



Mémoire de fin d'études

PRESENTÉ EN VUE DE L'OBTENTION
DU DIPLOME DE: Master

Filière : physique
Option : Physique des matériaux

THÈME

Les ressources en énergies renouvelables

Préparé par :
Gasmi Nesrine

Soutenu le : ../../...

Devant le jury :

Président: P^r KAHOU ABDELHALIM

MCA(Univ. Bordj Bou Arreridj)

Rapporteur: D^r KEBIR HADDA

MCB (Univ. Bordj Bou Arreridj)

Examineur: D^r DAOUDI SALIM

MCA (Univ. Bordj Bou Arreridj)

Examineur: D^r SAHNOUNE YACINE

MCA (Univ. Bordj Bou Arreridj)

Année Universitaire 2020-2021





Remerciements

*je remercie Dieu tout puissant de m'avoir accordé la force, le courage
et les moyens afin De pouvoir accomplir ce travail.*

*Tout d'abord ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurai pas pu avoir le
jour sans l'aide de nombreuses personnes*

J'adresse mes sincères remerciements à mon encadreur

Dr.M^{me} KEBIR Hadda

*On le remercie pour la qualité de son encadrement exptonnél, pour sa
patience , et surtout ses judicieux conseils,pour avoir assuré la direction de
ce mémoire de master .et je lui exprime particulièrement toute ma
reconnaissance pour m'avoir fait bénéficier de ses competences
scientifiques.*

*Je vais remercier également nos remerciements à l'honorable professeur
,DAOUDI SALIM Pour toutes les précieuses informations que vous nous avez
données.*

*Je tiens à remercier vivement tous mes enseignants qui m'ont aidé à
l'accumulation des connaissances nécessaires durant le cursus
universitaire.*

*Finalement, Je tiens à remercier sincèrement les membres du jury estimé
qui ont accepté de juger ce travail.*

MERCI



Dédicaces

Je tiens à dédier ce modeste travail à:

A Ma chère mère ,Coeur blanc ,tu a toujours été une source de tendance et d'encouragement,Je voudrais te remercier pour ton amour, ta générosité.

A Mon chère père ; l' homme ,qui doit ma vie ,ma réussite et tout mon respect: mon tu as toujours été pour moi un exemple du père respectueux, honnête, de la personne méticuleuse.

Vous m'avez aidé et soutenu pendant de nombreuses années avec à chaque fois une attention renouvelée.Puisse Dieu, tout puissant vous combler de santé, de bonheur et vous procurer une longue vie.

A mon cher frère ,Adem ,Tu m'as soutenu, réconforté et encouragé.

A ma très douce amie Amira

Et à tous mes collègues de la physique des matériaux 2020-2021

A tous les enseignants qui m'ont enseigné durant toute ma formation ainsi que

Mme KEBIR Hadda

GASMI NESRINE

Sommaire

Titre	Page
Abréviation	i
Liste des tableaux.....	ii
Liste des figures	iii
Introduction Générale	1
<i>Chapitre I: Les ressources en énergies renouvelables</i>	
I. Introduction.....	2
I.1. Définition de l'énergie renouvelable	2
I.2. L'énergie éolienne.....	3
I.2.1. Définition.....	3
I.2.2. Le principe de fonctionnement et les composantes d'éolienne	3
I.2.3. Les types d'éolienne.....	4
I.2.4. L'énergie éolienne dans le monde.....	5
I.3. La biomasse.....	6
I.3.1. Définition.....	6
I.3.2. Les biocombustibles et les biocarburants	6
a) Les biocombustibles solides	6
b) Les Biocarburant	6
c) Le biogaz	6
I.3.3. Le principe de la biomasse	7
I.3.4. La biomasse dans le monde.....	7
I.4. L'énergie hydraulique	8
I.4.1. Définition.....	8
I.4.2. Typologie des turbines hydraulique	8
a) Turbines à réaction	8
b) Turbines à action	9
I.4.3. Les types des centrales hydrauliques.....	10
I.4.4. L'énergie hydraulique dans le monde	10
I.5. L'énergie géothermique	11
I.5.1. Définition.....	11
I.5.2. Principe de fonctionnement.....	11
I.5.3. Les types des centrales géothermiques.....	11
a.1. Centrale de vapeur sèche (dry stem plants)	11
a.2. Centrales à vaporisation éclairée (flash stem plant)	12
b) Centrales géothermique a cycle binaire.....	13

I.5.4. La géothermie dans le monde.....	13
I.6. L'énergie solaire.....	14
I.6.1. Définition.....	14
I.6.2. Principe physique de l'énergie solaire.....	14
I.6.2. Types de l'énergie solaire.....	14
I.6.3. Cellule photovoltaïque	15
a) Composante de cellule PV	15
b) Fonctionnement de cellule PV	16
I.6.4. L'énergie solaire dans le monde.....	17
I.7. Les énergies renouvelables dans le monde.....	17
I.8. Les énergies renouvelables dans l'Algérie	18
I.9. L'importance de l'énergie renouvelable dans la préservation de l'écosystème	19
I.10. Conclusion.....	19

Chapitre II: Les Avantages des énergies renouvelables

II. Introduction	21
II.1. Intérêt des énergies renouvelables	21
II.2. Les Avantages de l'énergie éolienne	21
II.2.1. Potentiel de l'énergie éolienne dans l'Algérie	22
II.3. Les avantages de la biomasse.....	24
II.3.1. Potentiel de la biomasse dans l'Algérie	24
II.4. Les avantages d'énergie hydraulique	25
II.4.1. Potentiel de l'hydroélectricité de l'Algérie	25
II.5. Les avantages d'énergie géothermique	26
II.5.1. Potentiel géothermique de l'Algérie	26
II.6. Les avantages de l'énergie solaire	27
II.6.1. Potentiel solaire de l'Algérie.....	28
II.7. Conclusion	29

Chapitre III: Les Applications des énergies renouvelables

III. Introduction	30
III.1. Les utilisations les plus importantes de l'hydroélectricité	30
III.2. Application de PCH.....	31
III.3. Les applications de l'énergie solaire.....	31
III.4. L'utilisation de l'énergie solaire photovoltaïque	32
III.4.1. Les applications isolées et autonomes	33
III.4.2. Les applications des systèmes photovoltaïques	33
a) Les systèmes raccord au réseau (Connecté au réseau)	33
b) Les systèmes autonomes (Isolée)	34

III.5. L'utilisation de l'énergie solaire thermique.....	35
III.5.1. Chauffage solaire des locaux	35
III.5.2. Refroidissement solaire	36
III.5.3. Chauffe-eau solaires collectifs (CESC)	36
III.6. Application de la biomasse	37
III.6.1. La biomasse comme biocombustible pour produire de la chaleur et de l'électricité	37
III.6.2. La biomasse comme biomatériau traditionnel ou innovant	37
III.6.3. La biomasse comme matière première de la chimie.....	37
III.6.4. La biomasse pour les biocarburants.....	37
III.7. Les application de la géothermie	38
III.7.1. Géothermie et agriculture	38
III.7.2. Géothermie et "snowmelting"	38
III.7.3. Géothermie et dessalement	39
III.8. Principaux utilisations de l'énergie éolienne	39
III.9. L'hydrogène une filière d'avenir	40
III.9.1. La production de l'hydrogène.....	41
III.9.2. La technologie de pile combustible	41
III.9.3. Exemple d'application (dans le domaine transport)	42
III.10. Système solaire à hydrogène	44
III.11. Conclusion.....	44
Conclusion générale.....	45
Références bibliographiques.....	46

Liste d'Abréviation

<i>Abréviation</i>	<i>Signification</i>
IRENA	International Renewable Energy Agency
EnR	Energie renouvelable
PV	Photovoltaïque
CDER	Centrale de recherche dans le domaine des énergies renouvelable
PCH	Petite centrale hydraulique
ASA	Agence Spatiale Allemande
SHS	Solar Home Systems
PEM	Polymer electrolyte membrane
SOEC	Efficient forme of electrolysis
PAC	Pile à combustible
C ₂ H ₅ OH	L'éthanol
H ₂ S	Le sulfure d'hydrogène
NH ₃	L'ammoniac
CO ₂	Dioxyde de carbone
GES	Gaz à effet de serre
H ₂	L'hydrogène
O ₂	L'oxygène

