : dans la première partie, nous avons effectué une recherche bibliographique contenant trois chapitres. Dans la deuxième partie, il s'agit d'abord de présenter le protocole, de décrire notre expérimentation et enfin interpréter les résultats.

Abstract :

Production of primary energy in the world has intensified between 1973 and 2012. The oil and coal alone account for over 60% of the energy mix. But this type of energy present a major risk to the environment because of oil and coal, it is essential to find renewable and clean energy alternatives. Our project is to enhance the recovery of biogas energy while realizing a simple device in order to produce methane from organic matter. The memory consists of two parts: in the first part, we conducted a literature containing three chapters. In part, this is first to present the protocol to describe our experiments and finally interpret the results.

Sommaire

Partie I : RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LES SOURCES D'ENERGIE

Introduction	1
I.2.Historique	1
I.3. Les transformations d'énergie.....	2
I.3.1 Energie primaire.....	2
I.3.2. Energie secondaire	2
I.3.3Energie finale	2
I.3.4. Energie utile	2
I.4. Classification des énergies	3
I.4.1.Energies non renouvelables.....	3
I.4.2.Energies renouvelables :	8
Conclusion	15

CHAPITRE II : UTILISATION DES ENERGIES DANS LE MONDE ET EN ALGERIE

Introduction	16
II.1. L'explosion énergétique :	16
II.2.Evolution de la consommation mondiale d'énergie :	16
II.3.La demande énergétique au quotidien :	17
II.4.Production d'énergie dans le monde	17
II.4.1Energie fossile	18
II.4.2.Energie nucléaire	19
II.4.3.Energies renouvelables	19
II.5. Reserve d'énergie	20
II.5.1.Réserves des énergies fossiles	20
II.5.2.Réserves des énergies renouvelables	20
II.6.Impact des énergies sur l'environnement	20
II.6.1.Le changement climatique :.....	21
II.7.La politique internationale vis-à-vis des changements climatique	22
II.7.1. La convention Cadre des Nations Unies 1992 à Rio	22
II.7.2.Le protocole de Kyoto 1997	22

II.8.Situation énergétique en Algérie	22
II.8.1. Développement des énergies renouvelables en Algérie.....	23
II.9.Nécessité du développement de nouvelles ressources énergétiques.....	24
Conclusion	25

Chapitre III : VALORISATION DE L'ENERGIE BIOMASSE

Introduction	26
III.1.Définition :	26
III.1.1.les ressources en biomasse :	26
III.2.Utilisation de la biomasse dans le monde	27
III.2.1.La biomasse en Europe	27
III.2.2.La biomasse en Afrique	28
III.3.Utilisation de la biomasse en Algérie :.....	28
III.3.1.Programme Algérien des énergies renouvelables :.....	29
III.4. Les transformations de la biomasse :	30
III.4.1.Fonctionnement technique ou scientifique	30
III.5.L'Energie biogaz :.....	33
III.5.1.Les sources de biogaz :.....	33
III.5.2.La méthanisation :	34
III.6.La production de biogaz par voie de méthanisation :.....	40
Conclusion	40

PARTIE II : EXPERIMENTALE

CHAPITRE IV : EXPERIMENTATION

IV.1.Objectif :.....	41
IV.2.Protocole expérimentale :.....	41
IV.2.1.Présentation du dispositif expérimental :	41
IV.1.2.1Matériel nécessaire de l'expérimentation :.....	42
IV.2.Montage du dispositif :.....	42
IV.2.1.Préparation de la matière organique :.....	42
IV.2.2.Préparation des digesteurs :.....	44

IV.2.3. Stockage de gaz :	47
IV.2.4. Montage de la soupape :	49
IV.2.5. Raccord des deux installations :	50
IV.2.6. Montage de bruleur :	50
IV.2.7. Vérification de l'étanchéité du dispositif :	51
IV.3. Les paramètres physico-chimique du dispositif :	51
IV.3.1. La température :	51
IV.3.2. Le PH de la matière organique :	52
IV.5. La mise en marche de l'installation :	52
IV.6. Interprétation des résultats :	55

CHAPITRE V : POSSIBILITE DE VULGARISER LA TECHNIQUE A GRANDE ECHELLE

Introduction :	57
V.1. Généralités :	57
V.1.1. Filières de traitement des eaux usées :	57
V.1.2. Valorisation des boues :	57
V.2. Utilisation pratique de la digestion anaérobie « la méthanisation » :	61
V.2.1. L'unité de méthanisation :	61
V.2.2. La méthanisation Au pays industrialisés :	63
V.2.3. La méthanisation au pays en développement :	65
V.3. Potentielle d'énergie biogaz en Algérie :	65
V.3.1. Situation de l'assainissement en Algérie :	66
V.3.2. Perspectives de la valorisation énergétique des boues des STEP en Algérie :	66
V.4. Vulgariser le dispositif de la méthanisation à grande échelle :	72
V.4.1. Boues d'épurations urbaines et industrielles :	72
V.4.2. Biogaz agricole :	72
V.4.3. production de l'électricité :	72
V.4.4. L'injection dans le réseau :	73
Conclusion.....	73

LISTE DES TABLEAUX

PARTIE I : RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE II : UTILISATION DES ENERGIES DANS LE MONDE ET EN ALGERIE

Tableau II.1 : quantité de gaz à effet de serre émit par chaque type d'énergie..... 21

CHAPITRE III : VALORISATION DE L'ENERGIE BIOMASSE

Tableau III.1: comparaison entre biogaz et le gaz naturel 33

PARTIE II : EXPERIMENTALE

CHAPITRE IV : EXPERIMENTATION

Tableau IV.1 : température journalières min et max pendant 5jours..... 52

CHAPITRE V : POSSIBILITE DE VULGARISER LA TECHNIQUE A GRANDE ECHELE

Tableau V.1 : la situation actuelle de l'assainissement en Algérie 66

Tableau V.2 : résultats de l'impact de la valorisation du biogaz sur l'émission du GES 69

LISTE DES FIGURES

Partie I : RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LES SOURCES D'ENERGIE

- Figure I.1 : répartition de la réserve mondiale des gisements de charbon ..**Erreur ! Signet non défini.**
- Figure I.2 : évolution de la production mondiale des énergies fossiles**Erreur ! Signet non défini.**
- Figure I.3 : Schéma explicatif pour l'extraction du gaz de schiste .**Erreur ! Signet non défini.**
- Figure I.4 : Schéma explicatif de la production de l'énergie solaire.....**Erreur ! Signet non défini.**
- Figure I.5 : schéma explicatif de la production de l'énergie éolienne**Erreur ! Signet non défini.**
- Figure .I.5 : Schéma explicatif de la production de l'énergie hydraulique .**Erreur ! Signet non défini.**
- Figure I.6: Schéma explicatif de la production de la bioénergie..... **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure I.7 : les différentes formes des biocarburants **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure I.7 : énergie du biogaz..... **Erreur ! Signet non défini.**

CHAPITRE II : UTILISATION DES ENERGIES DANS LE MONDE ET EN ALGERIE

- Figure II.1** : Evolution mondiale des énergies **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure II.2** : production totale d'énergie primaire dans le monde **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure II.3** : les plus grands producteurs d'énergie..... **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure II.4** : production totale d'énergie en Algérie..... **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure II.5** : Objectifs du programme Algérien des énergies renouvelables.. **Erreur ! Signet non défini.**

CHAPITRE III : VALORISATION DE L'ENERGIE BIOMASSE

- Figure III.1 : vue d'ensemble de la centrale de Brèdeah – Oran **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure III.2 : Tracteur fonctionnant au biogaz **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure III.3 : les différents types d'énergie biomasse **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure III.4 : comparaison entre biogaz et le gaz naturel **Erreur ! Signet non défini.**

Figure III.5 : Schéma de la chaîne trophique de la méthanogenèse et ses différentes étapes
Erreur ! Signet non défini.

PARTIE II : EXPERIMENTALE

CHAPITRE IV : EXPERIMENTATION

Figure IV.1 : schéma principal de l'expérimentation **Erreur ! Signet non défini.**

Figure IV.2 :Récupération du fumier dans l'étable..... **Erreur ! Signet non défini.**

Figure IV.3. : fumier rangé dans le digesteur..... **Erreur ! Signet non défini.**

Figure IV.4 : Récupération de la boue déshydratée **Erreur ! Signet non défini.**

Figure IV.5: de la boue au niveau de la station d'épuratio **Erreur ! Signet non défini.**

Figure IV.6 : localisation géographique du site de l'installation **Erreur ! Signet non défini.**

Figure IV.7: les étapes de perçage des couvercles des digesteurs **Erreur ! Signet non défini.**

Figure IV.8 : mise en place du silicone **Erreur ! Signet non défini.**

Figure IV.9 : montage du tuyau de gaz **Erreur ! Signet non défini.**

FiguresIV.10: ajout de l'eau chaude à une température de 60-70°C..... **Erreur ! Signet non défini.**

Figure IV.11 : montage de la valve des chambres à aire..... **Erreur ! Signet non défini.**

Figure IV.12 : Vérification de l'étanchéité des chambres à air **Erreur ! Signet non défini.**

Figures IV.13 : les soupapes de sécurité **Erreur ! Signet non défini.**

Figure IV.14 : les différentes étapes pour le raccord des deux installations.. **Erreur ! Signet non défini.**

Figures.V.15 : montage du bruleur..... **Erreur ! Signet non défini.**

Figure V.16 : l'impact de la température sur le rendement de la méthanisation. **Erreur ! Signet non défini.**

Figure.V.17:l'expérimentation à l'instant $t=0$ **Erreur ! Signet non défini.**

Figure V.18: l'évolution de l'expérimentation à un $t=24h$ **Erreur ! Signet non défini.**

Figure V.19: l'évolution de l'expérimentation à $t=48$ **Erreur ! Signet non défini.**

Figure IV.20 : allumage de la flamme..... **Erreur ! Signet non défini.**

Figure .IV.21 : différence de couleur en niveau de coude due à l'échappement de biogaz **Erreur ! Signet non défini.**

CHAPITRE V : POSSIBILITE DE VULGARISER LA TECHNIQUE A GRANDE ECHELLE

Figure V.1 : Décanteur primaire d'une STEP à boue activée	58
Figure V.2 : boues physico-chimique	59
Figure V.3 : boues biologiques	60
Figure V.4 : Principe de fonctionnement d'une unité de méthanisation	62
Figure V.5 : nombre d'unité de méthanisation en Europe.	63
Figure V.6 : rendement en méthane en Allemagne	64
Figure V.7 : la station d'épuration de Beraki W. Alger	71
Figure V.8 : opportunités du projet GREEN CUBES	71

LISTE DES ABREVIATIONS

ADEME	Agence De l'Environnement Et de la Maitrise de l'Energie.
AGV	Acides Gras Volatils
AIE	Agence Internationale d'Energie
ATP	Adénosine TriPhosphat
BEPITA	Biomasse Energy Platforms Implantation for Training Africa
DCO	Demande Chimique en Oxygène
DHW	Direction d'Hydraulique de la Wilaya
EIFER	European Institue For Energy Research
ENR	Energie Renouvelables
Eq Hab	Equivalent Habitant
GES	Gaz à Effet de Serre
KWS	Key World Statistics
Mtep	Million tonne équivalent de pétrole
MW	Méga Watt
ONG	Organisation Non Gouvernementale
ONU	Organisation des Nations Unies
PCI	pouvoir Calorifique Inférieur
PIB	Produit Intérieur Brut
SAU	Surface Agricole Utilisable
SEAAL	Société des Eaux et d'Assainissement d'Alger
TAC	Titre Alcalimétrique Complet
TPKL	Tropical Power Kenya Limited

Introduction générale

La croissance démographique qu'a connue le monde dans le courant du siècle dernier ainsi que le développement industriel et l'accélération de l'urbanisation ont été accompagnés d'une demande accrue en énergie ; surtout le pétrole et le gaz, qui est considéré comme la première source d'énergie. Face à cette demande en hausse, les réserves en combustibles fossiles ne dureront pas éternellement, la pénurie du pétrole va progressivement s'installer.

Par ailleurs, la croissance des activités humaines génère une production de plus en plus de déchets de différentes sortes : déchets industriels, ordures ménagères, déchets agricoles, boues issues des stations d'épurations des eaux usées...etc. Tous ces déchets ont bien sur des impacts très néfastes sur l'environnement ainsi que sur la santé humaine.

Dans ce sens, il y a lieu de penser à un moyen qui nous permet de trouver une énergie alternative et propre, notamment la biomasse ; et en particulier « la production du biogaz ». C'est dans ce cadre que s'inscrit le travail entrepris dans ce mémoire.

Au cours de cette étude on essayera de présenter l'importance de l'énergie dans notre vie quotidienne, ses différents types et puis par la suite on va se concentrer sur l'énergie biogaz, en expliquant le phénomène de méthanisation, son processus biologique.

Et afin de mettre en valeur cette technique et de prouver son efficacité , on procédera à une expérimentation « la digestion anaérobie » où nous allons concevoir un dispositif capable de produire du méthane.

Pour ce faire, nous allons répartir notre travail en deux parties : dans la première partie, nous avons effectué une recherche bibliographique contenant trois chapitres. Dans la deuxième partie, il s'agit d'abord de présenter le protocole, de décrire notre expérimentation et enfin interpréter les résultats

CHAPITRE I : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LES SOURCES D'ENERGIE

Introduction :

Dans le monde, il existe différentes sources d'énergies utilisables afin de pouvoir répondre aux nombreuses demandes de la population mondiale, qui elle, augmente de jours en jours. Ces demandes énergétiques concernent les transports, le chauffage, ainsi que l'utilisation du téléphone ou même de la télévision. Cette utilisation de l'énergie a permis une amélioration du niveau de vie des populations des pays développés.

Au cours de ce chapitre on va voir, quelles sont les conséquences ainsi que les problèmes et les bienfaits dus à la consommation énergétique mondiale.

I. 1. Définition :

Energie vient du mot grec energia « force en action ». Pour les scientifiques et les ingénieurs, ce terme désigne la capacité qu'a un corps, un système de produire un travail susceptible d'entraîner un mouvement, une production de chaleur ou onde électromagnétique (dont la lumière).

I.2. Historique : [4]

L'histoire de l'homme a été substantiellement marquée par l'évolution des sources d'énergie libre qu'il a su ou il a pu utiliser. Jusqu'à il y a environ 500 000 ans, la seule énergie libre à la disposition de l'homme était sa propre énergie. En maîtrisant le feu pour chauffer, cuire, éclairer ou travailler les métaux, il a franchi la première marche de son apprentissage énergétique.

➤ L'énergie au cours de l'histoire :

- **Antiquité:** Le savant grec Thalès serait le premier à s'être intéressé à l'électricité.
- **1700 :** Les turbines éoliennes font leur apparition au Canada grâce aux colons qui les utilisent pour moulin le grain.
- **1753** Benjamin Franklin invente le paratonnerre
- **1819** le danois Oensted découvre l'électromagnétisme.
- **1859** Le français Gaston Planté met au point une pile réversible ou accumulateur, c'est la première batterie de l'histoire.
- **1860 :** Le bois est le principal combustible utilisé dans les maisons et les entreprises pour le chauffage et la cuisson. Le bois est également utilisé pour produire de la vapeur destinée à des applications industrielles ainsi que pour propulser les trains et les bateaux.
- **1888 :** Invention de la 1^{ère} éolienne automatique
- **1919** première collision nucléaire.
- **1920 :** une rapide expansion de l'électricité voit le jour en France, avec une multiplication par huit de la production d'électricité hydraulique grâce aux premiers barrages.
- **1940 :** l'Allemagne met au point un sous-marin fonctionnant à l'aide d'un réacteur utilisant principalement de l'uranium.
- **1983 :** la première voiture alimentée par énergie photovoltaïque parcourt une distance de 4 000 km en Australie.
- **1988 :** La France a été le premier pays à se lancer dans la méthanisation des déchets ménager des déchets

- **1990** : une amélioration technologique sur les éoliennes a permis de construire des aérogénérateurs de plus de 5 MW² et le développement d'éoliennes de 10 MW. ces éoliennes servent aujourd'hui à produire du courant alternatif pour les réseaux électriques.
- **2013** : en Europe l'énergie biomasse est la première source d'énergie renouvelable avec un taux de consommation de 60%.
- **2015** : Kenya est le premier pays qui a construit la première centrale biogaz reliée à un réseau électrique africain.

I.3. Les transformations d'énergie : [1]

L'une des propriétés essentielles de l'énergie est de pouvoir être convertie d'une forme en une autre. Lors de la transformation, une partie de l'énergie disponible au départ se dissipe, souvent sous forme de chaleur.

A l'exception de l'utilisation directe de la lumière solaire (pour éclairage, le séchage de linge ou la photosynthèse) .Toutes forme d'énergies que nous utilisons proviennent de la conversion d'une énergie primaire disponible dans la nature en énergie produite par l'homme (ex : conversion de la chaleur en électricité dans une centrale thermique, du rayonnement solaire en énergie électrique par un panneau photovoltaïque, du pétrole en essence dans une raffinerie).

I.3.1 Energie primaire :

Correspond à l'ensemble des produits énergétiques non transformés, exploités directement ou importés. Ce sont principalement le pétrole brut , les schistes bitumineux , le gaz naturel , les combustibles minéraux solides , les biomasse, le rayonnement solaire , l'énergie hydraulique, l'énergie éolienne , la géothermie et l'énergie tirée de la fission de l'uranium .

I.3.2. Energie secondaire :

Il s'agit de l'énergie obtenue par transformation d'une énergie primaire .Une fois produite, cette énergie secondaire doit être transportée vers son lieu de consommation .Ce faisant, elle peut courir des pertes (notamment dans le cas d'électricité produite de façon centralisée et transportée sur de longue distance)

L'énergie qui doit disposer le consommateur final est appelée énergie finale (électricité domestique, essence à la pompe ou bien le gaz de réseau ou en bouteille).

I.3.3Energie finale :

Donne lieu à une transformation en énergie utile sur le lieu de son utilisation (ex : conversion de l'énergie électrique reçue du réseau en énergie cinétique du fluide caloporteur du lave-vaisselle, en énergie lumineuse pour l'éclairage ou en énergie thermique pour le chauffage).

I.3.4. Energie utile :

Est celle qui procure le service énergétique recherché c'est celle qui est la recherchée par l'utilisateur final (énergie cinétique de l'eau dans le lave-vaisselle, chaleur diffusée dans les pièces d'un bâtiment, intensité lumineuse d'une lampe). Avant d'arriver au lieu de sa transformation en service énergétique, elle aura du être produite et transportée.

I.4. Classification des énergies :

Dans le monde, il existe différentes sources d'énergies utilisables afin de pouvoir répondre aux nombreuses demandes de la population mondiale, qui elle, augmente de jours en jours. Dans ces différentes sources d'énergies, deux sortes se distinguent : les énergies dites non renouvelables et les énergies dites renouvelables. Ces énergies existent sous différentes formes. Elles peuvent être liquide ou gazeuse. Cependant, les énergies les plus utilisées restent non renouvelables à l'image du pétrole ou même du charbon.

I.4.1. Energies non renouvelables : [7]

I.4.1.1. Définition :

Les énergies sont dites non renouvelables dans la mesure où elles sont incapables de se renouveler

I.4.1.2. Les énergies de fossiles :

a) Le charbon :

Le charbon s'est formé au cours des millions d'années, suite à une accumulation en masse énorme végétales qui sera par la suite des réserves de charbon. Il se trouve à faible profondeur de la terre (moins de 60 mètres dans le cas le plus favorable). Des gigantesques excavatrices pour extraire le charbon. Les mines souterraines sont néanmoins le mode d'exploitation le plus courant.

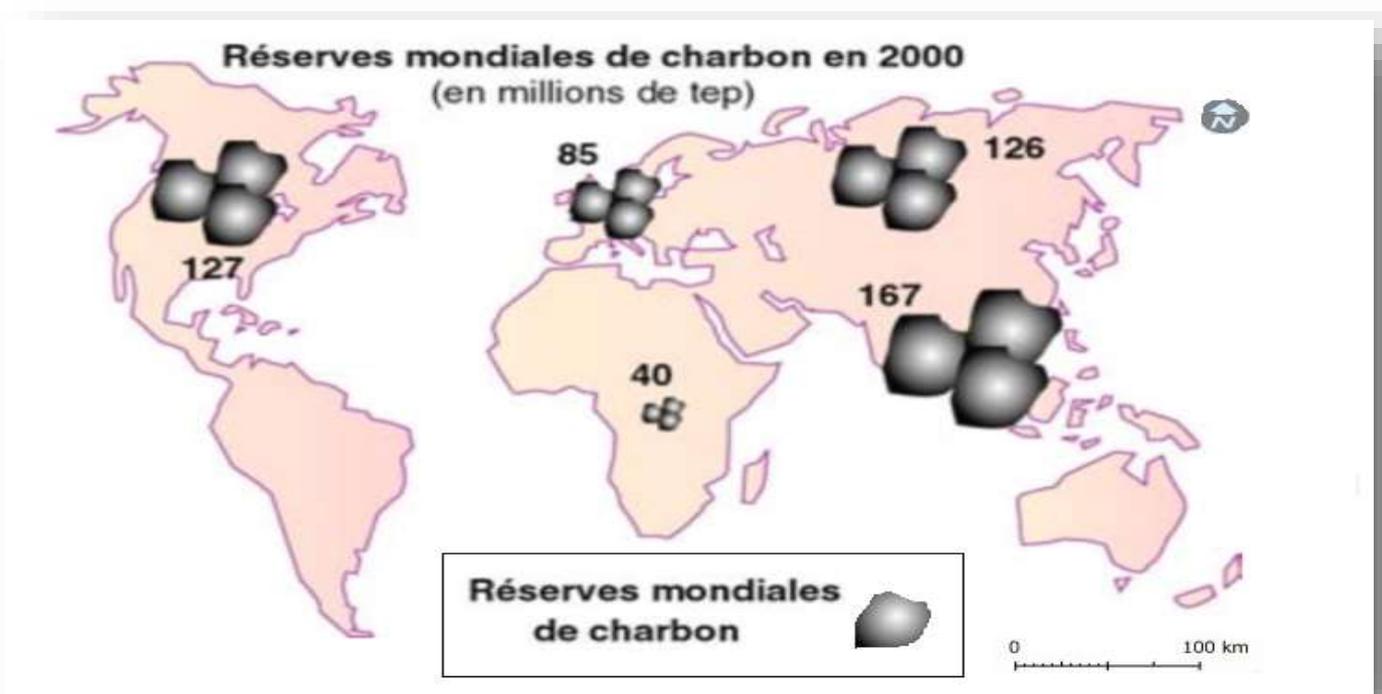


Figure I.1 : répartition de la réserve mondiale des gisements de charbon (source : livret pédagogique des énergies)

➤ **Avantages du charbon :**

- C'est la seule forme d'énergie fossile qui est solide,
- Il est disponible dans de nombreux pays,
- Les gisements connus sont très importants,
- Il permet de produire du gaz de houille et un grand nombre de produits chimiques carbonés ou hydrogénés.

➤ **Inconvénients du charbon :**

- C'est une énergie non-renouvelable et très coûteuse à extraire,
- C'est une énergie fossile très polluante surtout à cause de ses impuretés qui se dispersent dans l'atmosphère lors de sa combustion.
- De plus, lors de sa combustion, c'est une énergie fossile qui libère beaucoup de dioxyde de carbone. Ce phénomène est à l'origine de l'accroissement de l'effet de serre.

b) Les hydrocarbures :

Les hydrocarbures (pétrole et gaz) proviennent de la décomposition anaérobie de plante et des animaux qui vivaient dans la mer il y a des millions d'années. Le gaz naturel est l'état ultime de transformation de pétrole.

Ils se trouvent à une profondeur de 2000-3000 mètres .On distingue trois types de gisements :

- Les gisements de gaz naturel sec ,le pétrole s'est déplacé ailleurs ou il ne s'est pas formé en quantité suffisante.
- Le gisement de pétrole qui contient une fraction de gaz.
- Les gisements de pétrole et de gaz associés, le gaz est plus léger se trouve toujours dessus tandis que l'eau de mer se décompose au fond .

Le pétrole brut qui sort de puits est pratiquement inutilisable .Le raffinage permet de le transformer en différents composants (liquide, solide, gaz) consommable .Ce procédé s'effectue sous haute température grâce à une colonne de distillation.