<i>Unité</i>	<i>Signification</i>
GW	Gigawatt
Tw/h	Térawatt-heure
C°	Degrés Celsius
m/s	Mètre par seconde
Mw	Mégawatt
Gw	Gigawatt-heure
Tep	Tonne d'équivalent pétrole
m ³	Mètre cube
Kwh	Kilowattheure
l.s-1	litre par seconde
u.w	Microwatt
Mwh	Mégawatt –heure
Tr	Tour
km/h	kilomètre par heure
Nm	Nanomètre

Liste des Tableaux

Tableau	page
Tableau (I.1). Principaux pays producteurs d'électricité d'origine éolienne	5
Tableau (I.2). Principaux pays producteurs d'électricité d'origine bio énergies	8
Tableau (I.3). Principaux pays producteurs d'électricité d'origine hydraulique.....	10
Tableau (I.4). Principaux pays producteurs d'électricité d'origine géothermique	13
Tableau (I.5). Principaux pays producteurs d'électricité d'origine solaire.....	17
Tableau (II.1). Répartition de potentiel solaire en Algérie	29
Tableau (III.1). Applications pouvant être alimentées par de l'énergie PV en fonction de leurs consommations électriques.....	33
Tableau (III.2). Synthèse des principales technologies de production de l'hydrogène...	41

Liste des figures

Figure	page
Figure (I.1). Différentes énergies renouvelables	2
Figure (I.2). Principe de fonctionnement d'une éolienne de production d'électricité.....	3
Figure (I.3). Structure d'une éolienne à axe horizontale	5
Figure (I.4). Différents type de la biomasse	7
Figure (I.5). Le fonctionnement d'une centrale à biomasse.....	7
Figure (I.6). Exemple de barrage	8
Figure (I.7). Schéma descriptif d'une centrale géothermique à vaporisation directe....	12
Figure (I.8). Schéma descriptif d'une centrale géothermique à vaporisation éclairée.....	12
Figure (I.9). Schéma descriptif d'une centrale géothermique à cycle	13
Figure (I.10). Composantes de cellule photovoltaïque	15
Figure (I.11). Modélisation d'une cellule PV.....	16
Figure (I.12). La capacité mondiale de production d'énergie renouvelable	18
Figure (I.13). Pénétration des énergies renouvelables dans la production nationale.....	19
Figure (II.1). Carte de la vitesse moyenne du vent à 10 m du sol (m/s) en Algérie.....	23
Figure (II.2). Présentation des ratios du potentiel solaire de l'Algérie par rapport aux pays de l'Afrique du Nord, des pays du Moyen Orient et des les pays Méridionaux de l'Europe.....	28
Figure (III.1). Miroirs et réflecteurs produisent les températures élevées requises par les processus industriels.....	32
Figure (III.2). Exemple de la structure d'un système PV connecté au réseau	34

Figure (III.3). Schéma de principe d'un système PV autonome.....	35
Figure (III.4). Principe du froid solaire.....	36
Figure (III.5). La circulation de l'eau chaude qui assure le déneigement des trottoirs...	39
Figure (III.6). Systèmes éoliens de pompage mécanique et électrique d'eau.....	40
Figure (III.7). Architecture d'une pile à combustible.....	42
Figure (III.8). Solar hydrogen system Junion Basic.....	44

INTRODUCTION
GENERALE

Introduction Générale

Le monde actuel cherche à trouver des solutions pour réduire la quantité de CO₂ dans l'air par l'utilisation de plusieurs méthodes innovantes, les nouvelles stratégies pour réduire ce gaz penche vers la substitution de l'énergie fossile par l'énergie renouvelable, pour préserver la première (pétrole, gaz...etc.) de l'épuisement et bénéficier des bienfaits de la deuxième qui est considérée comme une énergie propre. D'autre part les sources d'énergies renouvelables ont fait l'objet, au cours des dernières années d'une attention accrue en tant que solution pour la croissance globale des besoins énergétiques.

Le terme d'« énergies de sources renouvelables » pourra au sein de ce travail exceptionnellement revêtir l'appellation d'« énergies vertes » ou d'« énergies propres », ces énergies permettant la production d'une électricité ou de la chaleur de sources renouvelables. Elles sont dérivées des ressources illimitées (vent, soleil, de la géothermie, des chutes d'eau, marées, de la biomasse) [1] ; leur exploitation n'engendre pas de déchets et d'émissions polluantes ce sont les énergies de l'avenir !

L'utilisation de sources d'énergie renouvelable telles que l'énergie éolienne et l'énergie solaire a été largement étudiée par la communauté scientifique et demeure un secteur permanent d'investissement. D'accroître leur fiabilité et de promouvoir un meilleur équilibre entre l'offre et la demande, ces sources nécessitent des approches de gestion et des systèmes de stockage conçus sur mesure pour s'adapter à leurs spécificités géographiques et surtout, pour gérer leur opération [2].

Dans notre mémoire nous sommes intéressés à l'étude théorique, pour les ressources en énergie renouvelables et de leur applications les plus importantes. Pour ce faire, le présent travail a été structuré selon trois chapitres;

- Le premier chapitre est consacré à une recherche bibliographique des énergies renouvelables et leurs propriétés
- Le deuxième chapitre, porte sur les avantages des énergies renouvelables et son potentiel en Algérie.
- Le dernier chapitre détaillera les applications et l'utilisation d'EnR. Notre mémoire est achevée par une conclusion générale.

Chapitre I
Les ressources en énergie
renouvelables

I. Introduction

Le secteur des énergies renouvelables a enregistré une croissance remarquable ces dernières années et a connu un grand succès grâce aux progrès technologiques et à la prise de la conscience mondiale de l'abandon des sources fossiles, que nous concentrons-nous dans ce chapitre, sur les sources les plus importantes d'énergies renouvelables et constituent-elles vraiment une solution alternative pour répondre aux besoins de la société ?

I.1. Définition de l'énergie renouvelable

Il existe de nombreux concepts relatifs aux énergies renouvelables on les a trouvés dans de nombreuses sources. Mais elle peut être définie comme une énergie produite à partir de sources naturelles renouvelables est toujours disponible c'est-dire sont des sources qui se renouvelle assez rapidement de telle sorte que l'utilisation actuelle n'ait pas d'impact sur la disponibilité future, dans ce sens on appelle les énergies renouvelables ou énergies vertes toutes énergies qui ne nuit pas à l'environnement ,parce qu' elle fait appel à des éléments qui se recréent naturellement , parmi les énergies renouvelables :

- Energie solaire
- L'énergie éolienne
- La biomasse
- L'énergie hydraulique
- L'énergie géothermique



Figure (I.1). Différentes énergies renouvelables [3].

I.2. L'énergie éolienne

I.2.1. Définition

L'énergie éolienne est l'une des plus importantes et le plus prometteuses des sources d'énergie renouvelable à travers le monde en termes de développement, car elle est non polluante les énergies éoliennes contrairement aux autres sources d'énergie classique; c'est l'énergie générée par le mouvement de l'air par utilisation de turbines qui produit l'électricité.

I.2.2. Le principe de fonctionnement et les composantes d'éolienne

Le principe de fonctionnement de l'énergie éolienne repose sur la transformation de l'énergie cinétique en énergie électrique peut se résumer dans le schéma suivante :

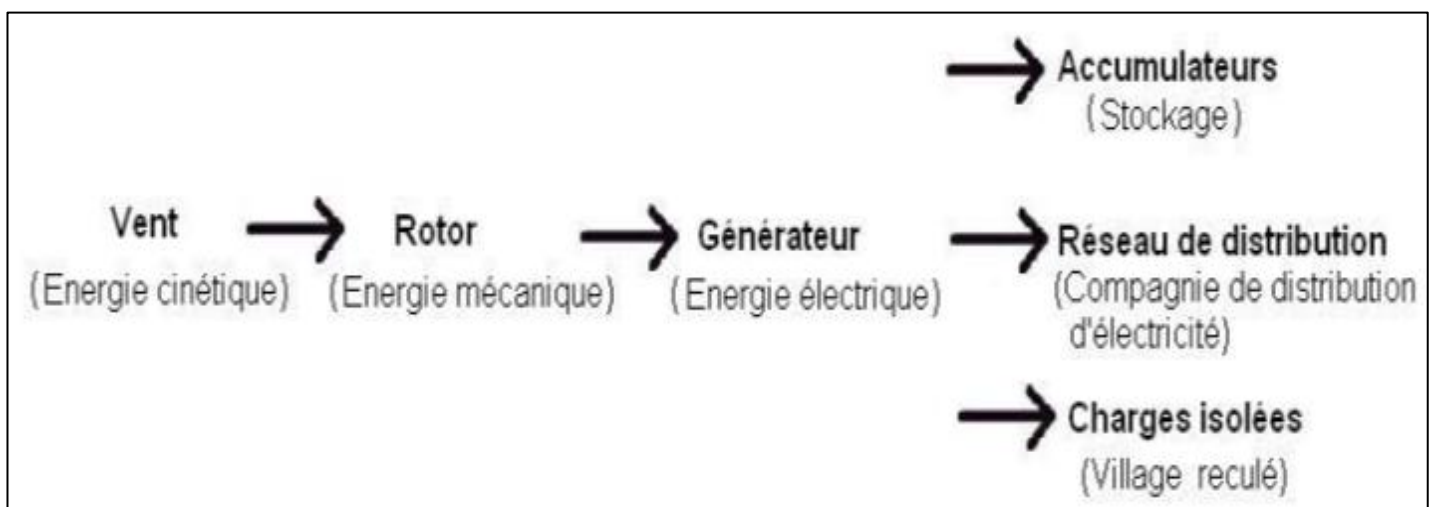


Figure (I.2). Principe de fonctionnement d'une éolienne de production d'électricité [4].

Une éolienne est constituée des pales, d'une nacelle, d'un système d'orientation, d'un mât et d'une armoire de couplage au réseau électrique.

a). Les pales sont un dispositif aérodynamique (surface portante) en matériaux composites à base de fibres de plastique ou de bois verre ou bien le carbone à bonne résistance. Leur conception est le fruit d'études aérodynamiques diverses. Les pales sont fixées à un moyeu pour former le rotor ; elles sont destinées à tourner autour de l'axe du rotor dès la présence de vent suffisant.

b). La nacelle est le système de transformation de l'énergie mécanique en énergie électrique, et l'enveloppe qui protège la boîte d'engrenages le générateur et les autres composants contre l'action des éléments de dégradation, elle renferme :

- Un moyeu pourvu d'un système qui lui permet d'orienter les pales afin de réguler la vitesse de rotation.
 - Un rotor qui transforme l'énergie cinétique reçue des pales en énergie mécanique.
 - Des freins permettant d'arrêter les pales pour les cas de vitesses de vent très fortes qui pourraient endommager l'éolienne ou la rendre incontrôlable.
 - Un multiplicateur qui est l'intermédiaire entre l'arbre primaire et l'arbre secondaire, il permet de réduire le couple et d'augmenter la vitesse de rotation.
 - Un générateur assurant la production électrique en transformant l'énergie mécanique de rotation en énergie électrique.
- c). Le système d'orientation : C'est une couronne dentée équipée d'un moteur qui permet d'orienter les pales de l'éolienne face au vent (dans l'axe du vent) et de les verrouiller.
- d). Le mât : C'est un tube en acier sa hauteur est importante car plus elle augmente plus la vitesse du vent augmente.
- E). L'armoire de couplage au réseau électrique ou au système de stockage elle rend compatible l'énergie produite avec celle du réseau ou de la tension des récepteurs grâce à un transformateur [4].

1.2.3. Les types d'éolienne

Les éoliennes se divisent en deux grandes familles, celles à axe vertical et celles à axe horizontal

a) Eoliennes à axe verticale: Ce type d'éolienne a fait l'objet de nombreuses recherches, il présente l'avantage de ne pas nécessiter de système d'orientation des pales et de posséder une partie mécanique (multiplicateur et génératrice) au niveau du sol facilitant ainsi les interventions de maintenance. En revanche certaines de ces éoliennes doivent être entraînées au démarrage et le mât souvent très lourd subit de fortes contraintes mécaniques [5].

Même si quelques grands projets industriels ont été réalisés les éoliennes à axe vertical restent toutefois marginales et peu utilisées, la présence du capteur d'énergie près du sol l'expose aux turbulences et au gradient de vent ce qui réduit son efficacité.

b) Eolienne à axe horizontale: La technologie actuellement la plus utilisée pour capter l'énergie éolienne utilise ce type d'éolienne c'est la meilleur ; parce que' il est efficace grâce à son faible volume (elles sont constituées de plusieurs pales profilées d'une façon manière aérodynamique à

la manière des ailes d'avion) [5]. Ce type d'éolienne a pris le dessus sur celles à axe vertical car elles représentent un coût moins important.

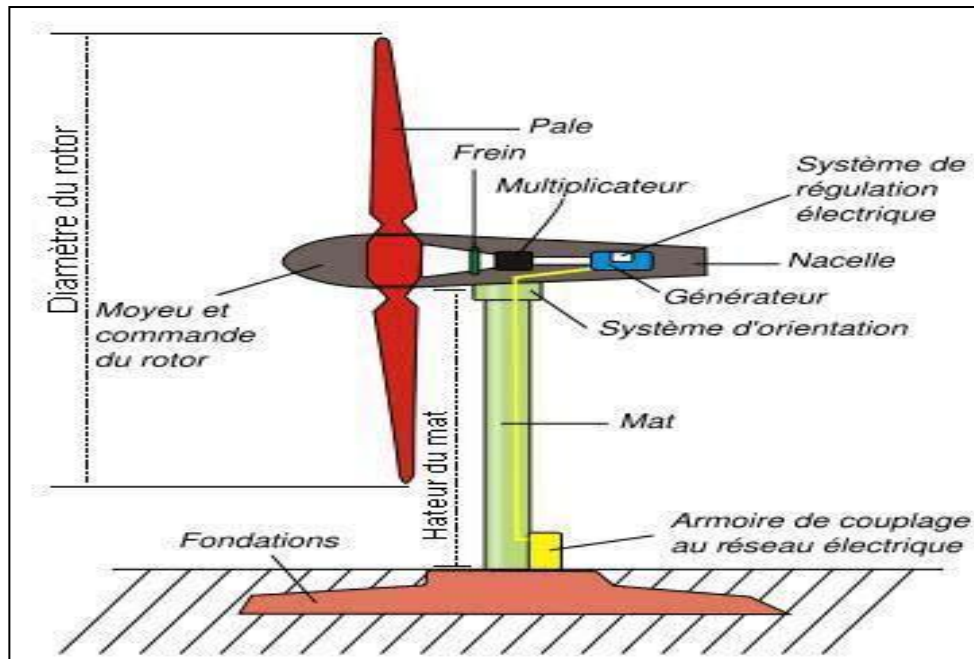


Figure (I.3). Structure d'une éolienne à axe horizontal [4].

I.2.4. L'énergie éolienne dans le monde

Le secteur de l'énergie éolienne a connu une croissance significative en particulier ces dernières années en 2019 (l'énergie éolienne à une expansion de près de 60 GW), et les principaux pays producteurs de cette énergie sont indiqués dans le tableau suivant :

Pays	Puissance (TW/h)	national (%)
Chine	365.8	28
Etats-Unis	303.4	24
Allemagne	126	9

Tableau (I.1). Principaux pays producteurs d'électricité d'origine éolienne en 2018 [6].

I.3. La biomasse

I.3.1. Définition

Le terme biomasse désigne l'ensemble de la matière vivante (matière organique végétale ou issue des êtres vivants, aussi les déchets organiques) ; la biomasse est produite par les organismes vivants principalement par l'activité photosynthétique des plantes mais aussi des animaux, des insectes, des microorganismesElle est essentiellement constituée de polymères complexes de carbone, hydrogène, oxygène et azote, de soufre en faible proportion et d'éléments inorganiques [7].

I.3.2. Les biocombustibles et les biocarburants

a) Les biocombustibles solides

Les bois combustibles solides proviennent principalement des forêts. On distingue deux origines : les sous-produits de travaux sylvicoles de récoltes (houppiers, souches, branches ...) ou les bois de peu de valeur (rendions, billons).