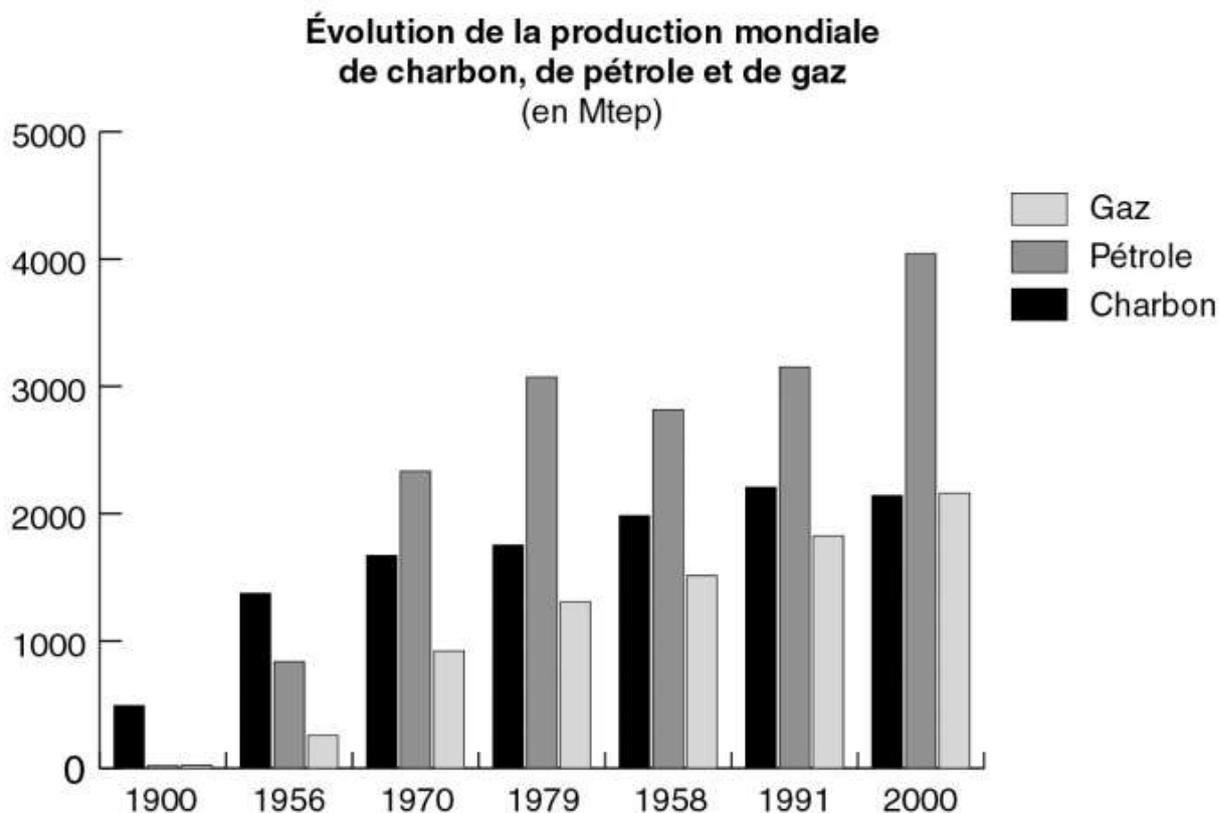


Figure I.2 : évolution de la production mondiale des énergies fossiles (source : livret pédagogique des énergies)

➤ **Avantages des hydrocarbures :**

○ **Pétrole :**

- C'est une énergies disponible sur un peu tous les continents,
- Son transport est facile et peu couteux par les bateaux,
- La chimie du pétrole est très riche. En effet, grâce au pétrole, on peut obtenir des gazs tels que le méthane, le propane et le butane, des carburants tels que l'essence, le kéroséne, le gazole et le fioul et des composés aromatiques,
- C'est la forme d'énergie liquide la plus concentrée disponible actuellement.

○ **Gaz :**

- C'est une énergies disponible sur un peu tous les continents,
- Son transport est facile et peu couteux par les bateaux,
- La chimie du pétrole est très riche. En effet, grâce au pétrole, on peut obtenir des gazs tels que le méthane, le propane et le butane, des carburants tels que l'essence, le kéroséne, le gazole et le fioul et des composés aromatiques,
- C'est la forme d'énergie liquide la plus concentrée disponible actuellement.

➤ **Inconvénients des hydrocarbures:**

○ **Pétrole :**

- La recherche d'un nouveau gisement de pétrolier est une activité de plus en plus difficile qui est très coûteuse,
- Son transport est à l'origine de nombreux polluants, en particulier des "marées noires".
- Comme pour le charbon, sa combustion produit du dioxyde de carbone, qui libéré dans l'atmosphère, participe à l'accroissement de l'effet de serre.

○ **Gaz :**

- Il est dangereux car il peut devenir explosif lorsque certaines conditions de concentration et de température sont remplies,
- Celui-ci est incolore et inodore. Il est donc indétectable par les sens humains.
- Le gaz, est par nature, peu dense.

c)Gaz de schiste :

Le gaz de schiste est un gaz naturel retenu à grande profondeur dans certains schistes des bassins sédimentaires. Il n'est donc pas retenu sous une couche imperméable, comme c'est le cas pour les gisements dits « conventionnels » de gaz ou de pétrole, mais emprisonné dans la roche elle-même. Pour l'en extraire, il faut opérer une fracturation de cette roche, obtenue par injection d'eau sous pression, mélangée à quelques additifs. Son exploitation fait ses débuts aux années 1970 aux Etats Unies ,en 2005 la première extraction à eu lieu ,ou l'entreprise américaine « la cie Mitchel Energy » trouve la bonne recette physico-chimique.

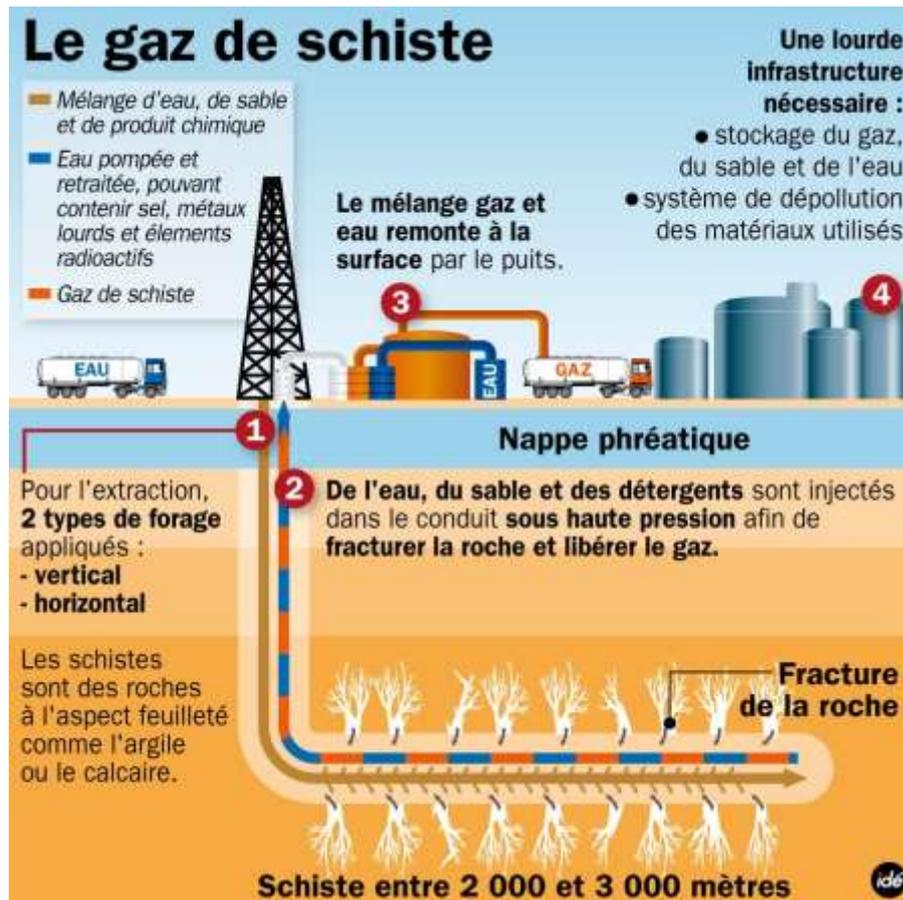


Figure I.3 : Schéma explicatif pour l'extraction du gaz de schiste

➤ **Avantages de gaz de schiste :**

- Des avantages politiques, économiques et financiers. Les réserves mondiales de ce type de gaz sont énormes : elles seraient du même ordre de grandeur (de 10 fois moins à 10 fois plus) que les réserves prouvées de gaz conventionnel. Ces perspectives pourraient ainsi couvrir pour de nombreuses années encore les besoins en énergie de l'humanité

➤ **Inconvénients du gaz de schiste :**

- Des forages profonds de 1.000 à 3.000 m, puis l'injection d'un fluide composé d'eau, de sable et de détergents sous pression (600 bars), sont requis pour fracturer la roche et libérer le gaz. Ces opérations auraient déjà causé des contaminations de nappes phréatiques .
- 2 et 8 % du combustible extrait seraient relâchés dans l'atmosphère au niveau des puits .Or, il se compose majoritairement de méthane (CH_4), un gaz à effet de serre considérablement plus puissant que le CO_2 .
- Les installations de surface doivent reposer sur des sols bétonnés ou goudronnés reliés au réseau routier. Un gazoduc¹ est également requis pour évacuer la production. Au total, chaque exploitation occuperait une surface moyenne de 3,6 ha. Or, les gisements de gaz sont relativement petits. Environ 50 puits seraient nécessaires pour produire autant de combustible !L'exploitation du gaz de schiste pourrait donc provoquer une fragmentation des paysages.
- un forage nécessite quelque 20 millions de litres d'eau, soit la consommation quotidienne d'environ 100.000 habitants ! Cette liste d'éléments à charge n'est pas exhaustive.

I.4.2. Energies renouvelables :**I.4.2.1. Définition : [8]**

Les énergies sont dites renouvelables dans la mesure où elles sont capables de se renouveler assez rapidement. Ces énergies sont parfois considérées comme inépuisables à l'échelle du temps (échelle humaine). On parle aussi d'énergies nouvelles non traditionnelles. On distingue 5 types d'énergie renouvelable.

I.4.2.2. Energie solaire :

Peut être photovoltaïque ou bien thermique. Cette énergie est récupérée à partir des rayons solaires qui se reflètent sur des panneaux, capteurs thermiques qui la transmettent ensuite à des plaques métalliques, qui plus tard réchaufferont un réseau de tuyaux de cuivre.

a) L'énergie solaire thermique :

Pour utiliser l'énergie solaire thermique, on doit installer des panneaux solaires sur le toit des habitations. Ces panneaux pourront ainsi réfracter la chaleur des rayons du soleil afin de permettre le réchauffement du fluide caloporteur de l'information. L'information sera ensuite transmise à un ballon tampon qui permettra l'échange avec les dispositifs de chauffage ou de l'eau chaude sanitaire.

*1. Gazoduc : Les gazoducs sont des canalisations qui transportent des gaz sous pression sur de longues distances, sur terre ou sous l'eau. Ils transportent principalement du gaz naturel.

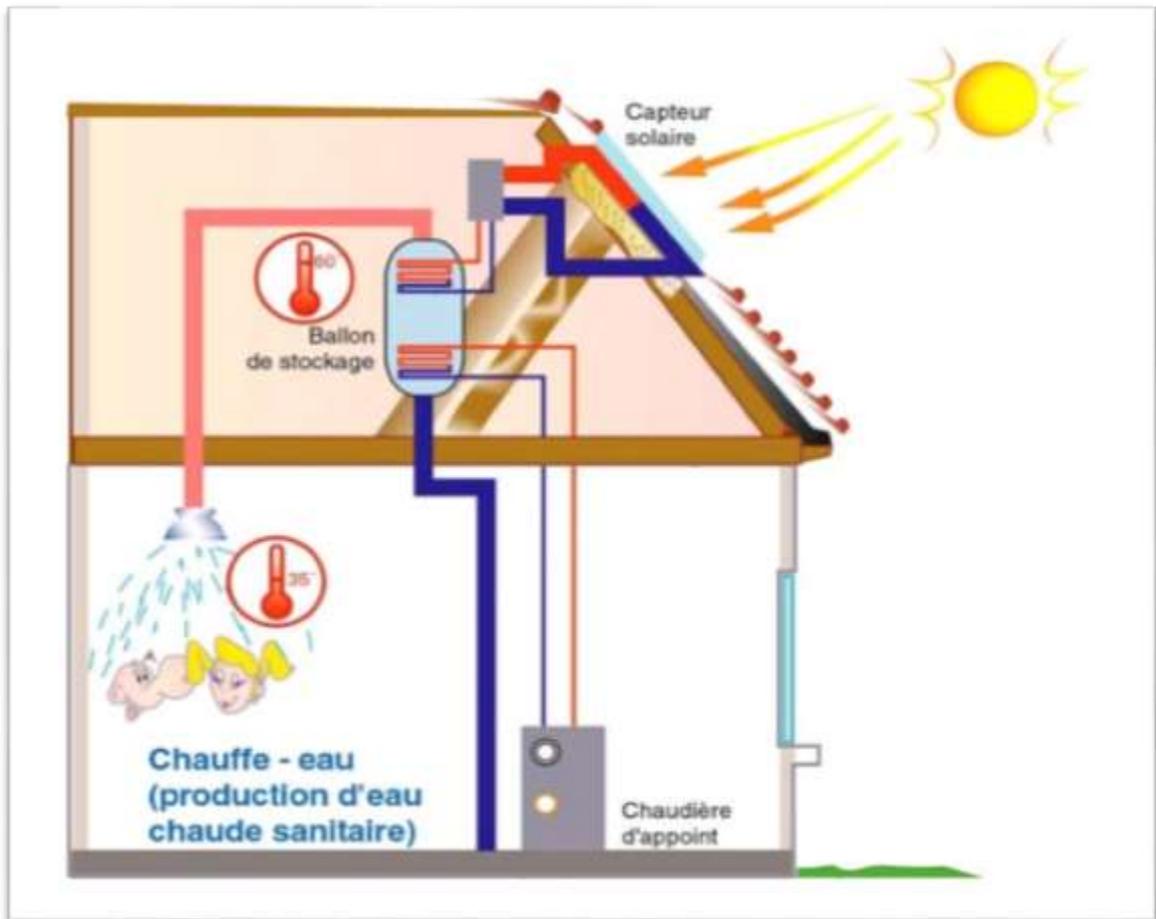


Figure I.4 : Schéma explicatif de la production de l'énergie solaire

b) Energie solaire photovoltaïque :

L'énergie solaire photovoltaïque a le même principe de fonctionnement que l'énergie solaire thermique, excepter qu'une fois que les rayons du soleil sont captés par les capteurs solaires, l'énergie est dirigée vers un compteur de production par des tubes sous vides en cuivres. L'énergie est ensuite envoyée vers les villes. L'utilisation de cette énergie permet de faire d'importantes économies et ainsi d'alimenter les habitations en électricité.

➤ **Avantages :**[9]

- l'énergie solaire est une source non polluante
- permet de réduire fortement les factures d'électricité tout en présentant un faible besoin d'entretien
- une source d'énergie inépuisable

➤ **Inconvénients :**

- L'énergie solaire est soumise aux conditions climatiques. Elle offre une bonne production dans les zones bien ensoleillées et en été, alors que la production d'électricité est très limitée en hiver et dans les zones nuageuses

- Une grande superficie de panneaux photovoltaïques est exigée pour assurer une bonne production d'énergie.
- Les panneaux solaires assurent un rendement photovoltaïque optimal pendant 25 ans. Au-delà, leur rendement diminue, et il faut penser à les changer.

I.4.2.3.Énergie éolienne :

L'énergie éolienne est sans conteste la plus ancienne énergie que l'homme a su exploiter ,pour moudre le blé (moulin) ou naviguer à la voile. Une éolienne permet de valoriser l'énergie cinétique du vent en énergie mécanique puis électrique, dans les lieux suffisants ventés .

Actuellement, les éoliennes sont regroupées en parc de plusieurs dizaines de machines. L'électricité se génère grâce aux aérogénérateurs qui convertissent l'énergie éolienne en énergie mécanique puis électrique .

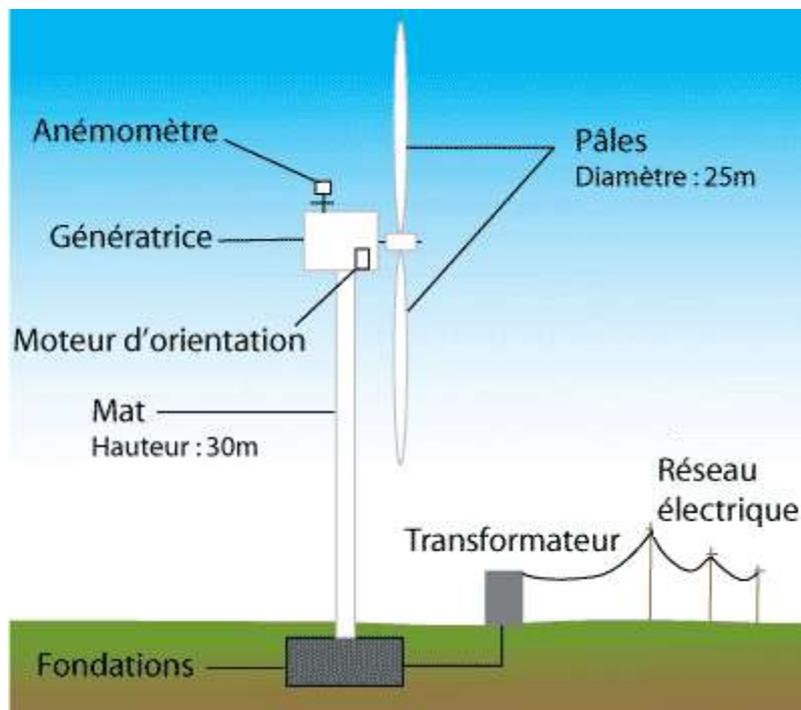


Figure I.5 : schéma explicatif de la production de l'énergie éolienne

➤ Avantages :

- Une énergie énipuisable.
- L'énergie éolienne n'engendre pas de pollution.

➤ Inconvénients :

- Les zones les plus favorables à l'exploitation du vent sont en générale ,les étendues marine ,les zones côtières ,certains plaines dégagées et quelques régions montagneuse, donc l'énergie éolienne est inégalement distribuée dans l'espace.

- Le ne souffle pas de façon constante ce qui rend l'énergie éolienne une source d'énergie complémentaire et non pas une source garantie.

I.4.2.4. Energie hydraulique :

Le premier impératif est d'avoir une grande quantité d'eau. Le rôle du barrage consistera à la retenir. Le barrage s'oppose à l'écoulement naturel de l'eau, sauf en cas de forts débits, qu'il laisse alors passer. De grandes quantités d'eau s'accumulent et forment un lac de retenue. Lorsque l'eau est stockée, il suffit d'ouvrir des vannes pour amorcer le cycle de production d'électricité. L'eau s'engouffre alors dans une conduite forcée ou dans une galerie creusée dans la roche suivant l'installation, et se dirige vers la centrale hydraulique située en contrebas.

- **Centrale hydraulique :** Une centrale hydroélectrique est une usine où l'on produit de l'électricité en utilisant l'eau comme force motrice pour faire tourner des turbines qui entraînent à leur tour des alternateurs. Les centrales hydroélectriques produisent environ le quart de l'électricité consommée dans le monde.

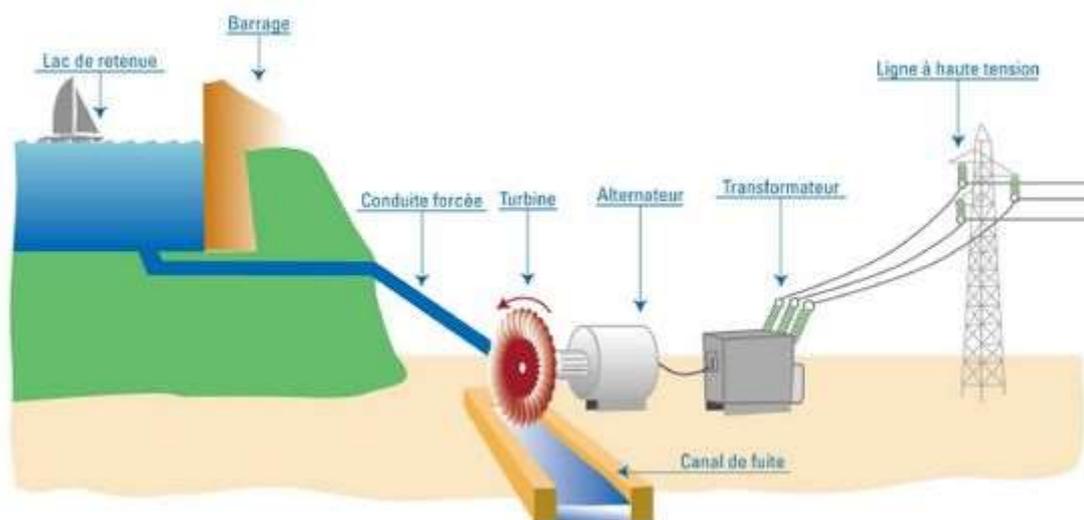


Figure .I.5 : Schéma explicatif de la production de l'énergie hydraulique

- **Avantages de l'énergie hydraulique :**
 - L'énergie la plus maîtrisée au monde .Du fait que l'homme l'utilisait depuis l'antiquité pour produire de l'énergie d'une façon générale et de l'électricité d'une façon particulière.
 - La production de l'énergie est dite propre .Autrement dit la production de l'énergie n'émet aucun nocif dans la nature.
 - La production électrique du barrage est assez importante par rapport aux énergies ,elle représente 16% de la production de l'énergie mondiale .

➤ **Inconvénients de l'énergie hydraulique:**

- La construction d'un barrage reste limitée ,elle nécessite des caractéristiques spécifiques du terrain.
- La construction d'un barrage a un impact sur la population du milieu où le barrage est construit de même a un impact écologique .
- La production dépend de la quantité de précipitation.
- Même s'il est rare, le risque de la rupture d'un barrage existe, cela entraînerait une crue phénoménale qui détruirait sans doute tout ce qui se trouverait en aval du barrage.

I.4.2.5.Energie biomasse :

Comprend trois familles principales :

- Les bois énergie ou biomasse solide
- Les biocarburants
- Le biogaz

Ce sont tous des matériaux d'origine biologique employés comme combustibles pour la production de chaleur, d'électricité ou de carburants.

a)La bioénergie (la biomasse solide) :[5]

La biomasse solide représente les matériaux d'origine biologique qui peuvent être employés comme combustible pour la production de chaleur ou d'électricité. Ce sont principalement les ressources ligneuses (à base de lignine) d'origine forestière, agricole ou urbaine, aussi appelées bois-énergie.

La biomasse solide se prête mieux à la production de chaleur pour le chauffage, la production de vapeur pour des procédés industriels, le séchage. Il est aussi possible de produire de l'électricité, revendue sur le réseau : la vapeur produite fait tourner des turbines qui génèrent du courant. Toutefois, la production d'électricité seule à partir de biomasse solide présente un rendement faible. Aussi, la cogénération est-elle principalement utilisée pour produire de l'électricité en plus de la chaleur.