Dont la valorisation thermique s'effectue sous la forme de bois-énergie ; la biomasse brûlée permet la production de l'énergie qui est produite par le bois et déchets agricoles (paille), déchets urbains, ordures ménagères et déchets industriels du secteur agroalimentaire, ces déchets subissent des transformations thermochimiques (combustion, pyrolyse), permettant principalement de créer de la chaleur et de l'électricité.

b) Les Biocarburant

Carburant Bioéthanol (C_2H_5OH) ; vient de l'amidon et le glucose extraits de cultures sucrières (betterave, canne à sucre) et céréalières (blé, maïs);produisent de l'éthanol par procédé de fermentation alcooliques. Les éthers-carburants sont généralement préférés aux alcools pour leur moindre pouvoir corrosif et pour l'absence des problèmes de séparation de phases en présence d'hydrocarbures pour les faibles teneurs en éthanol.

c) Le biogaz

Sa composition comprend (55 à 65%) de méthane, du gaz carbonique de (35 à 45%) et des traces d'impuretés (H_2S , NH_3 ...) utilisable, une fois épuré pour alimenter des véhicules fonctionnant au Gaz Naturel, et que se soit en se décomposant, sous l'effet des bactéries, ou certains déchets qui produisent ce gaz [7].



Figure (I.4). Différents types de biomasse.

I.3.3. Le principe de la biomasse

Le principe de l'action de la biomasse est sur un plan de centrale à biomasse, comme le montre la figure suivante :

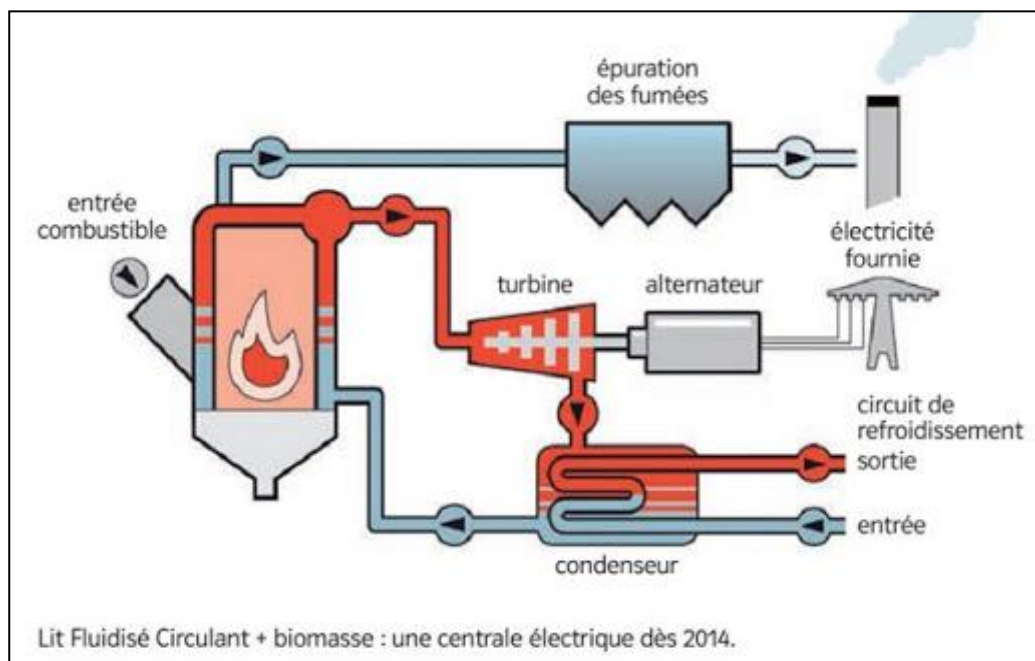


Figure (I.5). Le fonctionnement d'une centrale à biomasse.

Tout d'abord, la biomasse est brûlée ce processus produit une température élevée qui transforme l'eau en vapeur, puis l'électricité est produite grâce aux turbines qui fournissent de l'énergie au générateur.

I.3.4. La biomasse dans le monde

En 2018, la production d'électricité à partir des bioénergies représente 518.5 TW/h soit 1.9% de la production mondiale. Les trois plus grands producteurs d'électricité à partir des bioénergies, les États-Unis, La Chine, Brésil.

Pays	Puissance (TW/h)	national (%)
Chine	90.6	1
Etats-Unis	59.5	1
Allemagne	53.9	9

Tableau (I.2). Principaux pays producteurs d'électricité d'origine bio énergies en 2018 [6].

I.4. L'énergie hydraulique

I.4.1. Définition

L'énergie hydraulique est l'énergie mise en jeu lors du déplacement ou de l'accumulation d'un fluide incompressible telle que l'eau douce ou l'eau de mer ce déplacement va produire un travail mécanique qui est utilisé directement ou converti sous forme d'électricité.



Figure (I.6). Exemple de barrage [3].

I.4.2. Typologie des turbines hydraulique

a) Turbines à réaction

Une turbine à réaction est une machine complètement immergée dans l'eau et mise en rotation par effet tourbillon au moyen d'une bêche, et des aubages directeurs fixes ou mobiles.

Les aubages de la turbine sont profilés de manière à donner aux filets d'eau une direction parallèle à l'axe de rotation à la sortie de la turbine, il existe deux types de turbine à réaction :

- **Turbine Francis**

La turbine Francis est utilisée pour des faibles variations de débit (débits moyens entre 100 l. s⁻¹ et 6000 l. s⁻¹), elle s'adapte bien aux chutes moyennes de 10 m à 100 m, elle a un bon rendement et une vitesse de rotation élevée (1000 tr/min).

- **Turbine Kaplan**

Les turbines Kaplan (ou turbines hélice) sont les turbines les mieux adaptées pour les faibles chutes (environ 2 m) et des débits importants de l'ordre de (300 l à 15000 l), elles conviennent bien pour des débits variables et leur rendement est bon (84-90% maximum) en dépit d'une vitesse de rotation faible ; les pâles sont orientables pour optimiser le coefficient de rendement de la turbine.

b) Turbines à action

La turbine à action est caractérisée par le fait que l'énergie à disposition de l'aubage a lieu à pression constante (généralement la pression atmosphérique), la roue de la turbine est tournée dans l'air, divisée en deux types

- **Turbine Pelton**

La turbine Pelton est constituée par une roue à augets qui est mise en mouvement par un jet d'eau provenant d'un injecteur, les augets sont profilés pour obtenir un rendement maximum tout en permettant à l'eau de s'échapper sur les côtés de la roue.

La vitesse nominale de la turbine varie de (500 tr/min) à (1500 tr/min), ce qui permet un couplage direct sans multiplicateur à la génératrice électrique.

- **Turbine Crossflow « Banki Mitchel »**

La turbine crossflow, est une machine à action qui a ceci de particulier que l'eau traverse deux fois la roue, de construction simple, elle est constituée de trois parties principales (un injecteur de section rectangulaire, une roue en forme de tambour, dotée d'aubes cylindriques profilées, un bâti enveloppant la roue et sur lequel sont fixés les paliers de la turbine).

En général sa vitesse de rotation est faible, ce qui justifie l'emploi d'un multiplicateur pour la coupler à une génératrice [8].

I.4.3. Les types des centrales hydrauliques

Les centrales hydroélectriques sont classées en trois grandes catégories selon la hauteur de la chute d'eau et par voie de conséquence selon le débit, on trouve :

- **Les centrales de haute chute ($h > 300\text{m}$)** ; Les centrales de haute chute ont des hauteurs de chute supérieures à 300 m, ces centrales se trouvent dans les Alpes et dans d'autres régions très montagneuses, la capacité du réservoir est relativement faible, elles utilisent des turbines Pelton ; est une turbine à injection partielle et à veine libre, cette turbine ne comporte pas de diffuseur à la sortie de la roue l'eau s'écoule librement.
- **Les centrales de moyenne chute ($30 < h < 300\text{m}$)** ; elles utilisent les réserves d'eau accumulées sur des courtes périodes Ces centrales sont alimentées par l'eau retenue derrière un barrage construit dans le lit d'une rivière de région montagneuse, elles comportent un réservoir de grande capacité (centrale Manic, hauteur de chute 155 m, puissance de 1528 MW).
- **Les centrales de basse chute ($h < 30\text{m}$)** ; ont des hauteurs de chute inférieures à 30 m elles utilisent des turbines Kaplan ou Francis, ces centrales sont établies sur les fleuves ou les rivières à fort débit centrale Beauharnois, sur la Saint-Laurent hauteur de chute 25 m, puissance de 1575 MW, dans ce cas il n'y a pas de retenue d'eau et l'électricité est produite en temps réel [3].

I.4.4. L'énergie hydraulique dans le monde

L'énergie hydraulique première source d'énergie renouvelable au monde, elle a fourni à elle seule plus de 16 % de l'électricité mondiale en 2017, malheureusement la croissance a été anormalement faible en 2019, vraisemblablement du fait que plusieurs grands projets ne sont pas arrivés à leur terme aux dates prévues.

Pays	Production (TW/h)	national (%)
Chine	1155.8	28.5
Canada	396.9	9.8
Brésil	369.5	9.1

Tableau (I.3). Principaux pays producteurs d'électricité d'origine hydraulique [6].

I.5. L'énergie géothermique

I.5.1. Définition

La géothermie c'est une énergie thermique naturelle dépend de la capture de la chaleur de la croûte terrestre pour produire de l'électricité (température entre 90° et 150°), ou de la chaleur (température inférieure à 90°), elle est composée de deux mots grec ("Gê " signifie la terre et "Thermie" signifie la chaleur) [3]. Par rapport à d'autres sources d'ER, la géothermie présente l'avantage de ne pas dépendre des conditions atmosphériques (pluie, soleil, vent...).

I.5.2. Principe de fonctionnement

Le principe de l'énergie géothermique est basée sur des stations thermiques qui constituent une source de production d'électricité via:

1. Subventionner la chaleur (de la terre) à l'eau qui se transforme en vapeur.
 2. Turbine convertit une partie de la vapeur en énergie mécanique.
 3. Génère de l'électricité grâce au générateur associé à une turbine
- Pour capter l'énergie géothermique on utilise le fluide géothermique contenu dans des réservoirs profonds pour actionner une turbine qui entraîne à son tour un alternateur qui produit un courant électrique.

I.5.3. Les types des centrales géothermiques

On distingue trois grands types de centrales électriques :

- a) Centrale conventionnelle
 - Centrale à vapeur sèche, vaporisation directe.
 - Centrale à vapeur flash, vaporisation éclaircie.
- b) Centrale à cycle binaire.

a.1. Centrale de vapeur sèche (dry steam plants)

Ce type de centrales ont été les premières réalisées, ce type dépend de la technique à vaporisation directe consiste à canaliser directement la vapeur d'eau, typiquement à une température supérieure à 150°C, à partir des puits de vapeur sèche simplement en forant dans le sol jusqu'au réservoir et laisser échapper la vapeur sèche dans la turbine.

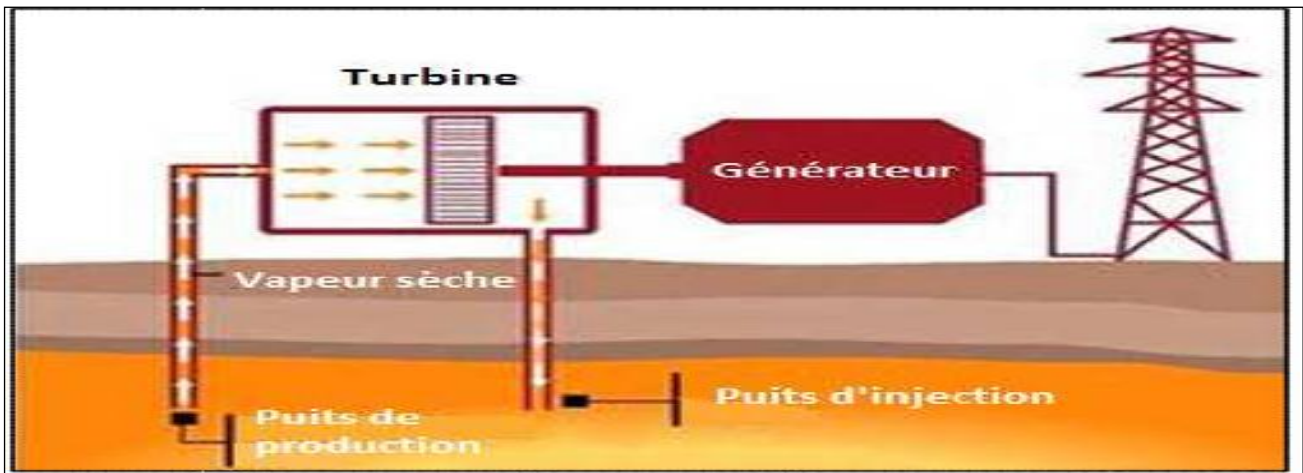


Figure (I.7). Schéma descriptif d'une centrale géothermique à vaporisation directe [9].

a.2. Centrales à vaporisation éclair (flash stem plant)

Ce type de centrale géothermique est le plus répandu dans le monde. Le technique flash consiste à extraire l'eau chaude dont la température est de l'ordre de 180°C ou plus sous haute pression de la profondeur à la surface. En surface l'eau chaude à haute pression est envoyée dans un séparateur, une partie de l'eau se transforme rapidement en vapeur cette vapeur est ensuite utilisée pour tourner la turbine qui entraîne un générateur électrique.

Après son usage, la vapeur est dirigée vers un condenseur où les conditions de vide sont maintenues par l'eau de refroidissement fournie par la tour de refroidissement afin de la condenser de nouveau en eau qui sera ensuite acheminé vers le bas dans le réservoir géothermique de sorte qu'elle puisse être réchauffée et réutilisée de nouveau (les capacités de production de ces unités de 20 à 110 MW).

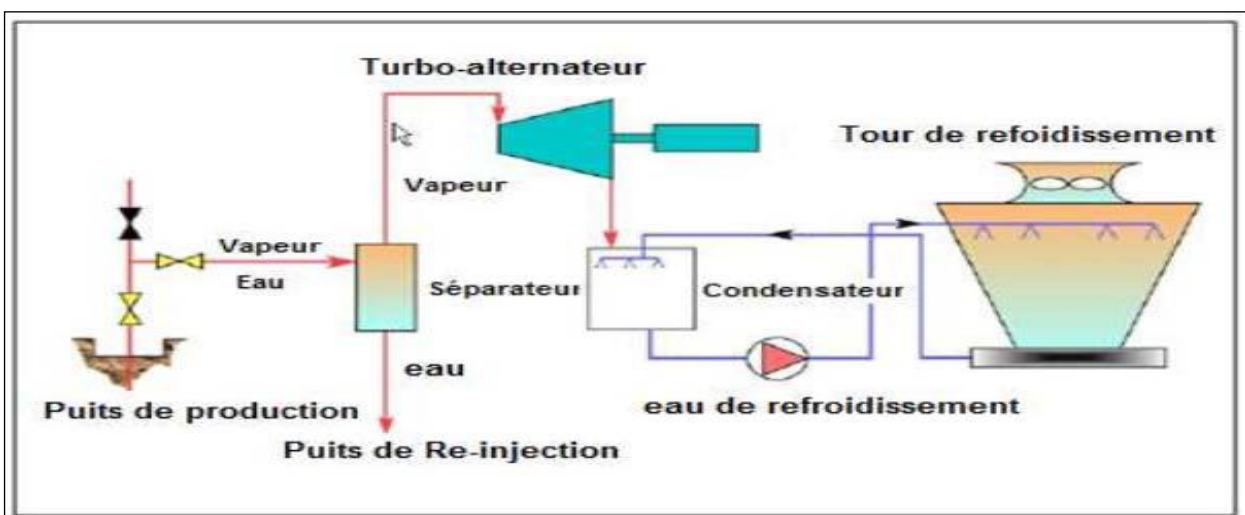


Figure (I.8). Schéma descriptif d'une centrale géothermique à vaporisation éclair [9].

b) Centrales géothermique a cycle binaire

Ces centrales a cycle binaires diffèrent a les autres centrales dans ce cas, les réservoirs géothermiques profonds sont exploités en utilisent un fluide géothermique à moyenne température (85-170°C) et un fluide secondaire (appelé fluide de travail) ayant un point d'ébullition inférieur à celui de l'eau. Le fluide géothermique chaud passe à travers un échangeur de chaleur pour chauffer un fluide de travail dans une pipe celui-ci est ensuite vaporisé et passé à travers une turbine pour la production d'électricité [9].