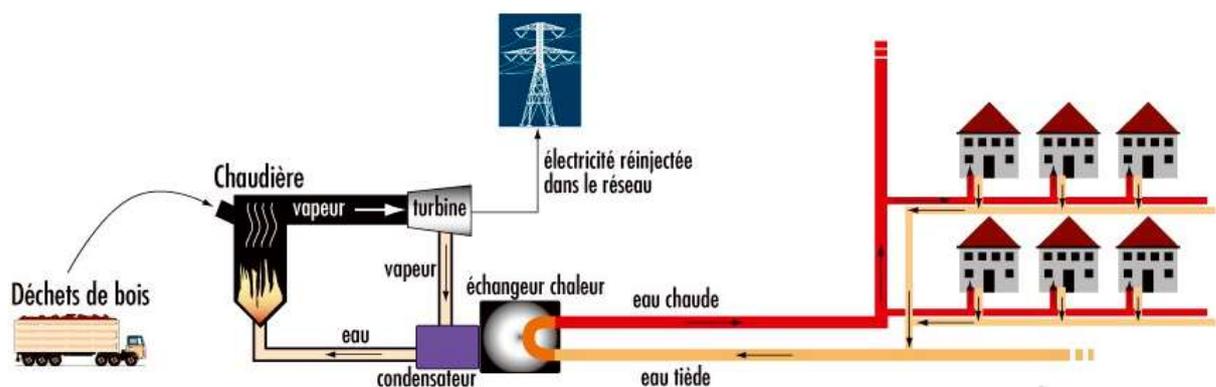


Figure I.6: Schéma explicatif de la production de la bioénergie

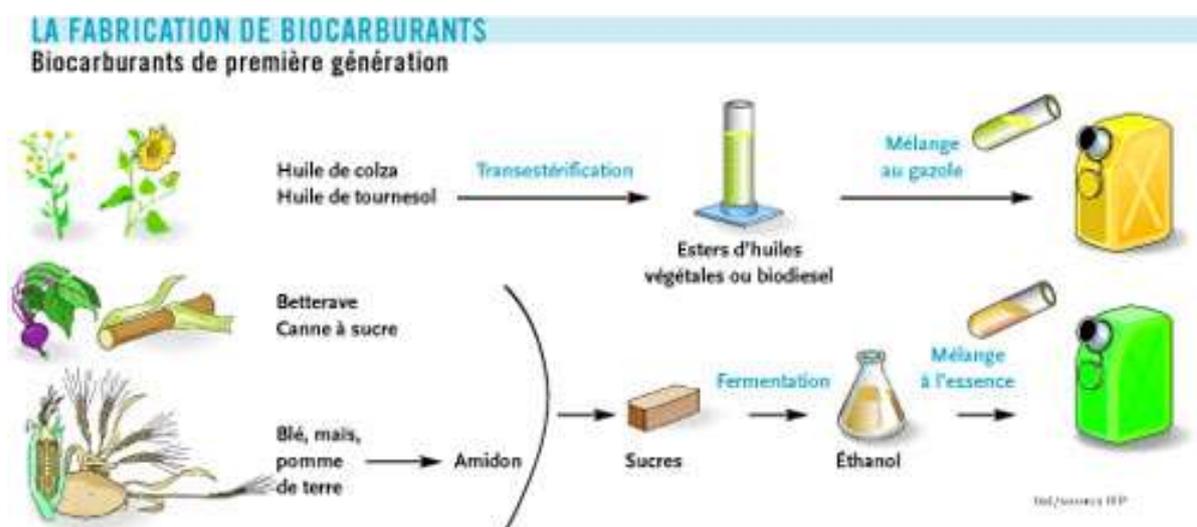
➤ **Avantages de la bioénergie :**

- Énergie renouvelable comparée aux autres énergies fossiles, la durée de reconstitution varie entre 15 à 200 ans contre 250-300 ans pour le gaz et 100-450 ans pour le pétrole
- Le combustible bois est deux à trois fois moins que le gaz et le pétrole, il est insensible aux variations des monnaies et du cours du pétrole.
- Cette énergie génère des emplois locaux, car elle demande deux à quatre fois plus de main-d'œuvre que l'énergie fossile
- **Inconvénients de la bioénergie :**
- Leur rendement énergétique est assez faible.
- Pour produire de l'énergie biomasse il faut occuper des terres arables et donc baisser la production agricole.
- Dégagement de CO₂
- Une surexploitation de la biomasse peut entraîner une déforestation importante et donc un danger pour l'environnement.
- la pollution des eaux et des sols
- Les coûts et les impacts du transport pour amener le bois là où la ressource manque.

b) Les biocarburants :

Les biocarburants, parfois appelés agrocarburants, sont issus de la biomasse. Il existe principalement deux filières industrielles : l'éthanol et le biodiesel.

- **L'éthanol :** est le premier carburant d'origine végétale à avoir été utilisé. Il s'agit d'un alcool éthylique résultant de la fermentation de sucre ou hydrolyse de l'amidon, et d'une distillation. Il est produit à partir de la betterave, de céréales, de blé de maïs de canne de sucre ou de pomme de terre. Il peut être utilisé en mélange direct dans l'essence.
- **Le biodiesel :** est issu des graines oléagineuses (colza, tournesol). Après pressage et raffinage des graines, l'huile est mélangée avec du méthanol, afin de lui donner des propriétés proches du gazole (viscosité, stabilité, etc.). plus communément appelé biodiesel.



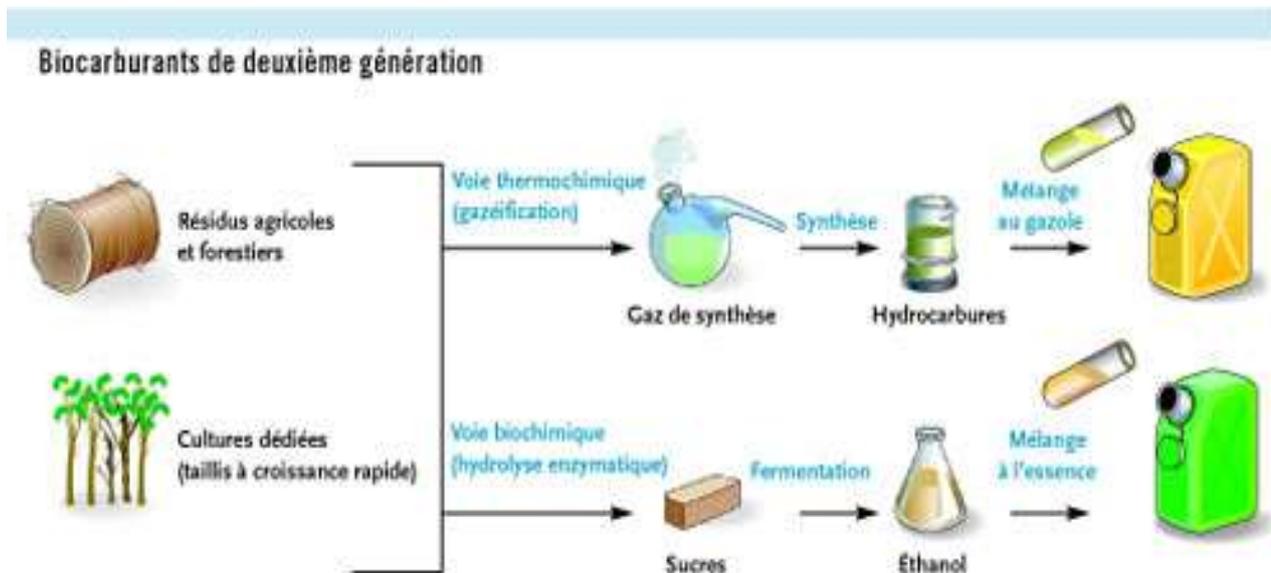


Figure I.7 : les différentes formes des biocarburants

➤ **Avantages des biocarburants :**

- L'automobile est en grande partie responsable de la pollution atmosphérique des villes. Les biocarburants contribuent à la réduction de certaines émissions polluantes.
- Leur utilisation ne nécessite aucune adaptation des véhicules et des moteurs.

➤ **Inconvénients des biocarburants:**

- la production d'huile de tournesol crée de nombreuses pertes. D'une part une perte de temps car les récoltes ne s'effectuent qu'une fois par an. De plus, il n'est récolté qu'une seule partie de la plante, on a donc besoin de grandes surfaces afin de pouvoir récolter des quantités suffisantes.
- les coûts de production sont élevés. Pour les chiffrer, nous devons prendre en compte les coûts de culture, de collecte et de transformation. Au final, les biocarburants valent deux fois plus cher que le pétrole.

c)Le biogaz :

Le biogaz est un gaz combustible, mélange de méthane et de gaz carbonique, additionné de quelques autres composants. Le préfixe bio (vivant) indique sa provenance : les matières organiques, qui libèrent le biogaz lors de leur décomposition selon un processus de fermentation. En effet, à température et pression ambiante, le biogaz se présente sous forme gazeuse. Chimiquement, il se compose principalement de méthane (environ deux tiers de l'ensemble) et d'un tiers de gaz carbonique. D'autres substances sont aussi présentes sous forme de traces – eau, azote, soufre, oxygène, éléments organo-halogénés –, qui le rendent moins pur et plus corrosif que le gaz naturel fossile. Enfin, la composition du biogaz varie en fonction de la nature des déchets et des conditions de fermentation.

CAPTAGE DU BIOGAZ DE DÉCHARGE

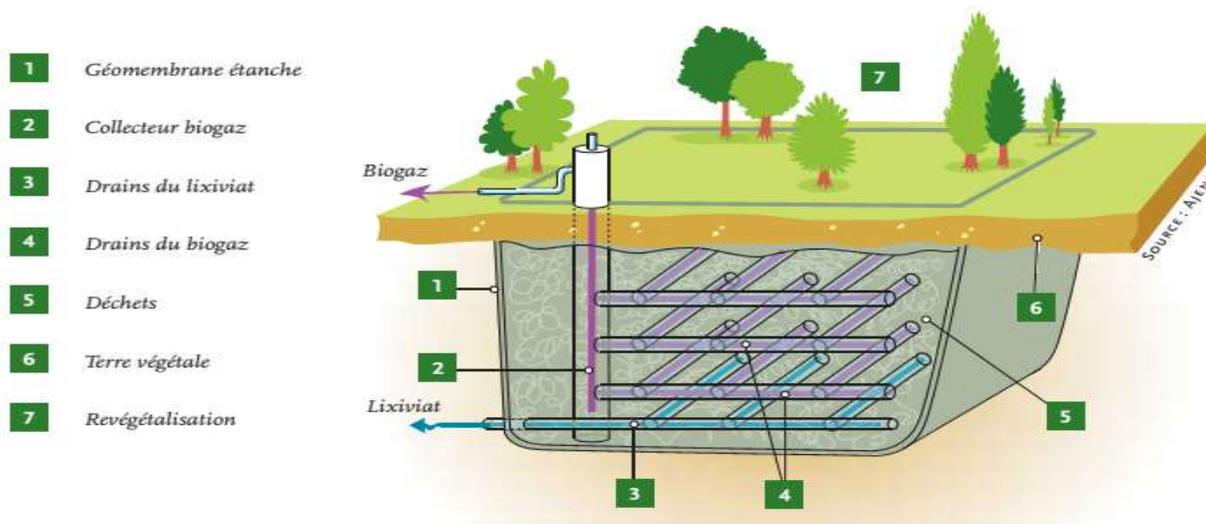


Figure I.7 : énergie du biogaz

➤ **Avantage de l'énergie biogaz :**

- La production de biogaz permet de valoriser les déchets organiques et donc d'éviter la pollution de notre environnement.
- Le biogaz est un gaz naturel renouvelable produit par des bactéries qui vont déclencher une fermentation des matières organiques animales ou végétales.
- que le méthane a un pouvoir réchauffant 23 fois plus élevés que celui du CO₂, il est donc conseiller d'utiliser du biogaz. il pollue beaucoup moins que le pétrole.
- le biogaz provient essentiellement des déchets de cuisine et de jardin donc si nous les collectons pour en faire du biogaz, nous aurions une baisse de la quantité de déchet.Par conséquent nous aurions donc une baisse de la pollution.

➤ **Inconvénients de l'énergie biogaz :**

- Le coût de l'investissement est le premier obstacle à la mise en place de la production de biogaz.
- Cette énergie est très prometteuse mais il faut sensibiliser le public sur cette nouvelle le public car cette technique de méthanisation pour former du biogaz est encore très ignorer du public.

Conclusion :

Au cours de ce chapitre ,on a vu l'importance de l'usage de l'énergie et son apport bénéfique pour l'homme. Depuis son existence ,il utilisait les différentes formes d'énergie afin de pouvoir répondre à son besoin énergétique .

D'après la recherche bibliographique effectué sur ce sujet ,on a pu conclure que l' énergie de type non renouvelable est la plus utilisée actuellement , mais elle est épuisable et son avenir est de plus en plus inquiétant vu l'accroissement de la demande .

L'utilisation de l'énergie à l'échelle mondiale en générale et en Algérie en particulier présente un mix énergétique, on va la détailler dans le chapitre suivant .

CHAPITRE II : UTILISATION DES ENERGIES DANS LE MONDE ET EN ALGERIE

II. Introduction :

L'énergie est un enjeu vital au niveau mondial. Inégalement répartie et inégalement consommée, avec des réserves naturelles qui ne sont pas inépuisables, on peut s'interroger sur l'avenir de la demande énergétique au niveau mondial et en particuliers en Algérie. Aujourd'hui, plus que jamais, les besoins en énergie de l'humanité sont colossaux et en constante augmentation.

II.1. L'explosion énergétique :

La consommation mondiale d'énergie est restée très longtemps stable lorsque l'homme n'utilisait l'énergie que pour sa survie et ses besoins alimentaires. À partir de 1850 la révolution industrielle a provoqué une augmentation brutale des besoins en énergie. Celle-ci n'a cessé ensuite de croître de façon explosive sous l'effet conjoint de l'augmentation du niveau de vie et la croissance simultanée de la population.

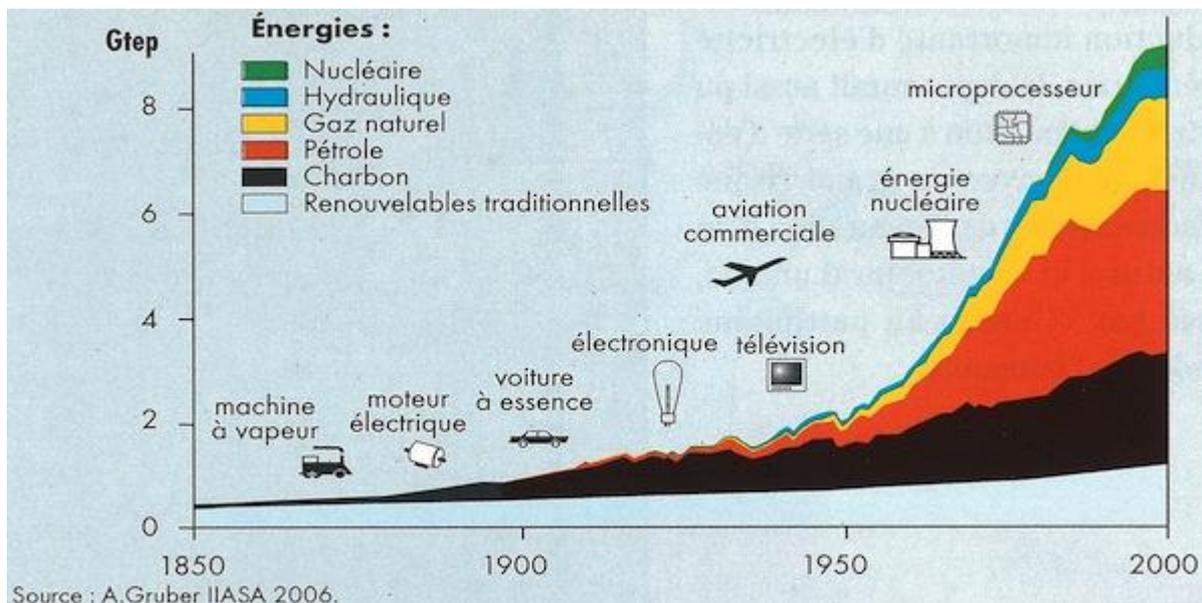


Figure II.1 : Evolution mondiale des énergies (source : A. Gruber IIASA 2006)

II.2. Evolution de la consommation mondiale d'énergie :

La consommation d'énergie primaire (l'énergie qu'il faut transformer avant de la consommer), a fait un bond de 49 % en vingt-cinq ans (1980-2005). Cette progression, un temps ralentie par les difficultés économiques des années 1990, reprend de plus belle depuis le début du siècle (+ 21 % entre 1980 et 1989, + 7 % entre 1989 et 1997, + 14 % entre 1997 et 2005). L'énergie primaire consommée chaque jour dans le monde provient en grande partie de matières premières que l'on extrait du sous-sol (pétrole, gaz, charbon, uranium). [Source : Site internet AIE]

II.3. La demande énergétique au quotidien :

Une manière de considérer notre dépendance à l'énergie est d'en estimer son usage au quotidien. L'énergie se cache partout : pour la retrouver il faut comparer sa vie à la vie au début de 20^{ème} siècle, ou même seulement au début de 1950. Aujourd'hui nous avons une utilisation presque inconsciente de l'énergie : nous allumons la lumière le matin, nous écoutons la radio, regardons la télévision, mangeons des tomates et des pommes de terre en toute saison, voyageons vite et facilement, nous chauffons nos logements en entier chaque hiver.

Selon l'Agence Internationale de l'énergie (AIE) affirme, en continuant sur ce rythme de consommation pour les 25ans prochaines années, la production en énergie sera vulnérable à des problèmes causés par le sous-investissement, les catastrophes environnementales ou les interruptions soudaine de production.

II.4. Production d'énergie dans le monde :

La production d'énergie primaire dans le monde a plus que doublé entre 1973 et 2015. Le pétrole et le charbon comptent à eux seuls pour plus de 80% du mix énergétique.

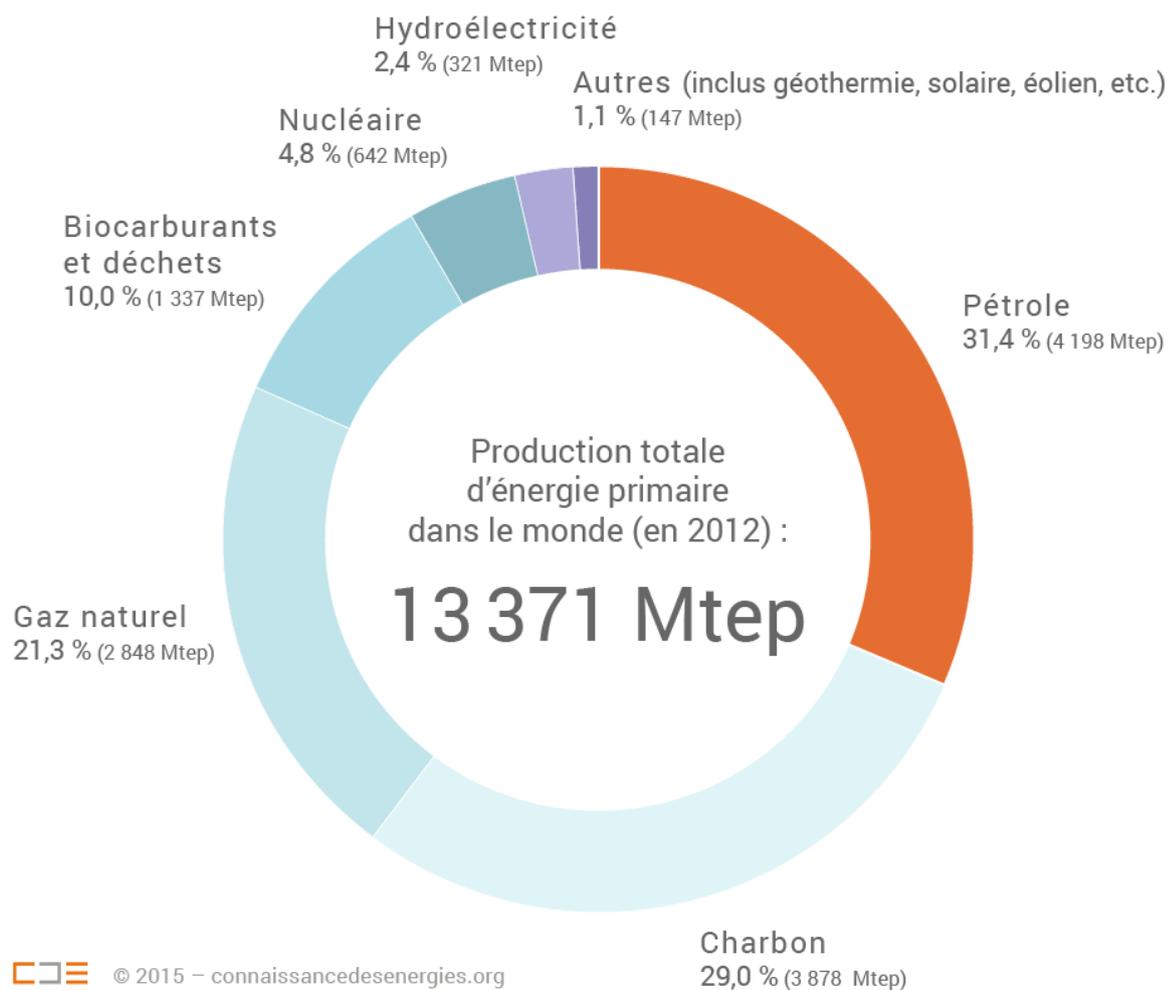


Figure II.2 : production totale d'énergie primaire dans le monde

D'après la figure II.2 plus de 80% de la consommation mondiale d'énergie repose sur les énergies fossiles, environ 15% de la production énergétique depuis les énergies renouvelables. L'énergie nucléaire participe de 5% de la production énergétique mondiale.

D'après les données du Key World Energy Statistics¹ en 2012 de l'AIE .Les plus grands producteurs d'énergie dans le monde présentaient sur la figure suivante :

Les plus grands producteurs d'énergie primaire en 2012

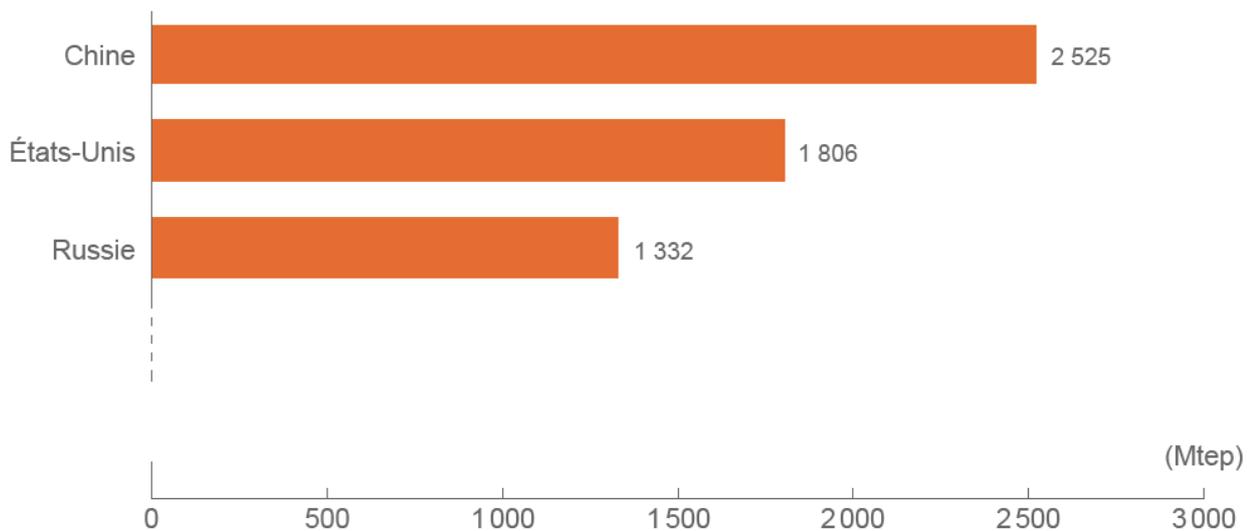


Figure II.3 : les plus grands producteurs d'énergie

II.4.1Energie fossile :

La production mondiale moyenne s'élève à 86, 8millions de barils par jour en 2014 dont près de 42,1% provient des pays de l'OPEP ¹

Les producteurs majeurs en 2014 sont :

➤ Pétrole :

- L'Arabie Saoudite avec une production de 13,3% de la production mondiale
- La Russie avec 12,4%
- Les Etats Unis 11,5%.

➤ Gaz naturel :

- Les Etats Unis avec une production de 20,52% de la production mondiale.
- La Russie avec 17,8%.
- L'Iran avec 4,9%.

*1 : L'Organisation des pays exportateurs de pétrole (OPEP) est une organisation intergouvernementale (un cartel) de pays visant à négocier avec les sociétés pétrolières pour tout ce qui touche à la production de pétrole, son prix et les futurs droits de concessions

➤ Charbon :

- La Chine avec une production de 47,4% de la production mondiale.
- Les Etats Unis avec 11,6%
- L'Inde avec 7,8%.

L'électricité mondiale se génère à partir du charbon avec une production de 40,4% .

II.4.2.Energie nucléaire :

Dans le monde on trouve 442 réacteurs nucléaires (selon l'AIE) dont 99 réacteurs se trouvent aux Etats Unis et 58 en France (le pays qui tire la plus importante de son électricité de l'énergie nucléaire près de 77%).

II.4.3.Energies renouvelables :

Une production de 20,8% de l'électricité mondiale d'origine renouvelable . Cette production a eu une augmentation entre les années 2002-2012, les énergies renouvelables les plus importantes en terme de production sont classées par ordre décroissant :

- L'hydraulique
- L'éolienne
- La biomasse
- Le solaire

II.4.3.1.Energie hydraulique :

La 3^{ème} source mondiale pour la production d'électricité après le charbon et le gaz naturel . Le plus grand projet de centrale électrique est un barrage hydrotechnique en Chine (le 1^{er} producteur de cette énergie au monde 22,5%) sa puissance est supérieure à 10 réacteurs nucléaires.