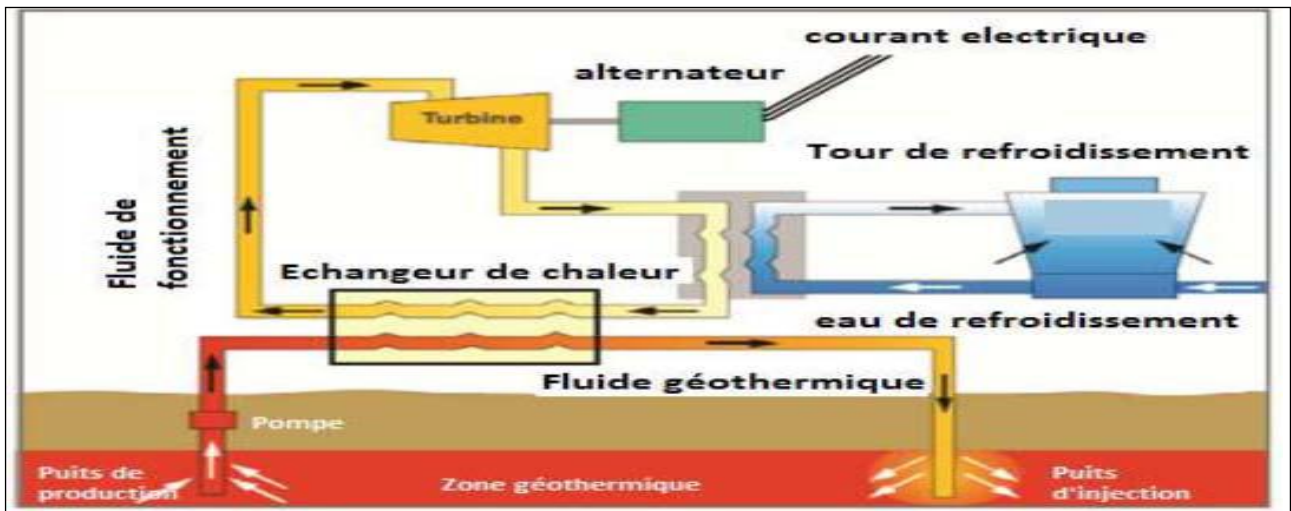


Figure (I.9). Schéma descriptive d'une centrale à cycle [9].

I.5.4. La géothermie dans le monde

En 2018 la production mondiale d'électricité à partir la géothermie a représenté 88.9 TW/h, sa capacité s'est accrue de 682 MW en 2019.

Pays	Production (TW/h)	national (%)
Etats-Unis	18.7	-
Indonésie	14.0	5
Philippines	10.7	11

Tableau (I.4). Principaux pays producteurs d'électricité d'origine géothermique en 2018 [6].

I.6. L'énergie solaire

I.6.1. Définition

L'énergie solaire est l'une des sources d'énergie renouvelables et la plus abondante au monde, c'est rayonnement solaire qui peut être utilisé dans plusieurs choses, y compris la production de réactions chimiques, la production de chaleur et la production d'électricité, elle a récemment assisté à une baisse des coûts de production d'une manière qui la qualifie pour concurrencer le pétrole et le gaz.

I.6.2. Principe physique de l'énergie solaire

Le soleil émet des rayonnements principalement dans la partie «visible » du spectre (lumière, entre 400 et 700 nm), plus la longueur d'onde du rayonnement est courte, plus la quantité d'énergie portée par les photons est grande. Cette énergie peut se transmettre sous forme de chaleur, l'énergie va exciter les atomes composant la matière, qui vont s'agiter et s'échauffer.

Exposés aux rayons du soleil, les capteurs vont convertir l'énergie des photons, soit en énergie thermique, soit en énergie électrique [10].

I.6.2. Types de l'énergie solaire

On utilise l'énergie solaire en captant les rayons du soleil et en transformant en électricité ou en utilise leur chaleur, il existe trois types d'énergie solaire sont :

1) L'énergie solaire photovoltaïque : Dans ce type l'exploitation photovoltaïque de l'énergie solaire, à partir de l'utilisation des modules ou panneaux photovoltaïque, composée de cellules solaires ou de photopiles qui réalisent cette transformation.

2) L'énergie solaire thermique : L'énergie solaire thermique : elle produisant de la chaleur à partir du rayonnement solaire infrarouge, afin de chauffer de l'eau, de l'air ou un autre fluide (la technologie est assez simple, comparée au photovoltaïque) donc moins onéreuse.

Il s'agit de capter les calories grâce à des surfaces absorbant de la chaleur, des plaques métalliques peintes en noir par exemple, ils sont très répandus dans le pays à fort ensoleillement pour produire de l'eau sanitaire destinée aux habitations n'ayant pas besoin de chauffage central (pays d'Afrique, Grèce...).

3) L'énergie solaire thermodynamique: Concerne de grandes centrales équipées de concentrateurs du rayon solaire, sous forme de miroirs galbés dont la fonction est de

chauffer un fluide à haute température afin de générer de la vapeur par échange thermique pour ensuite produire de l'électricité à la moyenne de turbine à vapeur, c'est sur ce principe que fonctionnent le four solaire de « FONT –ROMEUE » en France [11].

I.6.3. Cellule photovoltaïque

C'est un composant électronique qui permet de produire l'électricité à partir du rayonnement lumière de soleil, la cellule PV est constituée de semi-conductrices (matériaux isolants+matériau conducteur).

a) Composante de cellule PV

- ✚ La première couche (négative) est fabrique en silicium ajouté une petite quantité de phosphore (Type N).
- ✚ La deuxième couche (positive) est fabrique en silicium ajouté une quantité de bore (Type P).
- ✚ La couche supérieure est une substance transparente (matériau anti-réflexion pour absorption de la plus grande quantité de rayonnement solaire pour générer efficacement l'énergie électrique de manière efficace).

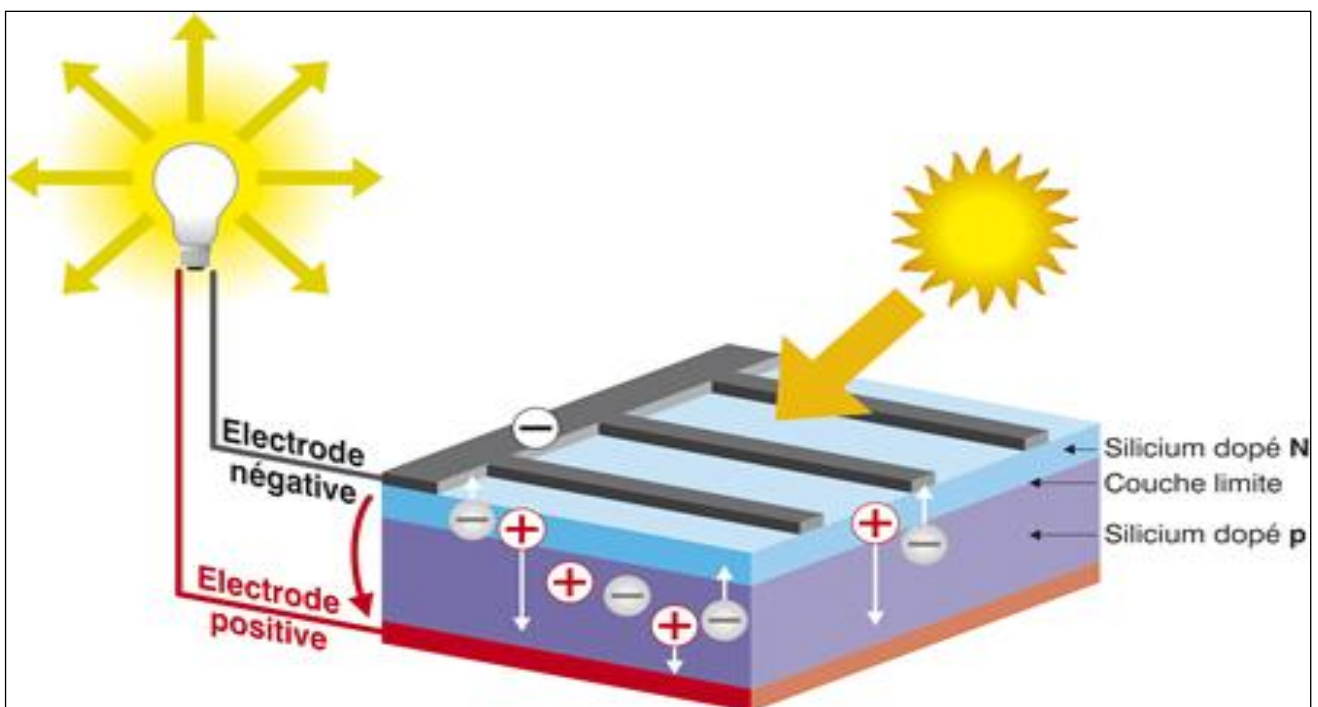


Figure (I.10). Composantes de cellule photovoltaïque [10].