II.4.3.2.Energie éolienne :

Ce type d'énergie participe avec 11,4% pour produire de l'électricité mondiale, près de 36,8% de cette énergie provient de Parcs Eoliens d'Europe de l'Ouest.

II.4.3.3.Energie biomasse :

Les centrales de cogénération optimisent le rendement de la biomasse en produisant à la fois de l'électricité et de la chaleur . La biomasse génère de l'électricité à un pourcentage de 6,9% de la production mondiale . Les producteurs majeurs sont :

- Les Etats Unis avec une production de 19,4%
- Le Brésil 12,8%
- L'Allemagne

II.4.3.4. Energie solaire :

L'énergie solaire participe à la production mondiale de l'électricité avec une proportion de 2,2%. Elle s'est augmentée au cours des années 2000-2010 avec un taux de croissance annuel moyen de 38%.

II.5. Réserve d'énergie :

Les réserves sont classées en 3 groupes dépendant de la probabilité que la quantité réellement récupérée soit égale ou supérieure à leur quantité estimée.

- Réserves prouvées : sont celles dont la probabilité est d'au moins 90%.
- Réserves probables : sont celles dont la probabilité est d'au moins 50%.
- Réserves possibles : sont celles dont la probabilité est d'au moins 10%.

II.5.1. Réserves des énergies fossiles :

Les réserves à découvrir sont plus faible pour le pétrole de même pour le gaz naturel. En effet *« voici 25 ans déjà que l'on découvre chaque année en moyenne moins de pétrole que l'on en consomme et l'écart entre production et découverte croît maintenant très rapidement »*¹

En outre, une partie non négligeable des énormes quantités d'huiles lourdes et d'asphaltes qui se trouvent au Venezuela et au Canada pourra sans doute être récupérée ,5 à 10% de ces quantités en place pourront peut-être être extraits mais aux prix beaucoup d'énergie, et la quantité de produit raffiné qui l'on pourra en faire sera très limité.

Pour le charbon les réserves à découvrir sont sans doute. Il existe aussi très grandes quantités de charbon impossible à récupérer actuellement parce qu'elles se trouvent dans des veines trop minces et/ou très profondes, il sera possible un jour d'en récupérer en pratiquant des techniques très développées.

II.5.2. Réserves des énergies renouvelables :

Comme leurs noms l'indiquent les énergies renouvelables ont tendance à se reconstituer rapidement comparé à l'énergie fossile, ces énergies ne sont pas commerciales.

II.6. Impact des énergies sur l'environnement :

Les effets sur la santé et l'environnement de la production et de l'usage de l'énergie sont très importants, et ceux qui sont dus à l'accumulation au jour le jour de ces effets le sont beaucoup plus au total que ceux qui sont dus aux grandes catastrophes , fussent-elles aussi spectaculaires que celle de Tchernobyl² .les citoyens ont tendance à occulter leur responsabilité individuelle, qui est grande, dans le dommages provoqués ,et leur prise de conscience à cet égard serait bien utile pour réduire ces effets dans l'avenir.

*1 :Energie et environnement : Bernard DURAND ,livre « LES RISQUES ET LES ENJEUX D'UNE CRISE ANNONCEE » p :319 , collection Grenoble sciences.

*2 : Un accident qui a eu lieu le 26 avril 1986 au centre nucléaire de Tchernobyl ,provoqué par la fusion du réacteur La catastrophe a propagé dans l'atmosphère l'équivalent radioactif de 400 fois la bombe d'Hiroshima, ou de 0,5 fois une bombe nucléaire actuelle et pourrait avoir tué jusqu'à 4 000 personnes selon l'OMS. , Greenpeace estime que 200 000 personnes contracteront un cancer résultant de la catastrophe .

D'autre part, la hiérarchie des risques n'est pas celle qu'ils ont couramment en tête : des différentes formes d'énergie, ce sont les combustibles fossiles qui font courir le plus de risques, le charbon étant le plus nocif, suivis par certaines énergies renouvelables, biomasse et grands barrages surtout. Le nucléaire civil, même après Tchernobyl, n'a eu jusqu'à présent que beaucoup moins d'incidence.

Un problème préoccupant à terme bref est celui créé par l'effet de serre anthropique¹ dont la croissance incessante devrait dès ce siècle provoquer des modifications importantes du climat à l'échelle de la planète et des dommages considérables, plus particulièrement dans les pays et les régions dont l'économie repose sur l'agriculture. Une augmentation de température de surface d'environ 2°C d'ici fin de siècle paraît difficile à éviter, étant donnée l'inertie de ce phénomène, mais il est encore au pouvoir des hommes d'éviter un réchauffement plus important pouvant avoir des effets catastrophiques en diminuant rapidement et énergétiquement les quantités de gaz à effet de serre qu'il envoie à l'atmosphère.

Le tableau suivant montre les émissions de gaz à effet de serre pour différentes technologies de production d'électricité. Le calcul a été fait en prenant aussi en compte la fabrication des installations et l'éventuelle extraction de la matière première.

Tableau II.1 : quantité de gaz à effet de serre émit par chaque type d'énergie

Mode de production	Emissions de CO ₂ (g/kWh d'électricité produite)
Hydraulique	4
Nucléaire	6
Eolien	3 à 22
Solaire	60 à 150
Gaz naturel	883
Pétrole	891
Charbon	978

Source SFEN

II.6.1. Le changement climatique :

Le changement climatique risque d'entraîner d'importantes modifications biologiques et physiques :

- Elévation moyenne du niveau de la mer entre 9 et 88 cm, une conséquence dû à l'augmentation de la température de surface.
- L'élévation continue du niveau de la mer va entraîner de grandes migrations de population environs 20 millions ont déjà quitté leur lieu de résidence, on cite comme exemples : Les populations vivaient aux : grand delta de Bengla Desh, Mékong, Nil et zones côtières – Tokyo, la Haye, Calcutta, Shanghai...L'ONU est en passe de créer un statut de « réfugiés environnementaux »

II.7. La politique internationale vis-à-vis des changements climatique : (2)

Pour lutter contre le phénomène planétaire que constitue le changement, deux accords majeurs ont été adoptés par la communauté internationale :

- La convention Cadre des Nations Unies sur les changements climatiques adoptée en 1992 à Rio.
- Le protocole de Kyoto adoptée en 1997.

II.7.1. La convention Cadre des Nations Unies 1992 à Rio :

En 1992, il a été décidé de « prévoir, prévenir ou atténuer les causes du changement climatique et en limitant les effets néfastes ». Il s'agit de stabiliser la concentration de gaz à effet de serre dans l'atmosphère à un niveau qui empêche toute perturbation dangereuse du système climatique pour l'homme. Elle est entrée en vigueur en 1994.

II.7.2. Le protocole de Kyoto 1997 :

En 1997, le protocole de Kyoto affirme un objectif pour les pays industrialisés de diminuer de 5,2% les émissions de gaz à effet de serre pour la période 2008-2012.

Les 141 pays (dont 34 industrialisés) qui ont ratifié le protocole font à eux seuls 60% des émissions de CO₂ de l'année de référence. Le protocole est entré en vigueur en 2005.

Les USA et l'Australie ne l'ont pas signé, l'Union Européenne s'est engagée quant à elle à obtenir une réduction de 8%. Le protocole prévoit donc de diminuer les émissions de gaz à effet de serre, par la mise en place d'un mécanisme de bourse : les certificats d'émission de CO₂ ont maintenant une valeur boursière.

II.8. Situation énergétique en Algérie :

Selon les statistiques du ministère d'énergie en 2014 « *l'énergie occupe une place prédominante dans l'économie de l'Algérie : les hydrocarbures à eux seuls représentent 30% du PIB, 60% des recettes du budget et 95% des recettes d'exportation. L'Algérie est le 18^{ème} producteur du pétrole, le 9^{ème} producteur de gaz et le 8^{ème} exportateur de gaz naturel au monde* »

La production énergétique en Algérie repose presque exclusivement sur les combustibles fossiles 99,2%, pour répondre aux besoins croissants d'énergie de sa population. Les énergies renouvelables n'occupent donc qu'une faible part du mix énergétique national 0,8% et leur production est partagée entre la filière hydraulique qui a généré cette année environ 0,7% de la production d'électricité totale, et les filières solaire photovoltaïque et thermodynamique qui représentent quant à elle 0,1% du bilan... [ministère de l'énergie].

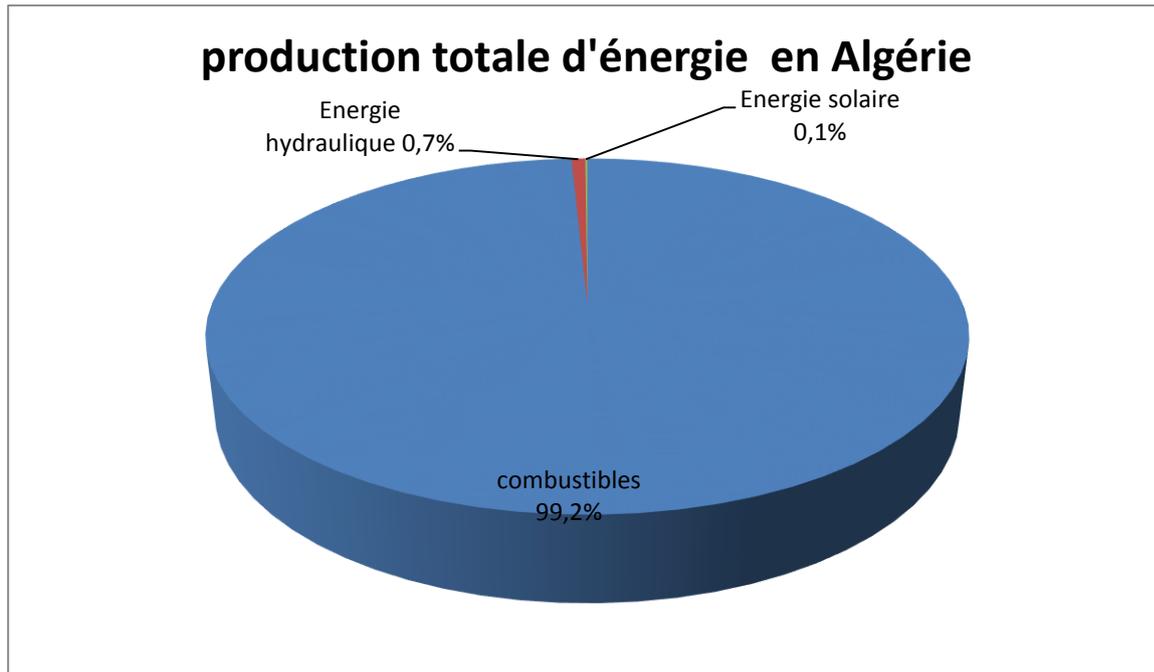


Figure II.4 : production totale d'énergie en Algérie source [site du ministère de l'énergie]

II.8.1. Développement des énergies renouvelables en Algérie :

En raison des importantes sources d'énergie fossiles dont le pays dispose et de l'absence de politiques environnementales, le développement des énergies renouvelables a connu beaucoup de retard. Aujourd'hui, l'Algérie amorce une dynamique d'énergie verte en lançant un programme ambitieux de développement des énergies renouvelables et d'efficacité énergétique. (ministère de l'énergie)

Cette vision du gouvernement algérien s'appuie sur une stratégie axée sur la mise en valeur des ressources inépuisables comme le solaire et leur utilisation pour diversifier les sources d'énergie.

Le programme des énergies renouvelables est défini ainsi pour les différentes phases :

- d'ici 2020, il est attendu l'installation d'une puissance totale d'environ 2 600 MW pour le marché national et une possibilité d'exportation de l'ordre de 2 000 MW;
- d'ici 2030, il est prévu l'installation d'une puissance de près de 12000 MW pour le marché national ainsi qu'une possibilité d'exportation allant jusqu'à 10 000 MW.

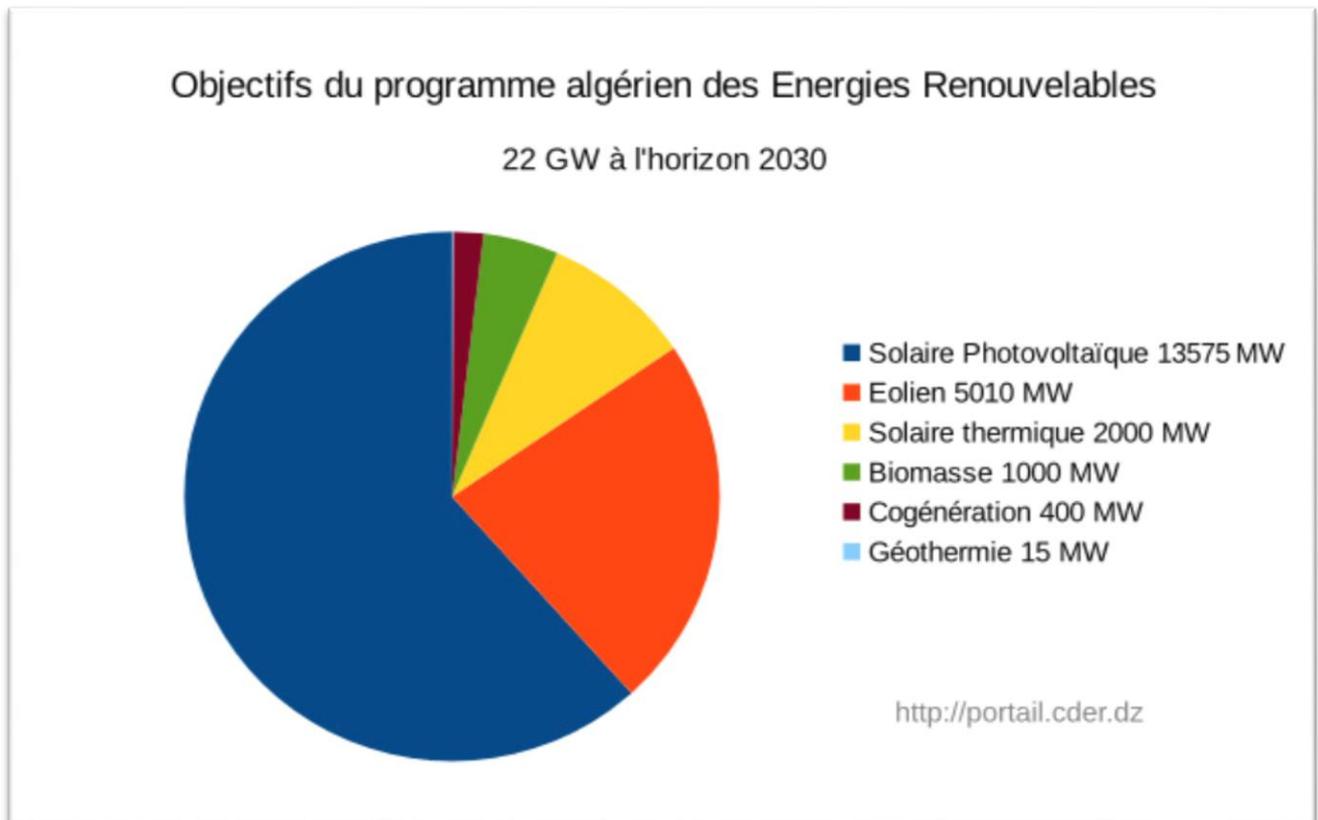


Figure II.5 : Objectifs du programme Algérien des énergies renouvelables source [ministère de l'énergie]

Ce choix stratégique est motivé par l'immense potentiel en énergie solaire. Cette énergie constitue l'axe majeur du programme qui consacre au solaire thermique et au solaire photovoltaïque une part essentielle. Le solaire devrait atteindre d'ici 2030 plus de 37% de la production nationale d'électricité.

Malgré un potentiel assez faible, le programme n'exclut pas l'éolien qui constitue le second axe de développement et dont la part devrait avoisiner les 3% de la production d'électricité en 2030.

L'Algérie prévoit également l'installation de quelques unités de taille expérimentale afin de tester les différentes technologies en matière de biomasse, de géothermie et de dessalement des eaux saumâtres par les différentes filières d'énergie renouvelable.

II.9.Nécessité du développement de nouvelles ressources énergétiques

Face à l'épuisement des ressources énergétiques fossiles, aux problèmes de l'environnement et à l'augmentation considérable des besoins en énergie, le développement de nouvelles ressources énergétiques est l'une des priorités de la politique énergétique de beaucoup de pays.

Les énergies renouvelables représentent une alternative écologique aux combustibles fossiles, leur exploitation permettrait de fournir de l'électricité aux sites isolés, et d'éviter la création de nouvelles lignes. Le caractère aléatoire des ressources d'énergie renouvelable fait que le système autonome utilisant une seule source d'énergie nécessite une large capacité de stockage.

L'utilisation des systèmes multi sources, permet d'une part, de réduire les besoins de stockage et, d'autre part, de constituer un complément ou une alternative aux groupes électrogènes utilisés pour la génération d'électricité dans les régions isolées.

II. Conclusion :

La grande partie de l'énergie consommée provient des combustibles fossiles (pétrole, gaz naturel, charbon, ...etc.) dont l'utilisation massive peut conduire à l'épuisement de ces réserves et menace réellement l'environnement. Cette menace s'est manifestée principalement à travers la pollution et le réchauffement global de la terre par effet de serre. En effet, la grande préoccupation du monde actuel est d'atténuer cette pollution en essayant d'adapter les sources d'énergie classiques à des critères très sévères.

CHAPITRE III : VALORISATION DE L'ENERGIE BIOMASSE**III.INTRODUCTION :**

La crise du pétrole a montré qu'une consommation démesurée d'énergie conduit, dans un proche avenir, non seulement à un épuisement de ces ressources, considérées comme non renouvelables, mais surtout à une dégradation de l'environnement, ici où nous sommes obligés de chercher d'autres ressources d'énergie telles que les énergies renouvelables. Dans ce sens, il y a lieu de penser sur un moyen qui nous permet de maîtriser cette énergie, notamment la biomasse en particulier la production du biogaz. C'est dans ce cadre que s'inscrit le travail entrepris dans ce mémoire.

III.1.Définition :

La biomasse désigne l'ensemble des matières organiques pouvant se transformer en énergie. On entend par matière organique aussi bien les matières d'origine végétale (résidus alimentaires, bois, feuilles) que celles d'origine animale (cadavres d'animaux, êtres vivants du sol) [source :wikipédia.com].

Selon le code de l'énergie, La biomasse se définit comme « *la fraction biodégradable des produits, déchets et résidus provenant de l'agriculture, y compris les substances végétales et animales issues de la terre et de la mer, de la sylviculture et des industries connexes, ainsi que la fraction biodégradable des déchets industriels et ménagers* » [source :site internet de l'ADEM]

Il existe trois formes de biomasse présentant des caractéristiques physiques très variées :

- les solides (ex : paille, copeaux, bûches) ;
- les liquides (ex : huiles végétales, bioalcools) ;
- les gazeux (ex : biogaz).

La biomasse est une réserve d'énergie considérable née de l'action du soleil grâce à la photosynthèse. Elle existe sous forme de carbone organique. Sa valorisation se fait par des procédés spécifiques selon le type de constituant.

III.1.1.les ressources en biomasse :

Les ressources en biomasse sont diverses. Généralement, on distingue les catégories suivantes :

- Le bois, notamment sous forme de bûches, de granulés ou de plaquettes ;
- Les sous-produits du bois qui recouvrent l'ensemble des déchets de la sylviculture et de l'industrie de première transformation du bois ;
- Les sous-produits de l'industrie de la deuxième transformation du bois, de l'industrie de la trituration et des industries agroalimentaires ;
- Les produits et sous-produits issus de l'agriculture (paille, résidus de récolte, etc.) et les plantations à vocation énergétique (saules, miscanthus...) ;
- Les déchets organiques tels que les déchets urbains, les ordures ménagères et les déchets en provenance de l'agriculture tels que les effluents agricoles ;
- Les déchets de bois qui ne contiennent pas de composés organiques halogénés ou des métaux lourds.

III.2.Utilisation de la biomasse dans le monde : [18]

Chaque pays à ses besoins et y répond grâce aux ressources de la biomasse. Bois pour les pays d'Europe du Nord, canne à sucre pour le Brésil, purin pour le Népal par exemple sans oublier les créateurs de programmes électriques via la biomasse tels que le Canada, le Japon ou encore le Royaume-Uni. Selon certains spécialistes, la biomasse pourrait même, d'ici 15 ans, satisfaire ¼ des besoins en énergie à l'échelle de la planète. Mais la biomasse, au-delà d'apporter l'énergie nécessaire aux pays industrialisés et riches, apporte une fière chandelle aux pays en développement justement peu concernés par l'ère industrielle et peu pourvus en énergie fossile. 35% de leur énergie provient d'ailleurs de la biomasse. Malgré leur situation injuste par rapport à tant de choses, ces pays connaissent une certaine croissance et les demandes en biomasse sont justifiées, notamment dans la production d'électricité. Ils ont pour eux un cadre naturel riche avec des milliers d'hectares de forêts et de terres cultivées.

D'ici 2020, 15 milliards de kilowatts d'électricité pourront être produits grâce à la biomasse d'après les estimations de l'Agence internationale de l'énergie, soit 0,3% de la production mondiale totale

III.2.1.La biomasse en Europe :

Les pays européens généralisent l'exploitation de la biomasse depuis quelques années. Parmi les usages qui en sont faits, la consommation électrique dont 2% directement issus de ladite énergie renouvelable. On peut même dire que les Européens sont les bons élèves de la matière biomasse puisque l'Europe est le plus gros producteur de biodiesel au monde. Mieux encore, la France, l'Allemagne et la Suède sont les plus grands utilisateurs de biomasse au monde. L'Europe du Nord, toujours en avance sur son temps, est un bon exemple puisque la Suède est le plus important consommateur d'éthanol en Europe et que la Finlande produit 12% de l'électricité exclusivement issus de la biomasse.

On estime que environ 6% des besoins européens seront satisfaits grâce aux biocarburants en Europe d'ici peu.

III.2.1.1. En Allemagne :

Il y a un peu plus d'un an, l'Allemagne a marqué les esprits verts mondiaux avec l'installation d'une centrale électrique à biomasse à Penkun, près de la frontière commune à la Pologne. Fermenteurs immenses, bacs en béton pour les déchets de toutes sortes (maïs, blé, purin) qui produisent du biogaz, utile pour la production de la chaleur et de l'électricité : le procédé de cogénération est bel et bien lancé. Grâce à ses activités, la centrale à biomasse permet de fournir de l'énergie à 40 000 personnes, soit 15 000 ménages ! La plus grande centrale à biomasse du monde est née.

Côté pollution, les Allemands ont travaillé le concept et il s'avère que le bilan carbone est plus que satisfaisant

III.2.2.La biomasse en Afrique :

L'Afrique a toujours eu des richesses inestimables, qu'elles soient humaines ou naturelles. Malheureusement, les contraintes sont nombreuses : l'énergie n'est pas accessible, les énergies fossiles sont très onéreuses et, fausse contrainte car elle pourrait être réglée, les zones rurales riches en biomasse potentielle (déchets des terres cultivées et des forêts) ne sont pas valorisées comme elles le pourraient. Afin de parer à ces barrières, un projet, initié en 2005, prévu sur 3 ans a été spécialement conçu. Baptisé « Biomass Energy Platforms Implementation for Training in Africa » (BEPITA), ce projet de grande envergure, financé par la Commission, a pour mission la transmission des

connaissances concernant la production d'énergie en utilisant la biomasse. Deux plates-formes de formations ont ainsi été installées, l'une au Burkina Faso, pays au climat sec, et la seconde au Cameroun, pays au climat plutôt humide. Une façon efficace d'exploiter la biomasse selon des facteurs naturels tels que le climat et ses spécificités. Ce projet rassemble 14 pays d'Afrique centrale et de l'Ouest et concerne différents publics tels que des ONG¹, des associations professionnelles, des responsables de la définition des politiques énergétiques, personnes issues du public comme du privé. Les formations ont pour thème les équipements nécessaires à l'exploitation de la biomasse, l'approvisionnement durable, des cours sur l'énergie thermique et ses applications entre autres. Un succès. Il faut d'ailleurs noter que l'ADEME fait partie des financeurs du projet. Parmi les réalisations envisagées, l'électrification rurale décentralisée. Pour concrétiser à bien ces réalisations, l'énergie thermique est très sollicitée puisqu'elle sert à transformer les produits, c'est-à-dire les matières premières indispensables pour exploiter la biomasse et ses possibilités.

III.3. Utilisation de la biomasse en Algérie :

Les premières utilisations des biocombustibles à l'échelle industrielle, en Algérie, remonte à l'ère coloniale . En effet, les colons industriels ont implanté leurs usines en tirant profit de la biomasse locale tels que l'alfa, le bois énergie, le grignon d'olive, etc. Le grignon était utilisé par les briqueteries et dans les hammams traditionnels pour produire de la vapeur. A titre d'exemple, nous pouvons citer :

- la station de pompage d'eau située près d'Oran «Brèdeah» de la fig. 6 qui fut érigée 1880, le biocombustible utilisé était l'alfa.



Figure III.1 : vue d'ensemble de la centrale de Brèdeah – Oran

- Le véhicule agricole, fonctionnant au biogaz issu de la fermentation des déchets de bovins, conçu dans les années 50 par l'Institut National Agronomique.



Figure III.2 : Tracteur fonctionnant au biogaz

L'utilisation des biocombustibles à l'échelle industrielle en Algérie fut abandonnée dans les années 70 avec la généralisation du gaz naturel.

III.3.1. Programme Algérien des énergies renouvelables :

L'Algérie amorce une dynamique d'énergie verte en lançant un programme ambitieux de développement des énergies renouvelables et d'efficacité énergétique. Cette vision du gouvernement algérien s'appuie sur une stratégie axée sur la mise en valeur des ressources inépuisables comme le solaire et leur utilisation pour diversifier les sources d'énergie et préparer l'Algérie de demain.

Cet ambitieux programme consiste à installer une puissance d'origine renouvelable de près de 22 000 MW entre 2011 et 2030 dont 12 000 MW seront dédiés à couvrir la demande nationale de l'électricité et 10 000 MW à l'exportation. A la faveur de ce programme, les énergies renouvelables se placent au cœur des politiques énergétiques et économiques menées par l'Algérie. D'ici 2030, environ 40 % de la production d'électricité destinée à la consommation nationale sera d'origine renouvelable

La révision récente du programme national de développement des énergies renouvelables en Algérie porte toujours essentiellement sur le développement du photovoltaïque et de l'éolien à grande échelle, mais de nouvelles filières font leur entrée dans ce programme : la biomasse (valorisation des déchets), de la cogénération et de la géothermie. Ce programme a connu une première phase consacrée à la réalisation de projets pilotes et de tests des différentes technologies disponibles, durant laquelle des éléments pertinents concernant les évolutions technologiques des filières considérées sont apparus sur la scène énergétique et ont conduit à la révision de ce programme.

L'ampleur du programme à réaliser pour les besoins du marché national en énergies renouvelables sur la période 2015-2030 est de 22 000 MW, dont plus de 4500 MW seront réalisés d'ici 2020. La réalisation du programme permettra d'atteindre à l'horizon 2030 une part de renouvelables de près de 27% dans le bilan national de production d'électricité. Le volume de gaz naturel épargné par les 22 000 MW en renouvelables, atteindra environ 300 milliards de m³, soit un volume équivalent à 8 fois la consommation nationale de l'année 2014...[ministère de l'énergie]

III.4. Les transformations de la biomasse :

On distingue les technologies ayant pour objet :

- De transformer la biomasse en des biocombustibles de nature différente (biométhane, hydrogène...) pour s'adapter aux usages visés et à leurs contraintes de productivité ;
- De convertir l'énergie primaire que représente les biocombustibles, ou la biomasse, en énergie finale (thermique ou électrique).

Les technologies permettant de transformer la biomasse en chaleur et en électricité sont relativement matures bien qu'elles fassent l'objet d'une recherche permanente de productivité. En effet, à l'exception de certains cas particuliers -comme les piles à combustible¹ - la production de chaleur et d'électricité fait essentiellement appel à des réactions de combustion ou d'explosion, avec des solutions technologiques et des équipements connus (chaudières, turbines à vapeur, moteurs...).

Cependant, la diversité de la biomasse rend difficile l'étape de conversion en un produit énergétique. C'est pourquoi les efforts portent actuellement sur les étapes de prétraitement afin d'homogénéiser et de densifier énergétiquement la biomasse pour augmenter l'efficacité des procédés de transformation.

III.4.1. Fonctionnement technique ou scientifique [15]

On distingue trois procédés de valorisation de la biomasse : la production de biocarburants la voie sèche et la voie humide.

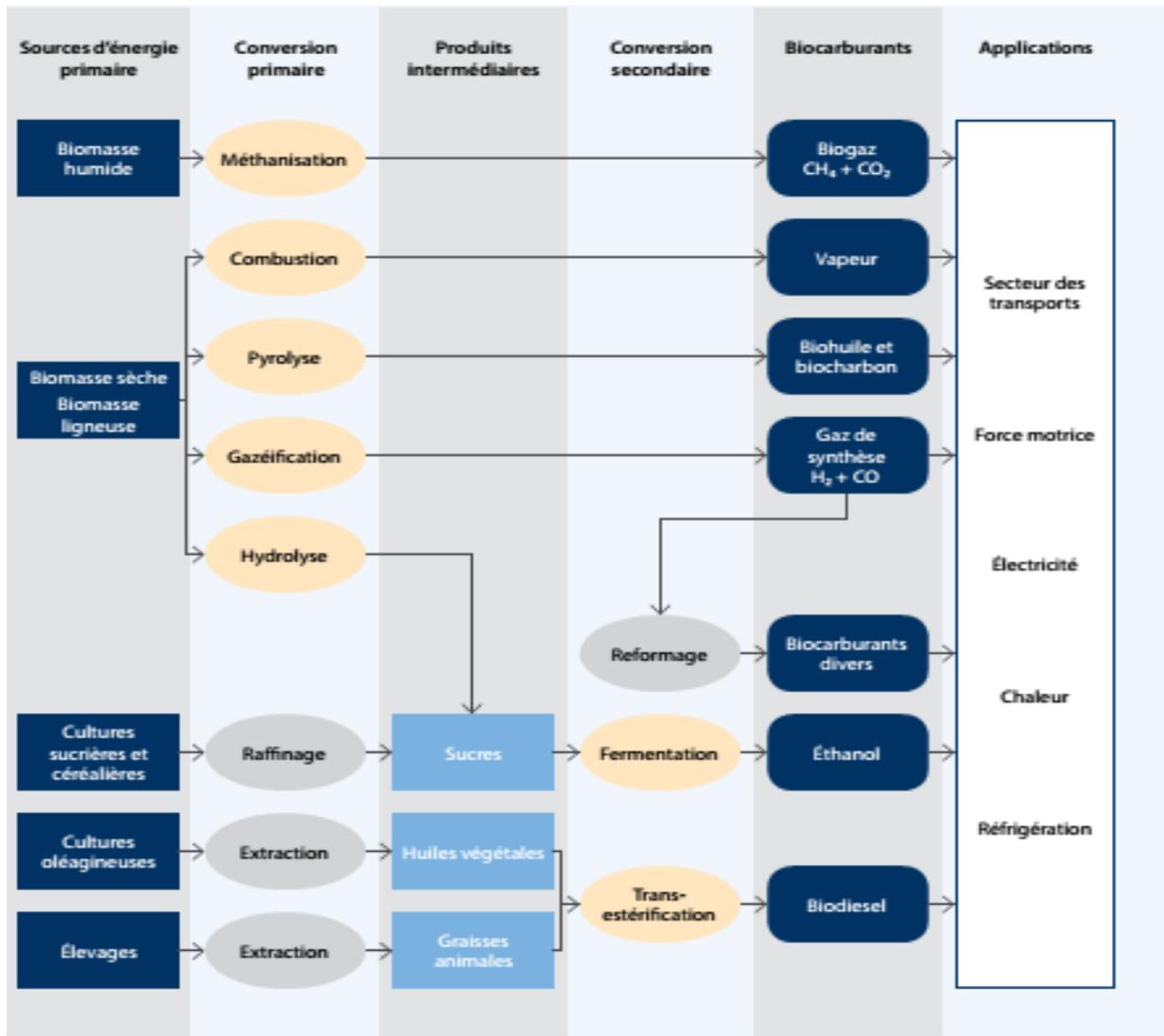


Figure III.3 : les différents types d'énergie biomasse

III.4.1.1. La production de biocarburants (voie oléochimique) :

Les biocarburants sont des carburants liquides ou gazeux créés à partir d'une réaction :

- entre l'huile (colza, tournesol) et l'alcool dans le cas du biodiesel ;
- à partir d'un mélange de sucre fermenté et d'essence dans le cas du bioéthanol.

Il existe 3 générations de biocarburants :

- **1^{ère} génération** : biocarburants créés à partir des graines ;
- **2^e génération** : biocarburants créés à partir des résidus non alimentaires des cultures (paille, tiges, bois) ;
- **3^e génération** : biocarburants créés à partir d'hydrogène produit par des micro-organismes ou à partir d'huile produite par des microalgues.

Les biocarburants de 2^e et 3^e génération ont entre autres pour vertu de ne pas « occuper » un territoire agricole en compétition avec la production d'aliments pour l'homme. Leur maturité industrielle, tout particulièrement pour la 3^e génération, reste à établir.

Ces biocarburants peuvent prendre différentes formes :

- des esters d'huiles végétales produits, par exemple, à partir du colza (biodiesel) ;
- de l'éthanol, produit à partir de blé et de betterave, incorporable dans le super sans plomb sous forme d'ETBE (éthyl tertio butyl ether)¹. Cet ETBE favorise l'incorporation d'éthanol dans les essences .

III.4.1.2. La voie sèche ou thermochimique :

La voie sèche est principalement constituée par la filière thermochimique, qui regroupe les technologies de la combustion, de la gazéification et de la pyrolyse :

A) la combustion

La combustion produit de la chaleur par l'oxydation complète du combustible, en général en présence d'un excès d'air. L'eau chaude ou la vapeur ainsi obtenues sont utilisées dans les procédés industriels ou dans les réseaux de chauffage urbain. La vapeur peut également être envoyée dans une turbine ou un moteur à vapeur pour la production d'énergie mécanique ou, surtout, d'électricité. La production combinée de chaleur et d'électricité est appelée cogénération ;

B) la gazéification

La gazéification de la biomasse solide est réalisée dans un réacteur spécifique, le gazogène. Elle consiste en une réaction entre le carbone issu de la biomasse et des gaz réactants (la vapeur d'eau et le dioxyde de carbone). Le résultat est la transformation complète de la matière solide, hormis les cendres, en un gaz combustible composé d'hydrogène et d'oxyde de carbone. Ce gaz, après épuration et filtration, est brûlé dans un moteur à combustion pour la production d'énergie mécanique ou d'électricité. La cogénération est également possible avec la technique de gazéification ;

C) la pyrolyse

La pyrolyse du bois est le procédé qui permet la transformation du bois en gaz combustible, produits condensables (eau et goudrons) et du charbon de bois. Elle correspond à la décomposition thermique du bois, sous vide ou en présence de gaz inerte. Les procédés traditionnels de pyrolyse utilisent des températures de 300 à 600°C et produisent du charbon de bois.. Les procédés modernes de pyrolyse utilisent des températures plus élevées et récupèrent l'énergie des produits volatiles.. ...[15]

III.4.1.3. La voie humide ou biologique :

La principale filière de cette voie est la méthanisation. Il s'agit d'un procédé basé sur la dégradation par des micro-organismes de la matière organique. Elle s'opère dans un digesteur chauffé et sans oxygène (réaction en milieu anaérobie). Ce procédé permet de produire :

- **le biogaz** qui est le produit de la digestion anaérobie des matériaux organiques ;
- **le digestat** qui est le produit résidu de la méthanisation, composé de matière organique non biodégradable...[15]

III.5.L'Energie biogaz :

Le biogaz est un gaz combustible, mélange de méthane et de gaz carbonique, additionné de quelques autres composants. Le préfixe bio (vivant) indique sa provenance : les matières organiques, qui libèrent le biogaz lors de leur décomposition selon un processus de fermentation. On l'appelle aussi gaz naturel "renouvelable", par opposition au gaz naturel d'origine fossile. Le biogaz se nomme encore "gaz de marais", au fond duquel se décomposent des matières végétales et animales. C'est également du biogaz qui est à l'origine des feux follets des cimetières ou de l'embrasement spontané des décharges non contrôlées.

Gamme de concentration des principaux constituants		
Constituants	Teneur (% volume / volume du gaz sec)	
	biogaz formé par digestion méthaniques de déchets de biomasse [9]	(G.N.) Gaz naturel algérien [10]
CH ₄	50 à 70	67 à 93
CO ₂	25 à 30	0.2 à 2
H ₂ S	0, 1 à 5	-
N ₂	0,5 à 3	0.7 à 5
H ₂	0,1 à 1	0
CO	< 0,1	-

Figure III.4 : comparaison entre biogaz et le gaz naturel (source :AIE)

N.B : le méthane issu du biogaz est 23 fois plus nocif que le gaz carbonique, donc sa valorisation est primordiale pour éviter les dégâts environnementaux.(source :ADEM)

III.5.1.Les sources de biogaz :

Le biogaz est le résultat de la méthanisation ou digestion anaérobie de déchets fermentescibles. Les sources les plus courantes de biogaz proviennent des stockages de matière organique volontaires ou involontaires :

- Les cultures
- Les décharges : leur teneur en biogaz est plus ou moins élevée en fonction de l'étanchéité du mode d'exploitation.
- La collecte sélective des déchets putrescibles permet une méthanisation plus rapide qu'en décharge en utilisant des bioréacteurs spécifiques (digesteurs)

- Les boues des stations d'épuration : la méthanisation permet d'éliminer les composés organiques et permet à la station d'être plus ou moins autonome en énergie.
- Les effluents d'élevages

III.5.2. La méthanisation :

La méthanisation est un procédé naturel de transformation de la matière organique par des bactéries en absence d'oxygène. C'est la "digestion anaérobie" qui conduit à la formation d'un biogaz riche en méthane et utilisable comme source d'énergie. La méthanisation se produit "spontanément" à l'intérieur des installations de stockage des déchets.

III.5.2.1. Histoire de la méthanisation :

La découverte de la méthanisation remonte à 1776 lorsque A. VOLTA durant une de ses promenades observa que du gaz se libérait d'un marais. Après avoir étudié ce phénomène et fait plusieurs expériences il mit en évidence que le "gaz des marais" était inflammable. Un peu plus tard (1787), A.L. LAVOISIER² lui donne le nom de "gas hydrogenium carbonatrum" mais le terme de "méthane" fut proposé en 1865 et confirmé en 1892 par un congrès international de nomenclature chimique. Pendant ce temps, la présence de ce gaz est mise en évidence dans d'autres milieux (dont le fumier) et son origine est attribuée à l'activité microbienne. Celles-ci se développent dans des milieux anaérobies naturels. Le gaz des marais qui contient une forte proportion de méthane provient de la décomposition des déchets organiques végétaux des marécages. Cette décomposition se déroule également dans les lacs et des rizières. Les sols des zones humides tels que les forêts tropicales, la toundra et les tourbières participent aussi à la production du méthane atmosphérique. Enfin, les processus de digestion des animaux libèrent du méthane. Les ruminants et les termites sont la source d'une quantité importante de gaz. Les phénomènes anaérobies qui se déroulent dans les sédiments marins sont responsables d'une partie du méthane dissous dans l'eau de mer.

Au début du XX^{ème} siècle, la première installation produisant du méthane voit le jour à Exeter en Grande-Bretagne, elle permet l'éclairage des rues de la ville. Les développements modernes de la méthanisation sont issus des travaux d'IMHOFF sur les boues urbaines et de DUCCELLIER sur les rejets d'élevages.

III.5.2.2. Le processus biologique de la méthanisation :

La méthanisation est assurée grâce à l'action de certains groupes de microorganismes microbiens en interaction constituant un réseau trophique. On distingue classiquement trois phases successives :

- L'hydrolyse et l'acidogénèse
- L'acétogénèse
- La méthanogénèse

III.5.2.2.1. L'hydrolyse et l'acidogénèse :

La matière organique complexe est tout d'abord hydrolysée en molécules simples. Cette décomposition est réalisée par des enzymes exocellulaires¹ et peut devenir l'étape limitante dans le cas de composés difficilement hydrolysables tels que la cellulose, l'amidon ou les graisses. Ensuite, ces substrats sont utilisés lors de l'étape d'acidogénèse par les espèces microbiennes dites acidogènes, qui vont produire des alcools et des acides organiques, ainsi que de l'hydrogène et du dioxyde de carbone.

*1 : Enzyme excrétée par une cellule dans le milieu où vit cette dernière.

III.5.2.2.2.L'acétogénèse :

L'étape d'acétogénèse permet la transformation des divers composés issus de la phase précédente en précurseurs directs du méthane : l'acétate, le dioxyde de carbone et l'hydrogène. On distingue deux groupes de bactéries acétogènes :

- **Les bactéries productrices obligées d'hydrogène :**

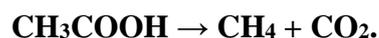
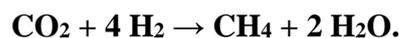
Anaérobies strictes, également appelées OHPA (« Obligate Hydrogen Producing Acetogens »). Elles sont capables de produire de l'acétate et de l'H₂ à partir des métabolites réduits issus de l'acidogénèse tels que le propionate et le butyrate. L'accumulation d'hydrogène conduit à l'arrêt de l'acétogénèse par les bactéries OHPA. Ceci implique la nécessité d'une élimination constante de l'hydrogène produit. Cette élimination peut être réalisée grâce à l'association syntrophique de ces bactéries avec des microorganismes hydrogénotrophes.

- **Les bactéries acétogènes non syntrophes :**

Elles ont le métabolisme est majoritairement orienté vers la production d'acétate. Elles se développent dans les milieux riches en dioxyde de carbone. Les bactéries « homo-acétogènes » font partie de ce groupe, elles utilisent l'hydrogène et le dioxyde de carbone pour produire de l'acétate. Elles sont présentes en quantité beaucoup plus faible dans les biotopes anaérobies

III.5.2.2.3La méthanogénèse

La méthanogénèse est assurée par des micro-organismes anaérobies stricts. Cette dernière étape aboutit à la production de méthane. Elle est réalisée par deux voies possibles : l'une à partir de l'hydrogène et du dioxyde de carbone par les espèces dites hydrogénotrophes, et l'autre à partir de l'acétate par les espèces acétotrophes (dites aussi acétoclastes). Leur taux de croissance est plus faible que celui des bactéries acidogènes... [wikipédia.com]



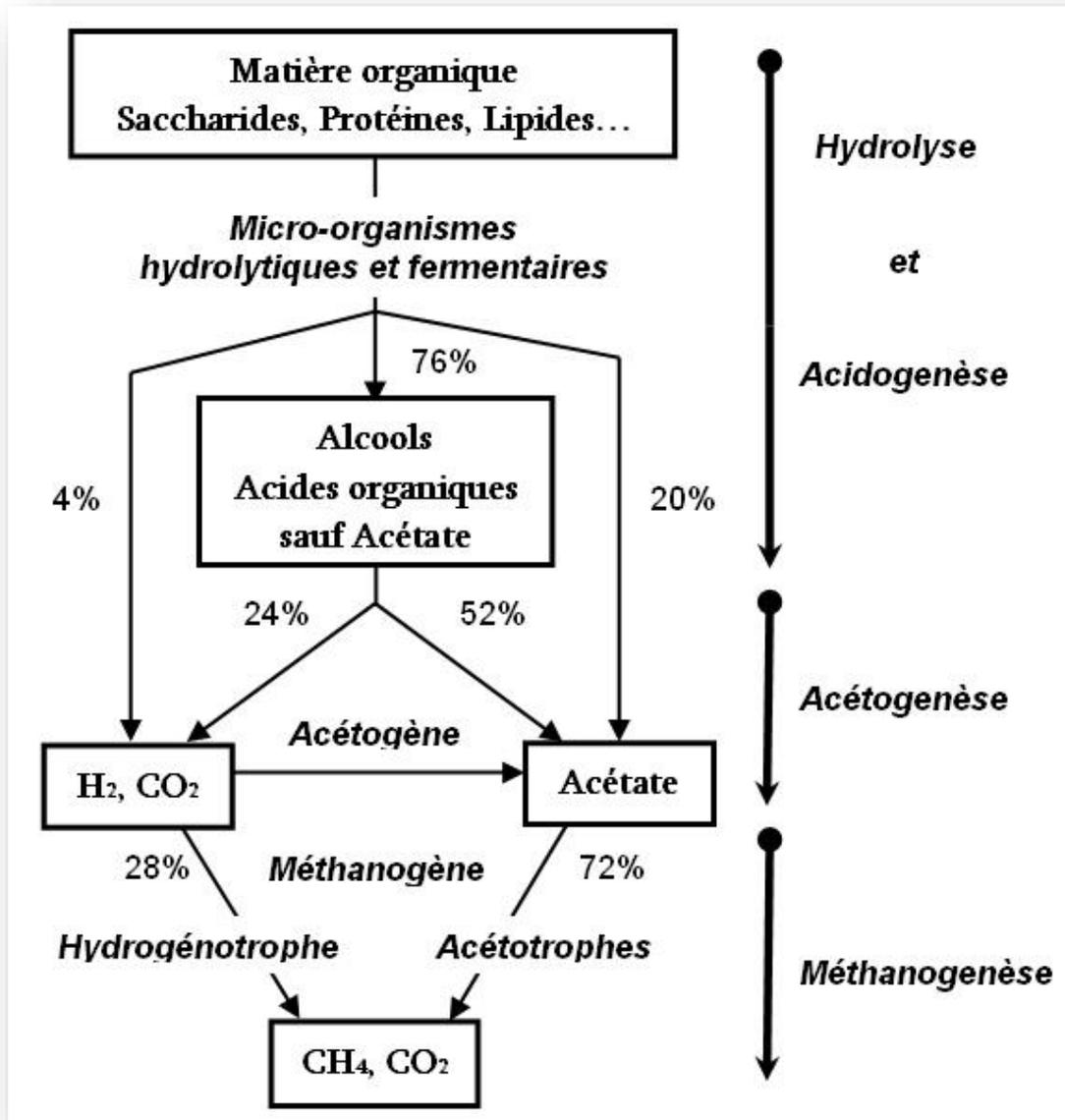


Figure III.5 : Schéma de la chaîne trophique de la méthanogénèse et ses différentes étapes

En résumé, le processus de la méthanisation est réalisé par une communauté microbienne anaérobie stricte, constituant un écosystème équilibré. Cette biodiversité est due aux différentes étapes de la méthanisation :

III.5.2.3. Paramètres influençant la méthanisation :

III.5.2.3.1. les conditions physicochimiques :

➤ PH :

Le pH optimum pour la digestion anaérobie est située aux alentours de la neutralité. Il est le résultat du pH optimum de chaque population bactérienne. Les bactéries acidifiantes peuvent maintenir leurs survies à un pH situé entre 5,5 et 6. Au delà de 6,6, ces micro-organismes se développent beaucoup plus lentement. Les acétogènes proliféreront plutôt à

un pH près de 7. Quant aux bactéries méthanogènes, leurs activités maximales se fera à un pH situé entre 6 et 8. Elles sont très sensibles aux variations de pH. Pour éviter l'inhibition d'une sorte de bactéries vis à vis des autres, nous préférons maintenir un pH entre 6,5 et 8,5 pour garantir un rendement optimal, permettant de trouver un juste milieu entre les différents besoins des microorganismes. De surcroit, cette condition permet de maintenir les équilibres chimiques des acides et bases faibles.

Une chute de pH est le signe d'un dysfonctionnement (production d'AGV supérieure à leur consommation) et doit être corrigée immédiatement par addition d'alcalin (lait de chaux, soude, potasse ou carbonates) jusqu'à pH 7 à 7,5.

« Le pH est donc un des paramètres principales de contrôle du processus de méthanisation ».

➤ **Alcalinité :**

L'alcalinité sert d'indicateur sur les capacités du digesteur à maintenir un pH stable. Elle dépend principalement de la concentration en bicarbonate (HCO_3^+), en AGV, et d'ammonium (car l'effluent à traiter est riche en azote) qui est un acide faible.

➤ **Température :**

La digestion anaérobie de la matière organique ne produit pas de chaleur significative. Il est donc nécessaire de chauffer les méthaniseurs dans le but d'avoir une température qui serait compatible avec l'activité des bactéries. L'activité méthanogène des micro-organismes est liée à la température. On peut ainsi définir 2 plages optimales de température:

- la zone mésophile compris entre 25 et 40°C
- la zone thermophile allant d'environ 55 à 60°C

En zone mésophile, le rendement est moins important et la vitesse de méthanisation est plus faible qu'en zone thermophile. La 2^{ème} zone thermique (55 à 60°C) exige une isolation thermique optimale pour éviter l'autoconsommation. Nous préférons donc travailler en zone mésophile, car celle-ci est plus facile à maîtriser. Il est possible de travailler à des températures différentes des optima avec des performances plus faibles. En outre, l'importance de la température vient du fait que c'est un paramètre permettant l'élimination des agents pathogènes.