b) Fonctionnement de cellule PV

La transformation de la cellule PV pour produire l'électricité est basée sur, absorption des photons (dont l'énergie est supérieure au gap) par le matériau constituant le dispositif ,puis conversion de l'énergie du photon en énergie électrique, ce qui correspond à la création de paires électron/trou dans le matériau semi-conducteur et collecte des particules générées dans le dispositif. Le matériau constituant la cellule photovoltaïque doit donc posséder deux niveaux d'énergie et être assez conducteur pour permettre l'écoulement du courant.

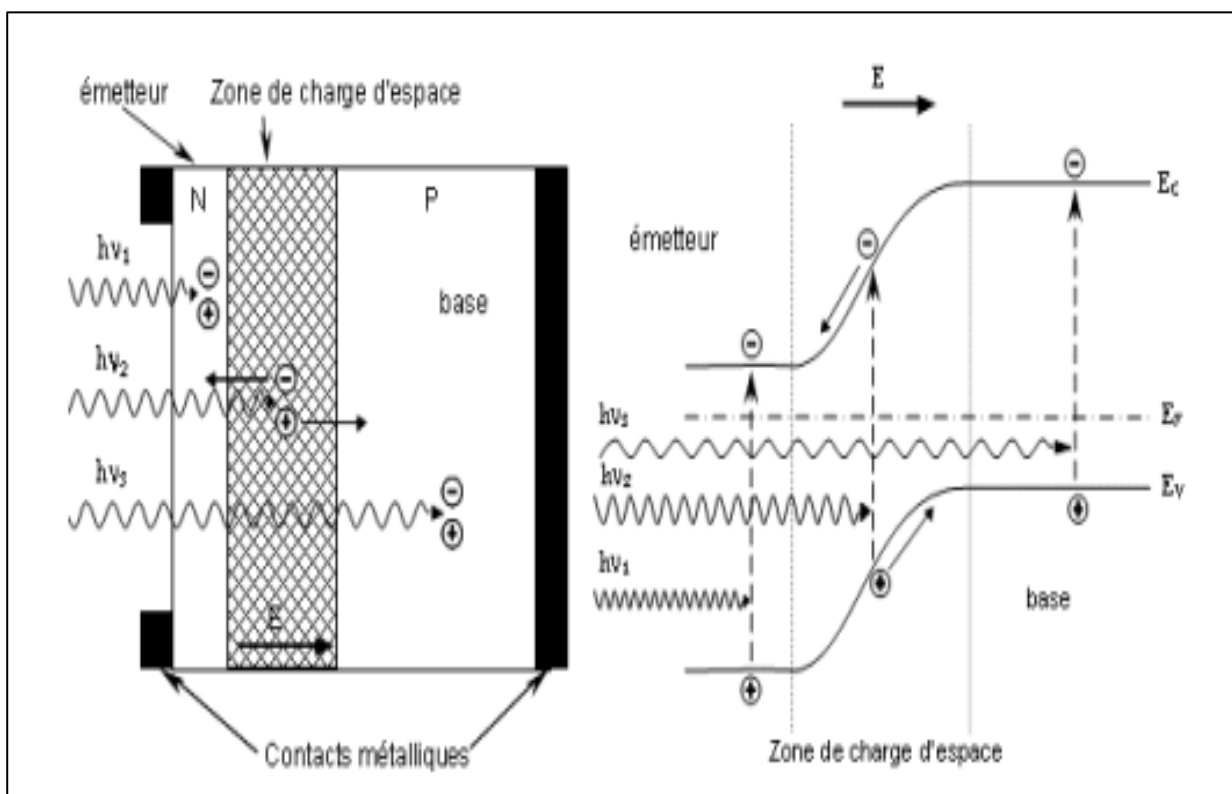


Figure (I.11). Modélisation d une cellule PV [12].

- Dans la zone (n) ou (p), les porteurs minoritaires qui atteignent la zone de charge d'espace sont "envoyés" par le champ électrique dans la zone p (pour les trous) ou dans la zone n (pour les électrons) où ils seront majoritaires. On aura un courant de diffusion.
- Dans la zone de charge d'espace, les paires électron /trou créées par les photons incidents sont dissociées par le champ électrique ; les électrons vont aller vers la région (n), les trous vers la région (p). Ces deux contributions s'ajoutent pour donner une photo courant résultant qui est proportionnel à l'intensité lumineuse [12].

I.6.4. L'énergie solaire dans le monde

En 2019, près de 115 GW de panneaux photovoltaïques ont été installés dans le monde, et la puissance installée mondiale en matière de solaire photovoltaïque s'élève en 2019 à 627 GW.

Les trois plus grand pays produire l'électricité partir la solaire photovoltaïque sont la chine, Etat -unis, japon selon le tableau suivante :

Pays	Production (TW/h)	national (%)
Chine	176.9	2
Etats-Unis	81.2	2
Japon	62.6	6

Tableau (I.5). Principaux pays producteurs d'électricité d'origine solaire en 2018 [6].

I.7. Les énergies renouvelables dans le monde

Le rapport annuel statistiques de capacité renouvelable 2020 de l'IRENA montre que les énergies renouvelables ont progressé de 7,6 % l'année dernière, et que cette croissance était dominée par l'Asie, qui a réalisé 54 % du total des nouvelles installations. En 2019, les énergies solaire et éolienne contribuaient à hauteur de 90 % à la capacité renouvelable totale [6].

Les énergies renouvelables dans lesquelles il faut investir sont l'énergie éolienne et solaire, car elles couvriront effectivement les besoins du monde sans recourir aux énergies fossiles.