➤ **Humidité**

L'humidité du substrat organique, conditionne le mode d'homogénéisation et de mélange à mettre en œuvre dans le méthaniseur. Ce paramètre permet de distinguer les procédés de méthanisation par voie sèche de ceux par voie humide.

- La méthanisation par voie sèche est la plus courante. Dans ce procédé, le méthaniseur est alimenté par un substrat dont la concentration en matières sèches (MS) se situe entre 15 et 40 %.

- Dans le cas de la méthanisation par voie humide, les déchets sont préalablement liquéfiés pour présenter un taux maximum de MS de 10 à 15 %

III.5.2.4. Les principaux inhibiteurs de la digestion anaérobique :**III.5.2.4.1. L'acidose :**

L'acidose peut être provoquée par :

- une trop grande quantité de matières fermentescibles introduites dans le digesteur, certaines matières entrantes sont plus rapidement hydrolysées que d'autres comme les matières riches en glucides et lipides (graisses, effluents agroindustriels, déchets GMS, etc.) ;
- une inhibition des bactéries acétogènes et méthanogènes par différentes substances : H₂S, NH₃, sels, antibiotiques et désinfectants...

L'acidose provoque une accumulation d'Acides Gras Volatils (AGV) dans le milieu, ce qui engendre une baisse du pH qui inhibe l'activité des bactéries et entraîne une baisse de production du biogaz.

➤ Symptômes :

Les premiers symptômes sont :

- Augmentation de la pression partielle en H₂;
- Baisse de l'alcalinité (TAC) ;
- Accumulation des acides gras volatils et modification de la proportion entre acides (diminution de la présence d'acide acétique et augmentation des acides propénoïques, butyrique et valérique). L'acide propénoïques est le premier à s'accumuler donc le meilleur indicateur.

Les symptômes suivants sont :

- Baisse de la production de biogaz ;
- Baisse du CH₄ dans le rapport CH₄/CO₂;
- Déplacement de l'H₂S vers la phase gazeuse.

➤ Comment réagir ?

- Diluer le mélange dans le digesteur avec une matière de type lisier pour augmenter le pouvoir tampon ;
- Ajouter du bicarbonate de sodium (NaHCO₃) afin de faire remonter le pH et augmenter le pouvoir tampon.

➤ Prévenir contre l'acidose :

- Surveiller les quantités de matières introduites ;
- Calculer la charge organique entrante.

Être très vigilant pour tout nouvel intrant (présence d'inhibiteurs) :

- Colza, paille de colza, autres crucifères... : Les substrats riches en acides aminés contenant du soufre peuvent être à l'origine d'une augmentation de la teneur en H₂S dans le digesteur ;
- Recirculation de digestat liquide, produit riche en azote... : La production d'ammonium dans le milieu est quant à elle liée à l'introduction de substrats riches en azote ;
- Antibiotiques, désinfectants... : L'inhibition peut également provenir de substances utilisées pour la conduite de l'élevage ou pour le nettoyage des bâtiments.

III.5.2.4.2. L'alcalose :

L'alcalose provient d'un excès d'ammoniac dans le milieu, conséquence d'un apport de substrat trop riche en protéines. L'ammoniac entraîne une augmentation du pH et inhibe les bactéries acidogènes et acétogènes. Les produits d'hydrolyse s'accumulent : acides aminés, acides gras volatils, ... L'alcalose est un processus assez lent et qui ne bloque pas forcément entièrement les réactions et la production de biogaz. Le milieu peut réussir à s'adapter, par contre cela engendre une perte de rendement, tout le potentiel méthanogène des substrats n'est pas exploité.

➤ Symptômes :

- Augmentation de la concentration en NH₃ dans le digestat ;
- Augmentation du pH ;
- Augmentation des acides gras mais de longues chaînes ;
- Baisse de la production de biogaz mais maintien de la proportion CH₄/CO₂ ;
- Production possible de mousse.

➤ Comment réagir ?

- Stopper l'apport de substrats riches en protéine ;
- Introduire des substrats moins riches en protéine et fortement fermentescibles pour relancer l'activité des bactéries

➤ Prévenir contre l'alcalose :

Connaître la concentration en NH₃ de chaque substrat et mesurer si la limite n'est pas atteinte avec l'apport d'un nouveau substrat.

III.6. La production de biogaz par voie de méthanisation :

L'énergie du biogaz provient de son principal composant, le méthane. Le pouvoir calorifique inférieur (PCI) du méthane, c'est-à-dire la quantité de chaleur produite par la combustion, est de 9,42 kWh/m³, à 15 °C, et pour une pression atmosphérique normale. Selon les filières de production et les

matières organiques utilisées, la proportion du méthane varie. Un biogaz à 65 % de méthane présentera donc un PCI de :

$$9,42 \times 0,65, =6,1\text{KWH/m}^3$$

PCI =6,1 kWh/m ³ .

Par comparaison, le gaz naturel est constitué de 93 % de méthane. Avec un processus optimisé, environ 500 m³ de biogaz sont extraits par tonne de matière organique traitée.

III. Conclusion :

Les responsables dans le domaine de l'énergie et ceux de l'environnement cherchent actuellement à généraliser l'exploitation et la valorisation de la biomasse, ils ont même envisagé des réglementations à mettre en œuvre dans ce sujet.

L'Algérie est parmi les pays qui ont étudié le cas mais l'absence de la réglementation empêche la concrétisation des projets. Au cours de ce chapitre on a pu montrer l'importance de la valorisation de l'énergie biomasse en particulier le biogaz, on a défini le procédé de méthanisation.

Le chapitre suivant consiste à réaliser un dispositif qui va nous permettre prouvé la production du biogaz par voie de valorisation de la matière organique.

CHAPITRE IV : EXPERIMENTATION

IV.1.Objectif :

L'objectif de ce travail est de concevoir un dispositif capable de produire du biogaz par voie de valorisation dans un milieu anaérobie, on parle de la « méthanisation ou la digestion anaérobie » et voir ses produits finaux à savoir : le gaz de méthane avec une pureté d'environ 50-70% (Source : AIE) et la production du compost qui sert comme un fertilisant du sol

Des petits digesteurs anaérobies seront réalisés afin de servir pour des opérations de démonstration ou de sensibilisation. On vérifiera également la dégradabilité de la matière organique ainsi que l'inflammabilité du biogaz. L'expérimentation portera sur le suivi de cette dégradation dans deux digesteurs qui vont dégrader deux substrats de types différents : le fumier et la boue secondaire après déshydratation provenant de la station d'épuration. Cette expérience nous permettra également de comparer le rendement de production de biogaz dans les deux installations en observant :

- Le volume du gaz produit
- L'intensité de la flamme

IV.2.Protocole expérimentale :

IV.2.1.Présentation du dispositif expérimental :

Notre objectif est de réaliser une installation suivant le schéma présenté dans la figure IV.1 ci-après :

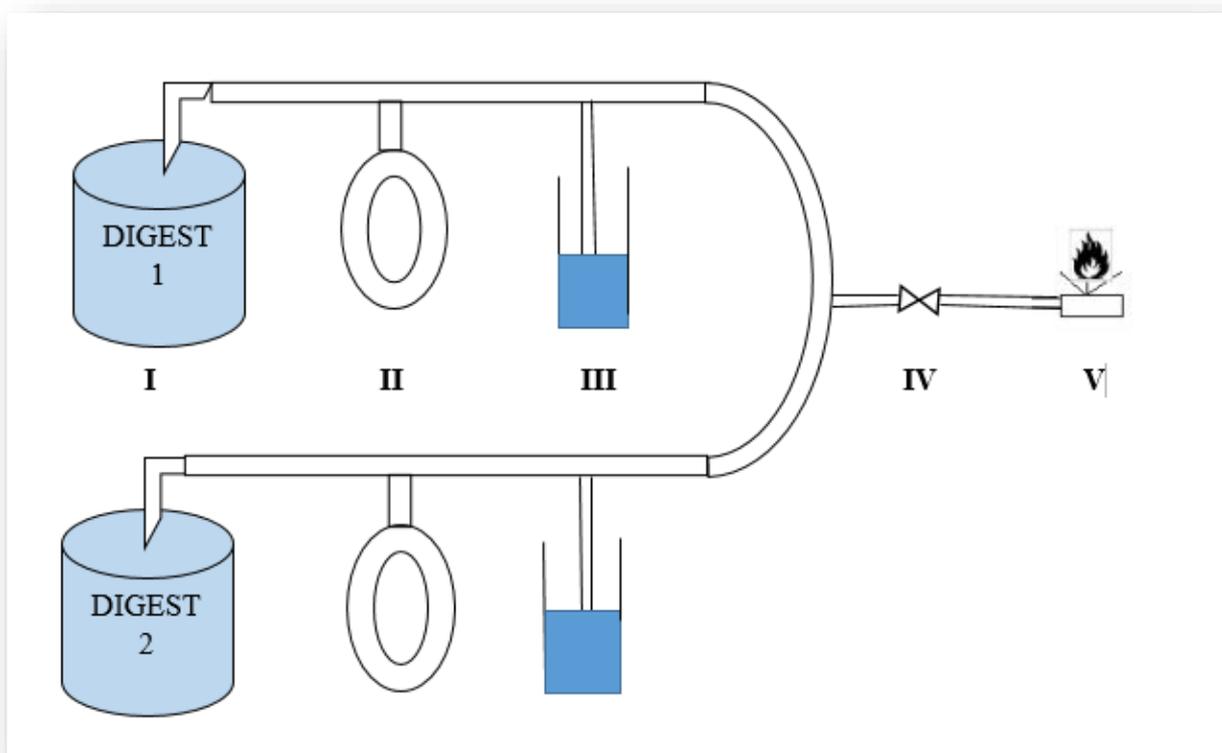


Figure IV.1 : schéma principal de l'expérimentation.

IV.1.2.1 Matériel nécessaire de l'expérimentation :

Afin de réaliser notre installation on doit se disposer du matériel suivant :

- 2 jerricanes en plastiques de volume 100L
- 2 chambres à air de voiture de 14 pouces
- Des raccords en T
- Des raccords simples et coudés
- Un détendeur
- Deux robinets de gaz
- Tuyau de gaz de diamètre 14mm d'une longueur de 10m environs
- Un bruleur :chalumeau
- Des Collier type serre-joint.
- Des branchements citernes.
- Silicone .

IV.2.Montage du dispositif :

IV.2.1.Préparation de la matière organique :

Au cours de notre travail on a prévu deux installations qui dégradent la matière organique en parallèle et qui sont soumises aux mêmes conditions physiques (température , temps de séjour dans les digesteurs). Pour réaliser l'installation on va suivre les différentes étapes commençant par la préparation de la matière organique :

- DIGEST 1 : le premier digesteur va contenir comme substrat du « fumier » que nous avons récupéré chez un éleveur de bovins à Guerouaou.



Figure IV.2 :Récupération du fumier dans l'étable.



Figure IV.3. : fumier rangé dans le digesteur.

- DIGEST 2 :le deuxième va contenir comme substrat la boue déshydratée issue de la station d'épuration de Beni Messous ,sous tiré après déshydrations .



Figure IV.4 : Récupération de la boue déshydratée



Figure IV.5: de la boue au niveau de la station d'épuration

IV.2.2. Préparation des digesteurs :

Après avoir ramené la matière organique, on doit préparer les deux digesteurs.

➤ Choix du site :

- Le premier critère à prendre en considération est d'avoir une température moyenne de 25°C. Vu les moyens simples qu'on travaille avec, on a essayé d'exploiter l'énergie solaire pour chauffer notre dispositif, de ce fait on a choisi la période printanière pour avoir une température moyenne journalière environs 25°C.
- On a choisi un site au niveau de la cours de l'ENSH, l'endroit où notre dispositif va être exposé aux rayons solaire au max

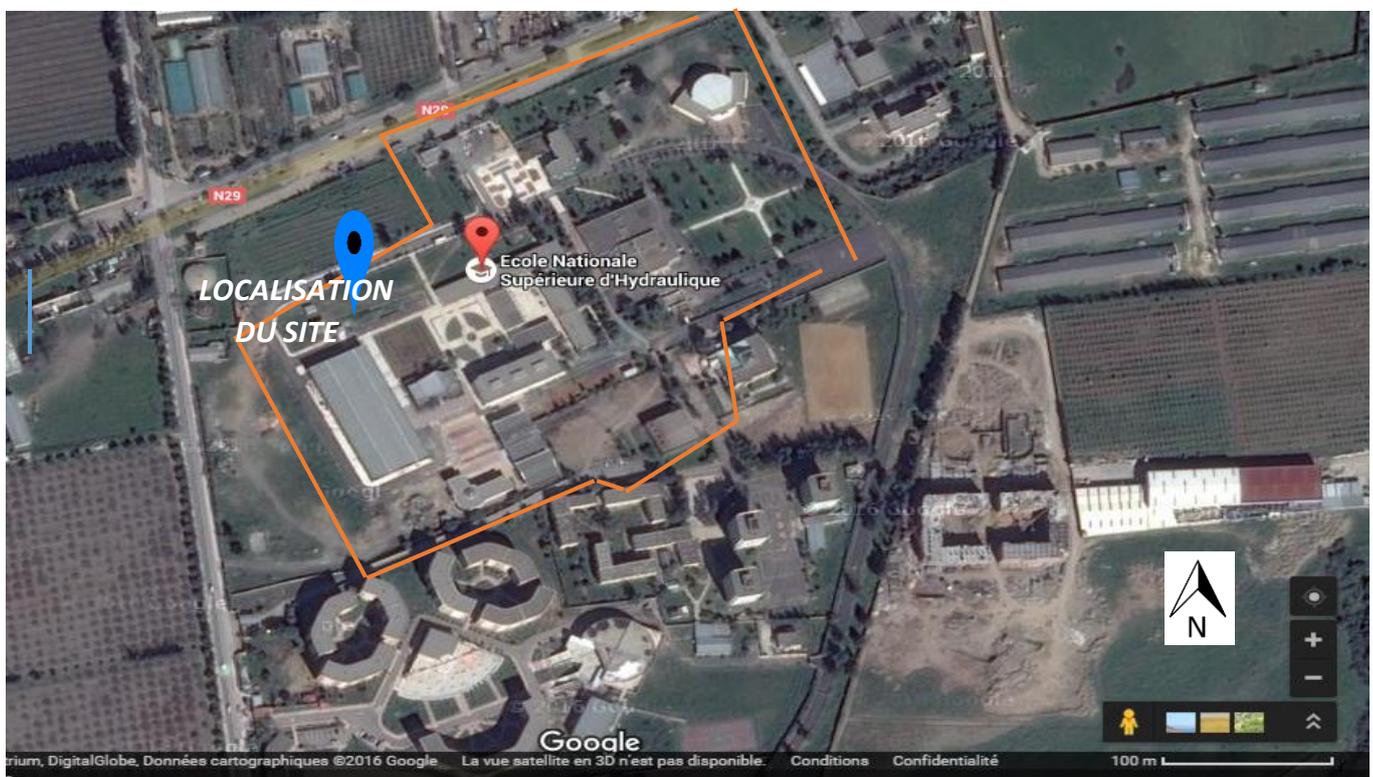


Figure IV.6 : localisation géographique du site de l'installation

Montage du dispositif :

Pour réussir la digestion anaérobie on doit s'assurer de l'étanchéité des deux digesteurs ainsi que de toute l'installation, pour inhiber l'existence de l'O₂.

Les étapes suivantes décrivent la préparation des deux digesteurs :

- 1- D'abord on commence par percer les couvercles de deux jerricanes de 100 litres de volume, pour monter minutieusement ce qu'on appelle des branchements citernes afin d'y monter les tuyaux de collecte de gaz ;



Figure IV.7: les étapes de perçage des couvercles des digesteurs

- 2- Vérifier que l'ancien contenu ne soit pas nocif aux bactéries méthanogènes (produits chimiques, détergents...) ;
- 3- Avant de fermer les jerricanes et pour des raisons de sécurité on met du silicone entre les rayures des couvercles.



Figure IV.8 : mise en place du silicone

- 4- brancher le tuyau de gaz ;



Figure IV.9 : montage du tuyau de gaz

- 5- charger la matière organique et de l'eau, chaude (60-70°C) de préférence car la chaleur est nécessaire au bon fonctionnement de la méthanisation.





FiguresIV.10: ajout de l'eau chaude à une température de 60-70°C

IV.2.3. Stockage de gaz :

Après avoir terminé l'installation des digesteurs, on prend deux chambres à air qui serviront par la suite au stockage du biogaz pour chacun. le montage des chambres à air s'effectue comme suit :

- 1- Démontez la valve (clapet anti-retour) de chaque chambre à air ;
- 2- Montez les branchements citernes correspondants pour chacune ;



Figure IV.11 : montage de la valve des chambres à air.

- 3- Gonfler les chambres à air avec de l'air, et vérifier leur étanchéité en les introduisant dans l'eau Et en utilisant un liquide moussieux.



Figure IV.12 : Vérification de l'étanchéité des chambres à air

- 4- Raccorder les chambres à air à l'aide d'un té à l'installation

IV.2.4.Montage de la soupape :

IV.2.4.1.Définition d'une soupape :

Une soupape de sûreté ou soupape de sécurité est un dispositif de protection contre les surpressions dans des ensembles soumis à pression et dans tout système où la circulation du fluide ne devrait s'effectuer que dans un sens.

IV.2.4.2.Montage de la soupape :

On va concevoir un dispositif qui jouera le rôle d'une soupape de sécurité , on utilise donc deux bouteilles en plastique transparentes de 5L, remplies d'eau à 1/3 de son volume.

- 5- A l'aide d'un T, fixer sur le tuyau principal un bout d'un autre tuyau , comme pour les chambre à air.
- 6- plonger ce tuyau dans la bouteille d'eau remplie. La hauteur d'eau de deux bouteilles représente la pression maximum du gaz contenu dans la chambre à air.



Figures IV.13 : les soupapes de sécurité

IV.2.5.Raccord des deux installations :

- 7- A l'aide d'un té, on va raccorder la fin de chaque installation avec un tuyau qui va être par la suite branché au bruleur.
- 8- comme système de sécurité on a prévu l'installation d'un détendeur pour empêcher le retour de la flamme.
- 9- pour bien gérer notre dispositif, le montage des robinets gaz est indispensable afin d'isoler ces deux installations.



Figure IV.14 : les différentes étapes pour le raccord des deux installations

IV.2.6.Montage de bruleur :

- 10- Brancher le tuyau sur l'embout du réchaud prévu à cet effet.



Figures.V.15 : montage du bruleur

IV.2.7.Vérification de l'étanchéité du dispositif :

Faire un liquide moussant avec de la liquide vaisselle et de l'eau, l'étaler sur toutes les surfaces susceptibles de poser des problèmes d'étanchéité et regarder si des bulles apparaissent.

IV.3.Les paramètres physico-chimique du dispositif :

IV.3.1.La température :

Le graphique suivant, extrait du bouquins « Biométhane » de Bernard Lagrange, nous montre la production du biogaz en fonction du temps. On voit que plus on est haut en température plus on crache rapidement du biogaz

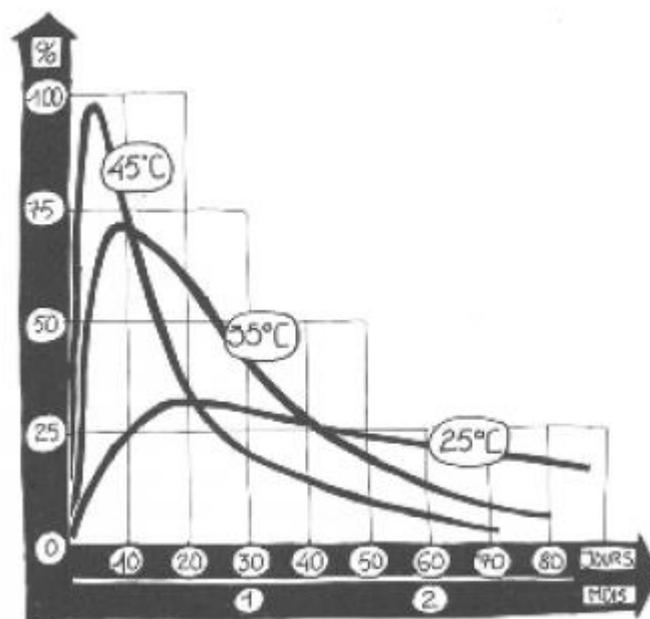


Figure V.16 : l'impact de la température sur le rendement de la méthanisation.

Du fait, que notre dispositif était exposé à l'air libre donc il a été soumis à une variation de température tout au long de la journée .Par conséquent son rendement n'est pas stable durant la journée et pendant les 5 jours de l'expérience.

Les températures journalières (min ,max) pendant les 5 jours sont résumées dans le tableau IV.1

Tableau IV.1 : température journalières min et max pendant 5 jours

Le jour	T max °C	T min °C
18-05-2016	26	16
19-05-2016	22	13
20-05-2016	29	17
21-05-2016	27	16
22-05-2016	29	15

IV.3.2.Le PH de la matière organique :

Le PH de fumier bovin est de :

Le PH de la boues secondaire :

IV.5.La mise en marche de l'installation :

La mise en marche du dispositif s'est effectuée le : Mercredi 18-05-2016 à 15h .

La figure suivante montre l'installation à l'instant =0



Figure.V.17:l'expérimentation à l'instant t=0

➤ **Observations sur l'évolution de l'expérimentation :**

11- Après t=24h :

Au bout de 24h ,on a eu des résultats ; la figure ci-après montre l'évolution du processus :



Figure V.18: l'évolution de l'expérimentation à un t=24h.

On remarque que :

- 12- Le DIGEST2 a produit un volume de gaz important par rapport au DIGEST.1, qui se voit à travers le gonflement des deux chambres à air.
- 13- La chambre à air raccordée au digesteur du fumier n'a reçu aucun volume de gaz, elle a gardé la même forme qu'à l'instant 0.
- 14- La soupape de sécurité : le niveau d'eau contenu dans la soupape s'est augmenté de Cm.
- 15- En approchant des digesteurs, on peut sentir l'odeur du gaz.

16- Après 48h :

- 17- Les formes des deux chambres à air n'ont pas évolué par rapport à la situation d'il ya 24h ;

- 18- La chambre à air du digesteur de fumier n'a reçu aucun volume de gaz, sa forme est toujours la même ;
- 19- Le niveau d'eau dans la soupape est maintenu ;
- 20- Une odeur de gaz se sent aux alentours des digesteurs.



Figure V.19: l'évolution de l'expérimentation à $t=48$

21- Après 72h :

Aucune évolution. Aucune production de gaz .

22- Après 96h :

Aucune production en plus.

➤ **Allumer la flamme :**

Après 5 jours de l'installation du dispositif, on a constaté qu'il n'ya plus d'évolution en termes de production de gaz, donc on a décidé d'allumer la flamme.

Suite à la faible pression , on a eu une flamme de faible intensité ce qui rend difficile de capturer l'instant :



Figure IV.20 : allumage de la flamme

IV.6. Interprétation des résultats :

Une première tentative d'allumage de la flamme n'a pas marché pour bien des causes :

- 23- Le bruleur ou le réchaud utilisée nécessite une plus grande pression que celle émise par les chambre à air ;
- 24- La présence du vent.

Pour cela il ya eu du gaz qui s'allumait mais cette flamme s'éteignait dès qu'on éloignait le briquet.

Dans un deuxième temps nous avons changé de bruleur; nous en avons ramené un plus petit nous en avons même essayé plusieurs : Un chalumeau de soudage et deux chalumeaux de bijouteries. Cette ci, nous avons pu avoir une flamme avec le chalumeau de soudage qui n'a pas duré longtemps à cause des tentatives multiples et qui n'ont porté que sur le DIGEST.2 (celui qui contient la boue secondaire). Car il faut signaler que nous avons eu un problème d'étanchéité au niveau du coude à la sortie de DIGEST.1.(on a pu détecter la fuite suite à l'odeur qui était intense au niveau du coude ainsi que sa couleur qui a changé au bout de 48h la figure suivante montre le cas).Du coup tout le biogaz produit au cours de ces 5jours s'est malheureusement dissipé dans l'atmosphère.



Figure .IV.21 : différence de couleur en niveau de coude due à l'échappement de biogaz

**CHAPITRE V : POSSIBILITE DE VULGARISER LA TECHNIQUE A GRANDE
ECHELLE****I. Introduction :**

Le pays consomme énormément d'énergie fossile. Ainsi, l'Algérie projettera d'orienter dans le future sa politique énergétique et d'accroître entre outre l'utilisation des énergies renouvelables.

La réalisation du dispositif dans le chapitre IV et la production du biogaz ,nous a conduit à penser et à chercher les différentes possibilités et les méthodes pour pouvoir vulgariser cette technique en s'inspirant des projets qui ont déjà été réaliser dans le monde et mémé au niveau national dont le sujet traité au cours de ce chapitre.

V.1.Généralités :

Une station d'épuration permet de traiter les eaux usées qu'elles soient d'origines industrielles ou qu'elles proviennent des activités quotidiennes de l'homme. Le but est de collecter les eaux usées, puis de les épurer par traitement, avant de pouvoir les rejeter dans le milieu naturel sans risquer de polluer notre environnement. En revanche, les sous-produits d'une station d'épuration peuvent être valorisé, on parle de :

- la réutilisation des eaux usée dans le domaine d'irrigation
- la boue comme matière première susceptible de produire l'énergie Biogaz, notre dispositif à prouver la technique.

Avant d'entamer la valorisation énergétique de la boue, on va jeter un petit aperçu sur les filières de traitement des eaux usées.

V.1.1.Filières de traitement des eaux usées :

Il existe plusieurs filières, mais le choix d'un procédé de traitement doit être adéquat du point de vue climatique, des applications attendues et de l'investissement .Ce procédé nécessite un ensemble cohérent de traitements effectués après des prétraitements tels que le dégrillage, le dessablage et le dégraissage. Parmi ces filières, on trouve :

- **Traitement primaire :** Décantation simple ou renforcée par des additifs chimiques.
- **Traitement secondaire :**
 - Traitement physico-chimique : utilisation d'adjuvants chimiques pour éliminer les matières en suspension. Il comporte une phase de coagulation (agglomération des colloïdes par addition par exemple de sels de fer ou d'aluminium), une phase de floculation et une phase de décantation pour assurer la séparation entre solide et liquide suite à l'injection des agents floculants tel le charbon actif en poudre. Ces traitements acceptent les variations brutales de charges polluantes, mais ils sont très coûteux en exploitation selon les adjuvants chimiques utilisés.
 - Traitement biologique : il permet la biodégradation des matières organiques des eaux usées grâce à des bactéries aérobies ou anaérobies
- **Traitement tertiaire ou les traitements complémentaires :** désinfection, dénitrification, déphosphatation.

V.1.2.Valorisation des boues :

V.1.2.1.Définition :

Les boues sont définies comme «un mélange d'eau et de matières solides, séparé par des procédés naturels ou artificiels des divers types d'eau qui le contiennent» .

Les boues d'épuration sont les sédiments résiduaux issus du traitement des eaux usées ; les boues d'épuration urbaines résultent du traitement des eaux usées domestiques qui proviennent de l'activité des particuliers et éventuellement des rejets industriels dans les réseaux des collectivités après avoir suivi un pré-traitement obligatoire.

Les eaux usées sont collectées puis acheminées vers les stations d'épuration où elles sont traitées. En fin de traitement, à la sortie de la station, l'eau épurée est rejetée vers le milieu naturel et il reste les boues résiduaux qui sont composées d'eau et de matières sèches contenant des substances minérales et organiques .

V.1.2.2.Type des boues :**➤ Les boues primaires :**

Ce sont des dépôts qui proviennent du traitement primaire des eaux usées, par décantation.

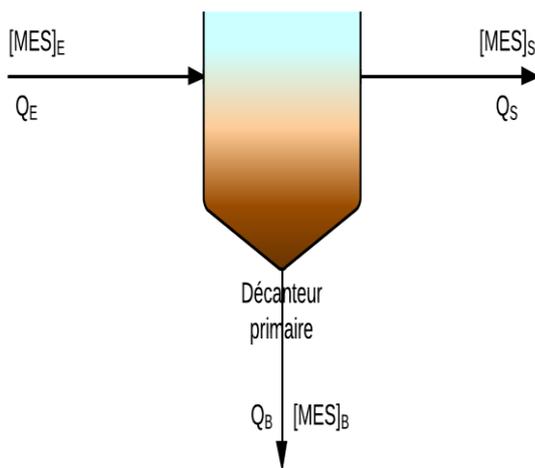


Figure V.1 : Décanteur primaire d'une STEP à boues activées.

➤ Les boues physico-chimiques :

Proviennent de la décantation après traitement avec des réactifs chimiques (agents flocculants).

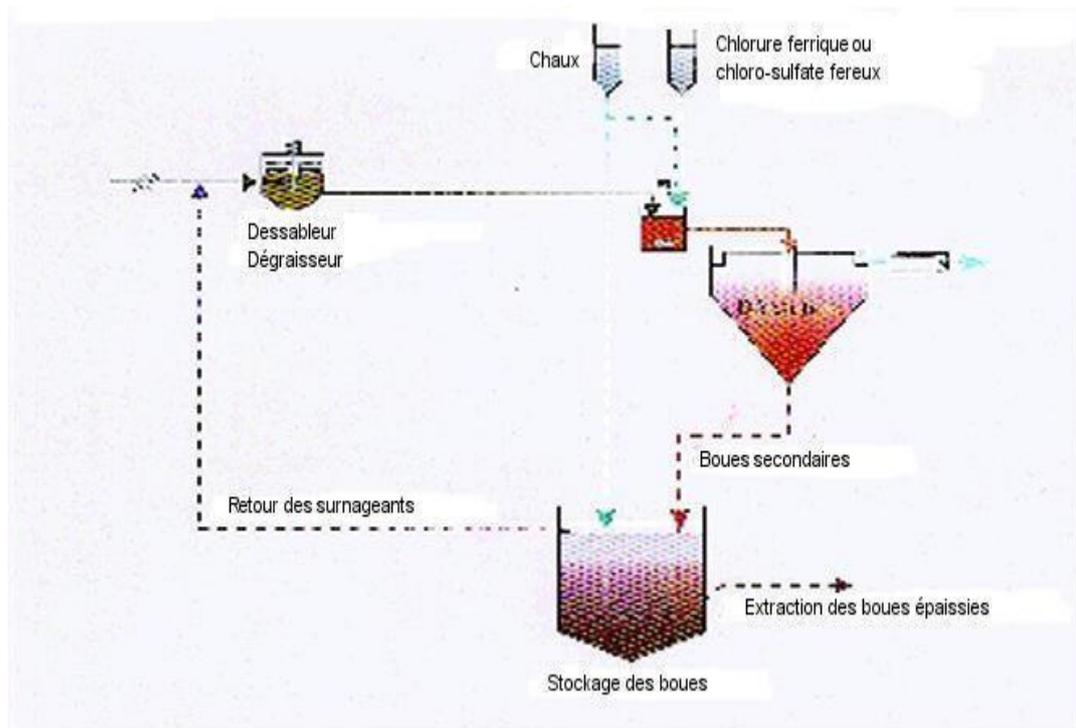


Figure V.2 : boues physico-chimique

➤ **Les boues biologiques :**

Proviennent d'une épuration biologique des eaux usées, composées d'agrégats de micro floccs bactériens.

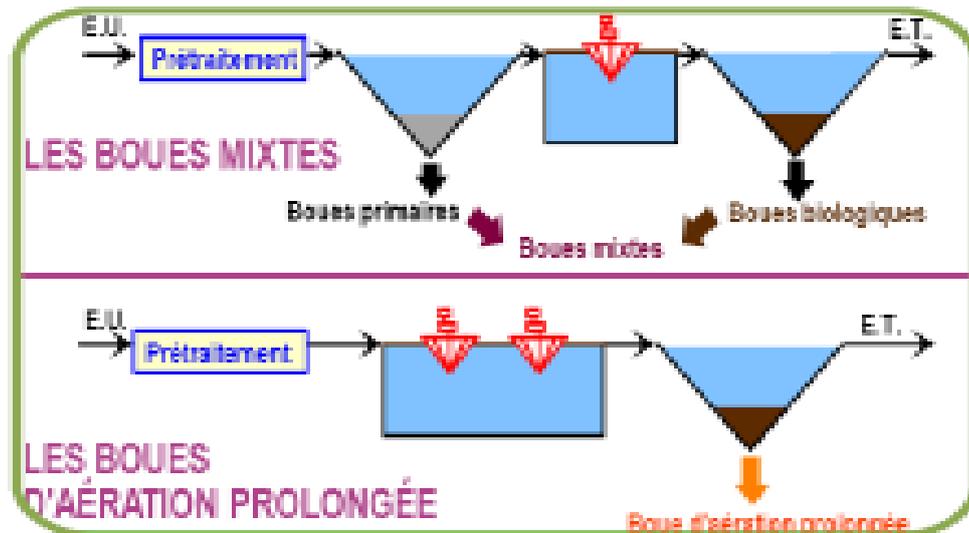


Figure V.3 : boues biologiques

V.1.2.3. Compositions des boues résiduaires :

La composition exacte des boues varie en fonction de l'origine des eaux usées, de la période de l'année et du type de traitement et de conditionnement pratiqué dans la station d'épuration. Les boues résiduaires représentent avant tout une matière première composée de différents éléments (Matière organique, éléments fertilisants (N et P ...), d'éléments traces métalliques, d'éléments traces organiques et d'agents pathogènes).[wikipédia.com]

- **Matière organique :**

La concentration en matière organique peut varier de 30 à 80 %. La matière organique des boues est constituée de matières particulaires éliminées par gravité dans les boues primaires, des lipides (6 à 19 % de la matière organique), des polysaccharides, des protéines et des acides aminés (jusqu'à 33 % de la matière organique), de la lignine, ainsi que des produits de métabolisation et des corps microbiens résultant des traitements biologiques.[wikipédia.com]

- **Éléments fertilisants et amendements :**

Selon la dose appliquée, les boues peuvent couvrir, en partie ou en totalité, les besoins des cultures en azote, en phosphore, en magnésium, calcium et en soufre ou peuvent aussi corriger des carences à l'exception de celle en potassium. Les éléments en traces tels que le cuivre, le zinc, le chrome et le nickel présents dans les boues sont aussi indispensables au développement des végétaux et des animaux.

- **Contaminants chimiques inorganiques et organiques :**

Ces mêmes éléments traces métalliques (cuivre, le zinc, le chrome et le nickel) indispensables au développement des végétaux et des animaux peuvent se révéler toxiques à trop fortes doses. D'autres, tels que le cadmium et le plomb sont des toxiques potentiels. Ainsi, un polluant peut être défini comme un élément ou un composé chimique ordinaire dont la nocivité n'apparaît qu'à partir d'une certaine concentration. Aussi, dans les boues, une multitude de polluants organiques peut se trouver en concentrations en général de l'ordre de $\mu\text{g}/\text{kgMS}$.

La nature et la concentration des eaux usées en polluants organiques et inorganiques sont très dépendantes des activités raccordées au réseau. L'essentiel des contaminations chimiques vient des rejets industriels et dans une moindre mesure des rejets domestiques (utilisation de solvants, déchets de bricolage...). Du fait de la décantation lors du traitement, ces contaminants chimiques se retrouvent dans les boues à de très grandes concentrations par rapport aux eaux usées.

- **Les micro-organismes pathogènes :**

Les boues contiennent des milliards de microorganismes vivants qui jouent un rôle essentiel dans les processus d'épuration. Seul une infime partie est pathogène (virus, bactéries, protozoaires, champignons, helminthes, etc.) et provient en majorité des excréments humains ou animaux. La concentration d'une eau usée en germes pathogènes dépend du secteur d'activité d'origine: les eaux provenant d'abattoirs ou de toute industrie traitant de produits d'animaux sont très largement contaminées.

V.2.Utilisation pratique de la digestion anaérobie « la méthanisation » :

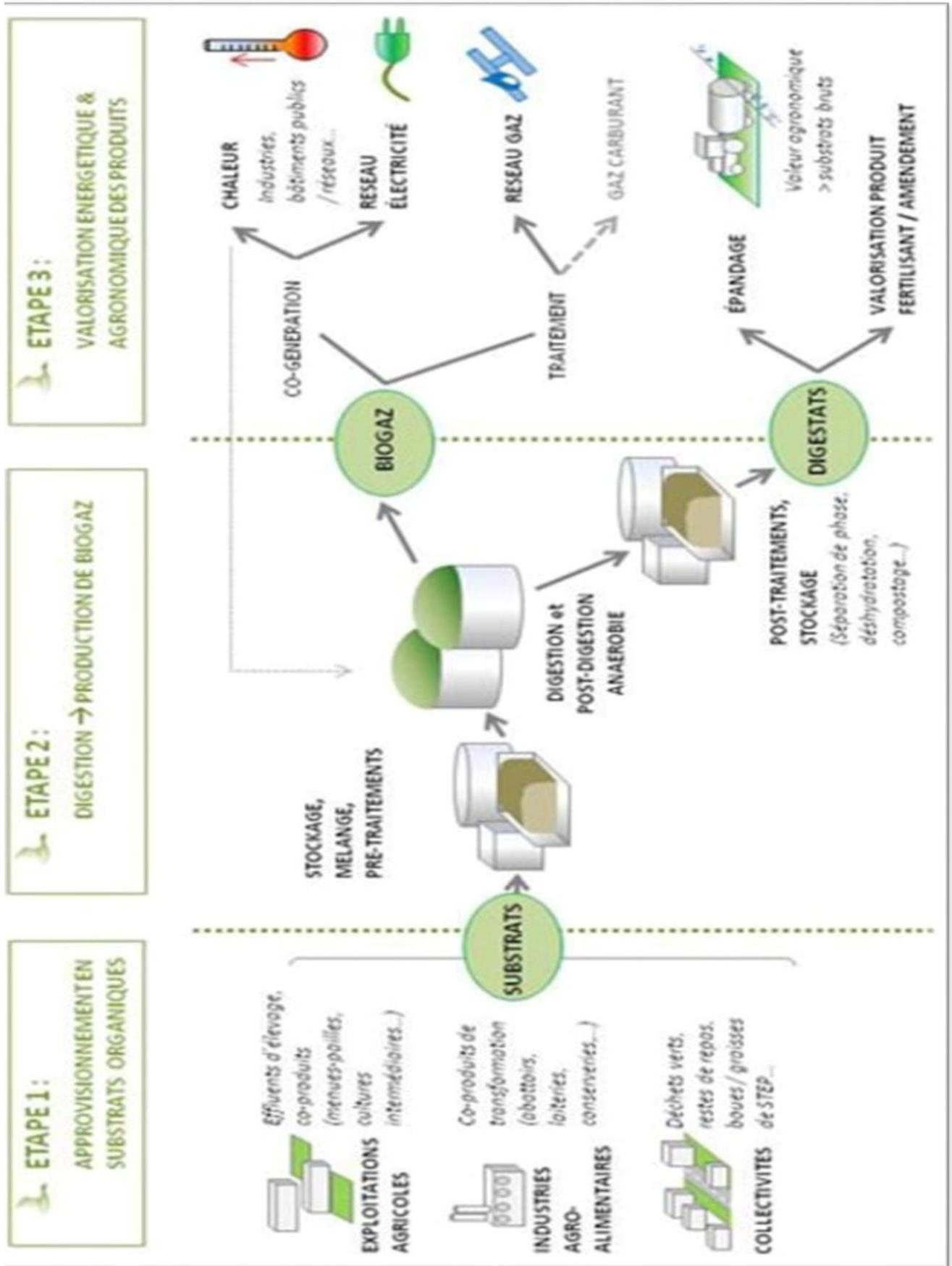
V.2.1.L'unité de méthanisation :

La méthanisation est un système biologique naturel transformant de la matière organique en biogaz. Ce procédé est aussi appelé digestion anaérobie car la matière fermentescible est traitée dans un environnement sans air et sans lumière. La dégradation des déchets dans le digesteur permet de former du biogaz et des digestats.

Les principaux déchets pouvant être traités dans une unité de méthanisation sont les suivants :

- Les déchets ou effluents agricoles : lisiers, fumiers, résidus de cultures...
- Les déchets de collectivités : déchets verts ou provenant de stations d'épuration (boues),
- Les déchets d'entreprises : principalement des déchets d'industries agro-alimentaires (matière organique), déchets graisseux.

La qualité et la quantité des déchets appelés aussi substrats sont des paramètres importants dans le choix du type de méthanisation et son dimensionnement.



V.2.2.Situation de La méthanisation dans les pays industrialisés :

➤ En Europe :

En Europe, dans une logique de double intérêt économique et environnemental, les gouvernements européens ont adoptés des politiques favorisant le développement des énergies renouvelables. La valorisation du biogaz produit par méthanisation de déchets organiques fermentescibles est l'une de ces alternatives en voie de développement. le marché de valorisation des déchets en Europe, le plus grand du monde, atteindra 3,6 milliards de dollars en 2016,,avec une domination du marché allemand.[25]

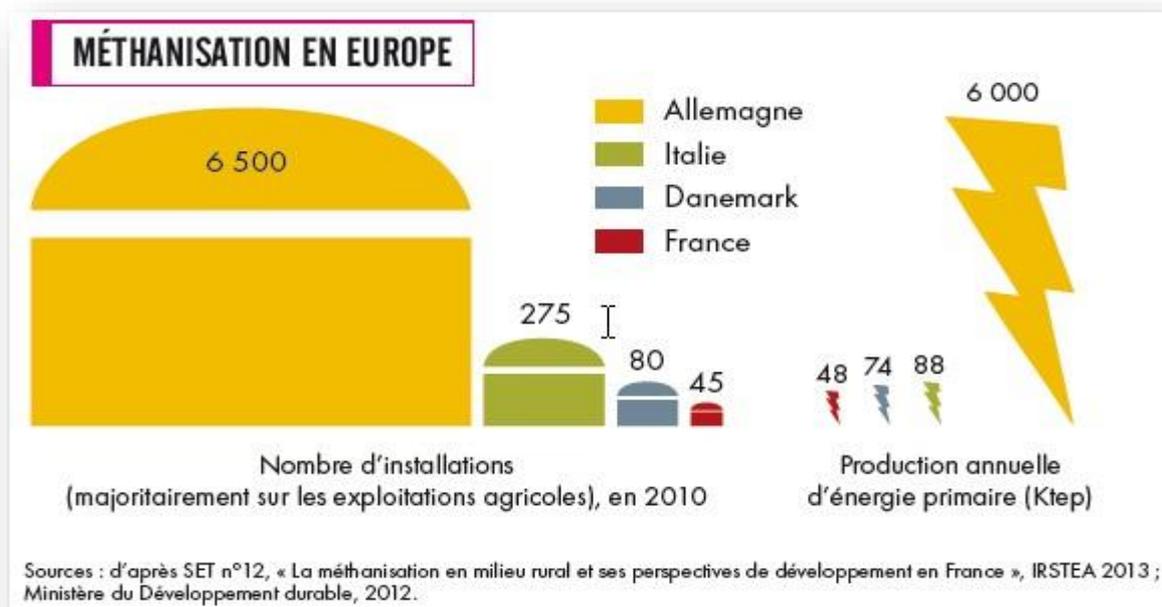


Figure V.5 : nombre d'unité de méthanisation en Europe.

Source [site internet du ministère de développement durable ,2012]

➤ En Allemagne :

l'Allemagne comptait 7 720 unités de méthanisation. La puissance installée était d'environ 3,5 GW électrique, ce qui correspond à 4 % de la consommation nationale d'électricité. Malgré la hausse du coût des matières premières, le maïs ensilage est toujours le substrat majoritaire utilisé pour alimenter ces installations. Selon Rainer Bolduan, ingénieur de recherches à Eifer (European Institute for Energy Research), c'est la culture qui offre à la fois le meilleur rendement en méthane et un coût de production parmi les plus bas, en comparaison avec d'autres plantes énergétiques (voir graphique).

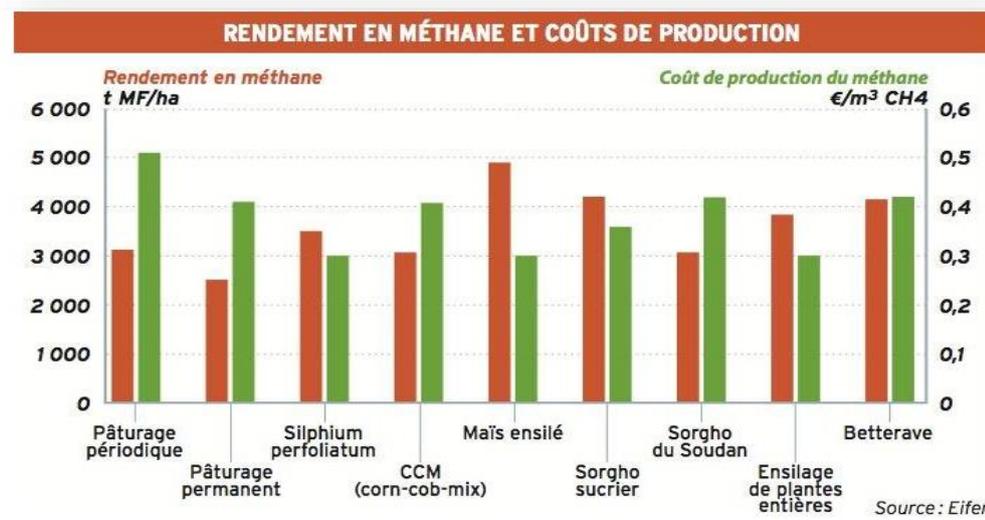


Figure V.6 : rendement en méthane en Allemagne

Entre 2000 et 2012, les surfaces de maïs en Allemagne sont passées de 9 à 15 % de la surface agricole utile (SAU), soit environ un million d'hectares. La plupart de cette augmentation est liée à l'utilisation de maïs pour la méthanisation. [source :AIE]

➤ **En France :**

En France, la méthanisation agricole connaît une forte croissance. Alors qu'en 2008 le pays ne comptait que quelques installations, 160 unités de méthanisation agricoles sont aujourd'hui en fonctionnement avec une capacité de production de 350 GWh d'électricité et 500 GWh de chaleur soit l'équivalent de la consommation de 35 000 foyers. Une progression à soutenir et encourager car la méthanisation, en permettant de produire, à partir des déchets de l'exploitation, un fertilisant et de l'énergie, peut ainsi réduire l'utilisation d'engrais minéraux et d'énergies fossiles de cette même exploitation et améliorer de facto son bilan environnemental, une aubaine pour le secteur agricole dans son ensemble.

En 2030, la moitié du gaz de réseau pourrait être issue de la méthanisation. Celle-ci représente donc une voie crédible vers une transition énergétique.

La France mise sur un modèle plus vertueux basé sur le traitement des déchets organiques existants et l'optimisation des usages du biogaz produit. C'est ainsi un double bénéfique qui est recherché : développer une énergie renouvelable tout en contribuant au traitement de déchets (la méthanisation peut en effet permettre une meilleure gestion de l'azote issu des élevages).

L'épuration du biogaz est une autre piste de valorisation très prometteuse. Elle permet la production de biométhane, gaz équivalent au gaz naturel pour pouvoir l'injecter dans le réseau. Cette technologie permet d'obtenir un rendement particulièrement efficace supérieur à 90%. [source :ADEME]

➤ **En chine :**

Depuis les années 1930, la Chine a su développer un plan national de construction du biogaz en milieu rural. Plus de 30 millions de biodigester domestiques ont été installés, faisant de la Chine le pays moteur de cette technologie. Une subvention de 1000 yuans (150 \$) est accordée pour chaque biodigester domestique. Le biogaz

domestique est à l'origine dans grand nombre d'emplois, que ce soit dans la construction ou dans la commercialisation de matériel pour la valorisation du biogaz.

V.2.3.La méthanisation au pays en développement :

➤ En Afrique : Le biogaz domestique

Dans de nombreux pays encore, le bois est le combustible de prédilection. Les conséquences directes sont une pression sur la surface boisée en corrélation directe avec l'augmentation de la population. Le biogaz domestique apporte une réponse simple, efficace, propre, d'une part à la demande en combustible de cuisine (voire en éclairage), d'autre part à la valorisation des déchets organiques domestiques par la production d'un engrais biologique performant. "Rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme" (Lavoisier 1792).

Pour une famille de 5 personnes, un biodigesteur de 5 m³ suffit à produire le biogaz pour la cuisson du repas. Ce digesteur doit être alimenté tous les jours avec des déchets organiques, comme par exemple deux seaux de lisier de porc.

- Le programme africain "Biogaz pour une vie meilleure" envisage d'équiper deux millions de familles avec le biogaz domestique d'ici 2020 avec l'appui de la SNV (société néerlandaise de développement). Ce programme a pour objectif de créer 800 compagnies de biogaz privées sur le continent africain.[16]

➤ En Inde :

En Inde, le développement du biogaz domestique est organisé par le ministère des Sources d'énergies non-conventionnelles depuis les années 1980. Des organismes privés font de la recherche et développent des procédés de production de biogaz domestique comme l'Institut des Techniques Agricoles Appropriées.

➤ Kenya :la première centrale biogaz liée au réseau électrique Africain

Le projet lancé par la société « Tropical Power Kenya Limited » TPKL, qui a lancé la première centrale biogaz connectée à un réseau de distribution d'électricité. Elle se situe à l'Ouest de Nairobi capitale de la république du Kenya. cette unité de méthanisation de 2,5 MW produit de l'électricité propre en valorisant plus de 50.000 tonnes de déchets organiques. Ces matières premières proviennent d'une exploitation agricole voisine de 800 hectares, propriété du groupe VegPro, exportateur de fruits vers le Royaume-Uni et partenaire financier de la Gorge Farm Energy Park.

La moitié de l'électricité générée sera revendue à Kenyan Power au prix de 0,10 dollars le kilowattheure (contre 0,38\$/kwh pour l'électricité produite à partir du diesel), le seul fournisseur d'électricité du Kenya. Ainsi, pour la première fois dans l'histoire du continent africain, l'électricité générée par une centrale biogaz sera distribuée sur un réseau électrique national. L'autre moitié de la production servira à alimenter la centrale elle-même ainsi que la ferme de VegPro...[16]

V.3. Potentielle d'énergie biogaz en Algérie :

Autan qu'hydrauliciens on va s'intéresser à la boue comme matière première pour produire le biogaz. La méthanisation est une technique, très utilisée dans les stations d'épuration à travers le monde, n'est pas exploitée en Algérie. Nous essayerons de démontrer dans ce qui suit le rôle que peuvent jouer les stations d'épuration des eaux usées et le potentiel que nous pouvons exploiter pour la production de biogaz en Algérie, ainsi que l'état actuel des stations d'épuration existantes à travers le territoire national.

V.3.1.Situation de l'assainissement en Algérie :

Les données de l'ONA indiquent que le réseau d'assainissement en Algérie est de 47048km de linéaire, pour collecter un volume de 1062million de m³/an [ONA 2015].

Le tableau ci-dessous représente l'état actuel des réseaux d'assainissement en Algérie .

Tableau V.1 : la situation actuelle de l'assainissement en Algérie

ONA	Nbr de STEP En exploitation	Capacité installées en Million Eq/Hab	Volume d'eau épurée en million de m ³ /an	Quantités de boues produites en T/J
	168	13	365	550

Source [ONA 2015]

Dans le contexte actuel de protection de l'environnement, l'élimination des boues d'épuration constitue un des enjeux majeurs pour notre pays. L'accroissement du nombre de STEP en Algérie s'accompagne de production de quantités non négligeables de boues d'épuration. L'objectif du traitement est de réduire le volume des boues produites, mais également de les valoriser par :

- Une réutilisation à des fins agricoles, permettant ainsi d'enrichir les sols sans recourir à des engrais chimiques,
- Valoriser leur potentiel énergétique sous forme de biogaz. D'où notre thème d'étude.

V.3.2.Perspectives de la valorisation énergétique des boues des STEP en Algérie :**V.3.2.1. La station de compostage des déchets de Beni-Mered W.Blida :**

La station de compostage est sise au niveau de la cité Fettal de la commune de Beni-Mered la wilaya de Blida exploitée par l'ONA.Son rôle est la gestion des déchets de la ville de Blida , le principe de fonctionnement de cette unité est le traitement biologique des déchets qui ont une forte teneur en matière organique,ce processus a pour effet de transformer dans les conditions contrôlées, les matières fermentescibles en un produit stabilisé riche en composé humique à savoir le compost et le cas biogaz.

Les objectifs principaux de ce traitement sont :

- La réduction la plus possible de la quantité de refus à éliminer ainsi que la charge organique de ces refus
- La production d'un amendement organique de qualité adapté à un débouche, qualité dont le premier critère est de faible teneur en indésirable physiques (verre ,plastique...etc) et en problématique tels que les métaux lourds.

Le projet a été lancé l'année 2011 ou les responsables ont prévu une réhabilitation de la station ,car cette dernière avait des problèmes de maintenance et des pièces de rechanges ,il va durer une période de 10 ans depuis l'année de lancement du projet pour accomplir les différents objectifs .

Le projet présente différents impact :

- a) L'impact environnemental : il permet la bonne maîtrise et gestion des déchets qui va par la suite diminuer le volume de déchets à enfouir grâce au traitement biologique.
- b) L'impact social : il permet la création de postes d'emploi ,donc il va réduire le taux de chômage .
- c) L'impact économique : parlons de l'aspect énergétique, la production du biogaz suite au traitement biologique, va assurer une certaine autonomie énergétique (chaleur ,électricité) et par conséquent va réduire le cout d'exploitation de la station.

Commentaire :

Les objectifs prévus du projet ne sont pas encore réalisés, l'autonomie énergétique non plus. Après une consultation qui s'est déroulée avec le chef du projet ,il constate que l'avancement du projet est à 60% pour qu'il soit réalisé .

V.3.2.2.La station d'épuration de la ville de Sedrata W.Souk Ahras :

La station d'épuration se trouve dans la ville de Sedrata ,la wilaya de Souk Ahras la région Est du pays ,elle a une superficie de 5 hectares avec une capacité journalière de 100 000habitans soit 10000m³/j. Elle est exploitée par l'ONA , sa première année de service était en 2009 .

La STEP de Sedrata fonctionne actuellement avec un schéma classique :

- Collecteur d'amenée
- Prétraitement primaire : dégrillage, dessablage, dégraissage ;
- Traitement primaire : unité de décantation ;
- Traitement des boues : par voie de méthanisation « digestion anaérobie ».

Le traitement anaérobie des boues ne permet pas de limiter les odeurs très gênantes et la pollution causées par la production du biogaz. Ce dernier étant très riche en énergie ,sa valorisation permet de produire de la chaleur et de l'électricité .

Après une année de sa mise en service, la station à été dotée d'une installation qui complète les installations de la STEP par une unité de valorisation du biogaz (production d'électricité).

Ce projet contribue au développement durable du pays en précisant en particulier :

- L'impact environnemental
- L'impact social
- L'impact économique

➤ **L'impact de la valorisation du biogaz sur les émissions du Gaz à Effet de Serre(GES) :**

En se basant sur des calculs pour estimer le taux d'émission du GES avant et après valorisation :

On distingue deux sources qui émettent le GES à partir de la STEP :

- Des émissions qui sont dues aux rejets de la STEP « le biogaz » ;
- Des émissions qui sont dues à la consommation d'énergie électrique au niveau de la STEP.

- **Avant valorisation du biogaz :**

- **GES due à la consommation de l'énergie électrique :**

Suivant les données de l'ONA : la station consomme environs 90 000KW/mois ,sachant que 1kw →émet 383gr de CO₂ donc l'émission totale du gaz carbonique est de :

$$\text{Quantité de GES} = 939 \text{ T.CO}_2/\text{an}$$

- **GES due à la production du biogaz avant valorisation :**

Selon les données de l'ONA ,les rejets actuelle de la STEP en terme de biogaz sont de 730 000m³/an . le biogaz se compose de :

- 20% de gaz carbonique voir :146 000m³/an
- 70% de gaz de méthane ,d'autant plus que le méthane est 23 plus fort que le gaz carbonique . : 23*146 000= 3358000 m³/an.

Sachant que 1Tonne →556,2m³

$$\text{Quantité de GES} = 6 \text{ 300T.CO}_2/\text{AN}$$

- **GES total émit avant valorisation de biogaz :**

En faisant la somme des deux résultats on obtient :

$$\text{Quantité de GES} = 7 \text{ 239 T.CO}_2/\text{AN}$$

- **Après valorisation du biogaz :**

- **GES due à la consommation d'énergie électrique :**

Après la valorisation du biogaz , la station aura une certaine autonomie en terme d'énergie, du coup , sa consommation va réduire de 50% ,et par conséquent les émissions vont réduire de 50% :

$$\text{Quantité de GES} = 476 \text{ T.CO}_2/\text{an}$$

- **GES due à la production du biogaz :**

Du fait qu'on valorise le biogaz , on aura plus de méthane dégagé ,donc la seule quantité émit est celle du gaz carbonique ce qui donne :

$$\text{Quantité de GES} = 262,50 \text{ T.CO}_2/\text{an}$$

- **GES total émit avant valorisation de biogaz :**

En faisant la somme des deux résultats on obtient :

$$\text{Quantité de GES} = 741 ,50 \text{ T.CO}_2/\text{AN}$$

- **Le taux de réduction :**

La réduction des émissions dues au projet est de : 7 239 – 741,50=6 497,5T.CO₂/an

$$\text{Taux de réduction} = 6 \text{ 497,50 T.CO}_2/\text{AN}$$

Tableau V.2 : résultats de l'impact de la valorisation du biogaz sur l'émission du GES

Quantité de GES T.CO ₂ /an	Emission due à la consommation électrique	Emission due à la production du biogaz		Total T.CO ₂ /an
		CH ₄	CO ₂	
Avant valorisation	939	6037	262,5	7239
Après valorisation	476	/	262,5	741,5
		Taux de réduction		6037 T.CO₂/an

Commentaire :

La réduction était presque de 1/10 de ses émissions avant valorisation, sans oublier l'autonomie énergétique fournie. Donc les responsables doivent s'intéresser à adapter des techniques semblable pour les généraliser à l'échelle nationale.

V.3.2.3.Récupération du biogaz de la station d'épuration de Beraki W.Alger :

La STEP de Beraki a été réalisée dans le cadre du schéma général d'assainissement Grand Alger (élaboré en 1976) qui prévoyait la réalisation des collecteurs principaux longeant l'Oued EL Harrach et ses affluents afin de collecter tous les rejets d'eau urbaines et industrielle pour les acheminées à la STEP , sa première année de service était en 1987 elle traite les rejets de 900 000eq hab .L'unité connaît malheureusement un fonctionnement irrégulier en raison de problème d'ordre organisationnel ,technique et financier les causes qui ont poussées les responsables de lancer un projet de réhabilitation en 2009,dans le but d'acquérir la technologie et les outils nécessaires pour l'élaboration des différentes technologies de traitement des eaux usées .



Figure V.7 : la station d'épuration de Beraki W. Alger

Actuellement la station est gérée par la Société des Eaux et d'Assainissement d'Alger (SEAAL). En 2013, elle a lancé une mission qui a pour but de former les différents dirigeants des STEP au niveau de la wilaya afin d'optimiser le fonctionnement des unités d'épuration. Cette formation rentre dans le cadre du projet GREEN CUBES.

➤ Etude GREEN CUBES :

C'est une mission lancée par les responsables de la SEAAL en coordination avec l'entreprise internationale SUEZ ENVIRONNEMENT dans le cadre du contrat « transfert du savoir-faire », cette étude a pour but de montrer qu'il existe des opportunités sur la wilaya d'Alger et Tipaza pour réaliser des gains énergétiques mais aussi valoriser l'énergie contenue dans les effluents et dans les boues. Ces opportunités sont :

- ✓ Economiser l'énergie dans la STEP environs 20% ;
- ✓ Utiliser les énergies renouvelables pour contribuer à une consommation de 10% (installation des panneaux solaires au niveau de la STEP Chenoua W. Tipaza) ;
- ✓ Récupération d'énergie à partir des effluents (installation des pompes à chaleurs au niveau de la STEP de Beni Messous) ;
- ✓ Valorisation de la biomasse pour un taux de 60% (installation d'une unité de cogénération sur la STEP de Beraki).



Il y a de l'énergie dans l'eau : la station d'épuration, plateforme environnementale source d'énergie

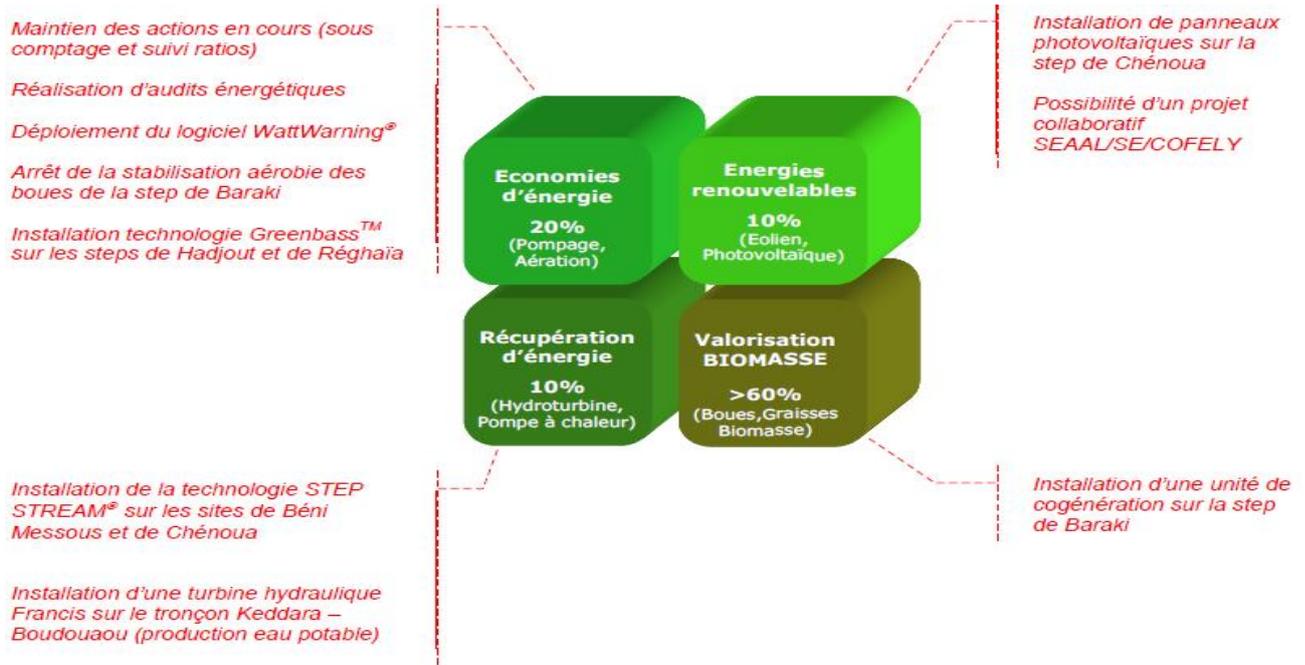


Figure V.8 :

L'étude de la valorisation de biogaz appliquée à la station d'épuration de Baraki consiste donc à valoriser le biogaz produit sous forme de chaleur et d'électricité via des moteurs de cogénération à combustion interne. La chaleur serait utilisée pour le réchauffage des boues et l'électricité serait auto-consommée sur site. Cette technologie est largement éprouvée et est très répandue sur les unités de digestion à travers le monde.

Commentaire :

Il est à noter que la mise en place de technologies de valorisation d'énergie est peu intéressante en terme financier dans le contexte algérien du fait du très faible coût unitaire de l'énergie électrique. Toutefois ces dernières permettront de réduire de façon significative l'empreinte du carbone, voire environnementale, de l'exploitation des stations d'épuration.

V.4.Vulgariser le dispositif de la méthanisation à grande échelle :

V.4.1. Boues d'épurations urbaines et industrielles :

Premier maillon de la chaîne de traitement après les phases de décantation, l'intérêt économique de la méthanisation des boues doit être étudiée au regard des investissements et des frais d'exploitation, mais aussi des bénéfices induits : réduction des frais afférents au traitement des boues, autonomie énergétique totale ou partielle des sites. Si l'opportunité de recourir à la méthanisation des boues s'étudie au cas par cas, les contraintes croissantes d'évacuation ouvrent de nouvelles perspectives à cette filière. « **Récupérer le biogaz des décharges** », elles produisent spontanément du biogaz d'où il faut le récupérer.

V.4.2.Biogaz agricole :

Le fumier pourrait être utilisé pour la production de biogaz. Il contient des matières organiques qui, sous des conditions anaérobies (comme dans les puits de stockage de fumier et dans les lagunages), se transformeront en méthane et en dioxyde de carbone, ces derniers ne contribuent donc pas au réchauffement de la planète, contrairement aux émissions de dioxyde de carbone provenant de la combustion de combustibles fossiles. Lorsque le méthane est relâché dans l'atmosphère, il contribue au réchauffement de la planète.

La production et l'utilisation de biogaz au niveau des foyers, de l'élevage ou de l'industrie réduira donc le besoin d'utilisation de combustible fossile .

V.4.3.production de l'électricité :

Le biogaz, comme toute énergie, peut se transformer en électricité, il doit cependant comporter au moins 40% de méthane. La production d'électricité peut être couplée avec celle de chaleur dans le cas de cogénération, du moment où Le pouvoir calorifique d'un mètre cube de biogaz épuré (après traitement, évacuation de l'eau, de l'acide sulfuré...) est équivalent à celui d'un litre de fuel domestique.

Il s'avère que Les centres de stockage des déchets s'orientent majoritairement vers la production d'électricité seule du fait de l'absence de débouchés thermiques locaux. Le biogaz issu d'effluents industriels quant à lui, est très souvent utilisé directement pour les besoins de l'établissement. La situation est plus contrastée pour les unités de méthanisation des bio déchets ou des déjections d'élevage, qui ont plus fréquemment recours à la cogénération.

V.4.4. L'injection dans le réseau :

La composition finale du biogaz injectable ainsi que sa pression dépendent évidemment des spécifications imposées par le gestionnaire du réseau. Ces dernières portent principalement sur les teneurs en méthane, en gaz carbonique, en hydrogène sulfuré et en oxygène, avec des contraintes supplémentaires sur la teneur en composés organohalogénés. Le gaz injecté doit en outre être odorisé avant l'injection.

Conclusion :

Presque toute la consommation énergétique en Algérie repose sur des énergies fossiles qui sont épuisables et non renouvelables, l'état Algérien doit encourager l'exploitation des énergies renouvelables en envisageant des lois et des réglementations pour favoriser l'action.

Au cours de notre étude on a essayé de présenter des perspectives qui valorisent le biogaz comme étant une énergie par voie de méthanisation « valorisation des boues des stations d'épuration ». Cette dernière présente un problème majeur de décharge et d'enfouissement et l'absence de la réglementation pour sa valorisation empêche l'avancement dans ce domaine.

La valorisation du biogaz a un double effet positif sur l'environnement, en amont en tant que traitement des déchets et effluents organiques, en aval pour réduire le risque climatique Global. Une fois le biogaz capté ou produit, autant le valoriser le plus efficacement possible. Différentes voies sont envisageables : chaleur seule, électricité seule, cogénération, carburant automobile, injection dans le réseau de gaz naturel. Cette technique permettra d'éviter ses effets néfastes sur l'environnement et produire de l'énergie pour gagner l'autonomie

Conclusion générale :

Au terme de ce travail, il ressort que le recours aux énergies renouvelables s'avère d'une importance majeure surtout dans notre pays où 99% de l'énergie produite est d'origine fossile (Pétrole et gaz) tandis que seulement 0,7% provient de l'hydroélectricité issue malheureusement d'un seul barrage Ighil Amda situé entre Bejaia et Setif. Et les quelques 0,3 % tâtonnent entre le solaire la biomasse. Cette dernière est réputée comme la solution énergétique qui va sauver la planète pour de diverses raisons.

L'exploitation du Biogaz faisant partie intégrante de ce type d'énergie, est d'une accessibilité sans égal vu la disponibilité de la matière première qui peut être à l'origine de son expansion, à l'image des déchets urbains et agricoles ainsi que des déjections animales.

Par ailleurs, l'accroissement de la population surtout en milieu urbain a incité les autorités à débloquent des budgets faramineux pour la conception des STEP afin de lutter contre le problème de pollution. Ce qui offre un avantage de plus pour promouvoir la production du biogaz à partir des boues résiduaires.

Dans ce travail nous avons pu concevoir un dispositif composé de deux digesteurs anaérobie qui a pu produire du biogaz en utilisant deux types de matière organique à savoir du fumier issu des déjections bovines et de la boue secondaire traitée après déshydratation. L'allumage de la flamme a réussi après plusieurs tentatives pour cause de baisse de pression qui n'a pas convenu au premier bruleur utilisé au préalable. Mais ça a réussi dès qu'on a changé de bruleur. Une preuve que ça marche et que cette technique peut se vulgariser à grande échelle soit sur le plan individuel (biogaz domestique) ou à une plus grande dimension (unités de méthanisation) qui nécessiterai tout un arsenal juridique puisque jusqu'à présent il n'y a aucune réglementation qui permet aux unités de production des boues (STEP) de vendre ou d'exploiter cette matière première que ça soit dans le domaine agricole ou énergétique.

Ce dispositif conçu a présenté quelques imperfections ; on cite le problème d'étanchéité qui nous a coûté la dissipation de la moitié de la production.

De plus la fluctuation nocturne et journalière de la température s'avère un facteur limitant ; raison pour laquelle on préconise d'utiliser de la laine de verre considéré comme un isolant thermique afin de garder une température de fonctionnement constante.

Il s'avère également que le gaz produit au fond du digesteur reste piégé à cause de l'effet du poids la matière organique et c'est pour ça qu'on préconise aussi d'installer un brasseur manuel ou mécanique dans le digesteur.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- (1) BULGANEZ Olivier,2012,« livre pédagogique des énergies renouvelables » ,Agence de l'environnement et la maîtrise d'énergie .P48
- (2) Bernard PELLECUER 2008 « Energie renouvelables et agriculture », France Agricole p196
- (3) Alban Vétillard 2011« Energie ,climat ,développement :L'HEURE DES CHOIX », 'Harmattan P247
- (4)Bernard DURAND 2012« Energie et environnement :LES RISQUES ET LES ENJEUX D'UNE CRISE ANNONCEE », collection Grenoble sciences P139
- (5) HARCHAOUI Mohamed EL Amine2013. Etude de Bio-méthanisation des déchets d'abattoir et contribution expérimentale. Mémoire de master académique spécialité Raffinage et Technologie des Hydrocarbures, département Génie de Procèdes .Université KASDI MERBAH OUERGLA.
- (6) SOUMIA Amir 2005,Contribution à la valorisation de boues de stations d'épuration par compostage :Devenir des micropolluants métallique et organiques et bilan humique du composte.Thèse de doctorat à l'Institut National Polytechnique de Toulouse.
- (7) Documents SEAAL 2009-2013
- (8) documents l'ONA 2008-2015

Webliographiques

- [1] Jean François Munster « l'énergie :les principales caractéristiques », <http://www.planete-energies.com/fr/medias/decryptages/l-energie-les-principales-caracteristiques> » ,10mai 2015
- [2] « les 5 familles de l'énergie renouvelable», « http://www.energies-renouvelables.org/energies_renouvelables.asp » 22 avril 2016
- [4] « connaissance des énergies » , « <http://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/energie> » mai 2016.
- [5] « énergie et environnement » , « <http://www.energies-environnement.fr/energies/electricite/historique-de-l-electricite> » 3février2013
- [6] « biomasse en quelques chiffres » ; <http://biomassetpe.e-monsite.com/pages/histoire-de-la-biomasse.html>
- [7] « Energie renouvelable et non renouvelable », <http://utilisationdesenergies.blogspot.com>

[8] « futura science avantages et inconvénients » « <http://www.futura-sciences.com/magazines/environnement/infos/qr/d/energie-renouvelable-sont-inconvenients-energie-solaire-4129/> » janvier 2016.

[9] Ministère de l'énergie ,Algérie « <http://www.energy.gov.dz> »

[10] Direction des ressources en eau « Traitement et recyclage des eaux usées et boues » article publié le 21 décembre 2015.

[11] Fellah Trade « La biomasse » le portail agricole 2016

[12] Christelle YANEZ « la biomasse dans le monde » <http://www.deco-travaux.com/biomasse/biomasse-monde.html>, 26 mars 2015

[13] SOLAGRO, ATEE, ALKAEST Conseil et ISCAM-productio2004 « la méthanisation ou digestion anaérobie » <http://www.lebiogaz.info/>

[14] TSM, Vade-Mecum du porteur de projet de méthanisation des déchets des collectivités, TSM N° 4-2006)

[15] Biologie des digesteurs Guide complet à destination des exploitants d'unités de méthanisation. Guide réalisé pour le compte de l'ADEME Bourgogne par S3D et APESA février 2014[

[16] Hélié Marchand Directeur technique de l'association JIRO « Le biogaz domestique : accès à l'énergie et écologie », <http://www.sortirdunucleaire.org/> ,2012

[17] Guy Belcourt, 6 février 2015 « Kenya :la 1^{ère} centrale biogaz liée au réseau électrique africain » , <http://www.lenergeek.com/>

[18] Google earth.