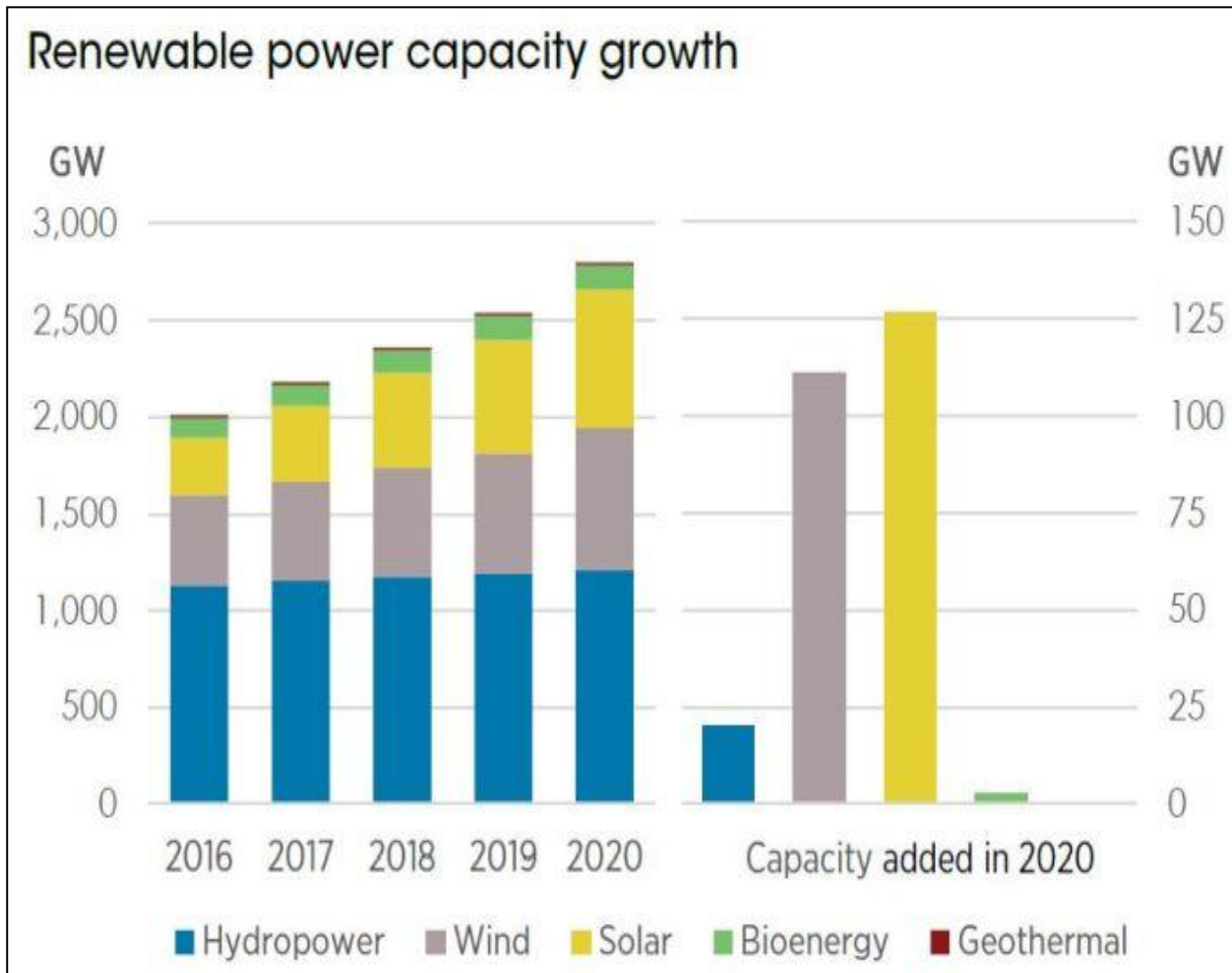


Figure (I.12). La capacité mondiale de production d'énergie renouvelable [13].

I.8. Les énergies renouvelables dans l'Algérie

L'Algérie est l'un des pays candidats les plus importants pour que les experts en énergie jouent un rôle majeur dans le domaine de la capacité renouvelable en raison de la présence d'énormes capacités naturelles dans notre pays.

Selon la figure (I.13) d'ici à 2030, la production d'électricité dépend en grande partie de l'énergie solaire et éolienne, environ 40% de la production d'électricité destinée à la consommation nationale sera d'origine renouvelable, mais pour atteindre cet objectif dans la réalité, les efforts doivent être intensifiés et les projets innovés. Bien qu'il s'agisse d'un investissement coûteux, mais avec le temps il contribue au développement du pays, d'autant plus que l'Algérie dans les circonstances actuelles perd un grand pourcentage des énergies fossiles.

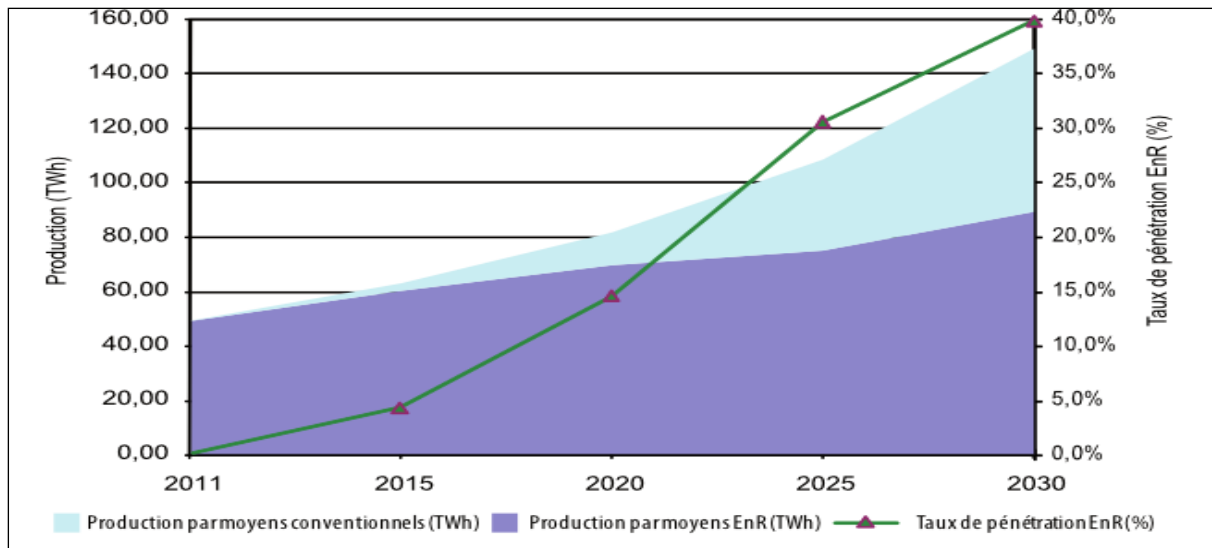


Figure (I.13). Pénétration des énergies renouvelables dans la production nationale en TWh [9].

I.9. L'importance de l'énergie renouvelable dans la préservation de l'écosystème

Les avantages des énergies renouvelables sont nombreux, car ces dernières sont en général propres sûres et surtout, elles existent en quantité illimitée (contrairement aux énergies fossiles).

- ✓ **Sûreté** : En les utilisant en majorité, on retrouverait une stabilité climatique, économique, environnementale et sociale surtout en développant de grandes centrales thermiques. La sûreté est l'un des avantages principaux car il existe de très faibles risques d'accident.
- ✓ **Peu de déchets** : Elles génèrent également peu de déchets sont parfois recyclable, ces énergies renouvelables permettent de réduire considérablement l'émission de CO₂.

I.10. conclusion

A travers notre étude de ce chapitre, nous concluons que les énergies renouvelables ont une grande importance. Chaque type d' (EnR) à caractéristiques distinctives et un principe de fonctionnement qui diffère de l'autre; cela a poussé la plupart des pays développés à en dépendre pour produire de l'électricité et répondre à leurs besoins, Selon les capacités disponibles.

Chapitre I : Les ressources en énergie renouvelables

- L'énergie solaire modifie le système énergétique mondial car c'est la source d'énergie à la croissance la plus rapide au monde ; Il a récemment assisté à une baisse des coûts de production d'une manière qui le qualifie pour concurrencer le pétrole et le gaz, à l'heure actuelle, avec le faible coût des énergies renouvelables nous pouvons convertir des maisons ordinaires en maisons avec de l'énergie propre (ce qui signifie que le toit de la maison devient des cellules solaires et les murs de la maison sont des batteries).
- Les ressources d'énergie éolienne sont pratiquement illimitées car les récents développements technologiques dans les domaines des turbines éoliennes à vitesse variable, en électronique de puissance et en commande de machines électriques tendent à rendre l'énergie éolienne compétitive que l'énergie d'origine fossile.

Chapitre II
*Les Avantages des énergies
renouvelables*

II. Introduction

Il est impératif de tendre vers les énergies renouvelables dans notre vie pour réduire le problème de la pollution environnementale, car nos besoins en énergie solaire, éolienne, géothermique, hydraulique et de la biomasse peuvent être fournis sans nuire à l'environnement, chaque énergie à présente de nombreux avantages si en l'utilisant correctement, nous assurerons un avenir sûr et propre.

II.1. Intérêt des énergies renouvelables

L'intérêt pour les énergies renouvelables est dû à plusieurs raisons, dont la plus importante est :

❖ *Améliorer la santé globale*

L'utilisation du charbon et du gaz entraîne une pollution de l'air et de l'eau et la survenue de nombreux problèmes de santé, ils peuvent être éliminés par l'exploitation des énergies renouvelables car ils produisent de l'électricité sans aucune émission qui cause ces do.

❖ *L'énergie renouvelable élève le niveau de développement économique*

L'énergie renouvelable a considérablement contribué à relever le niveau de croissance économique dans les pays qui l'utilisent, car elle constituait un domaine d'investissement important, on a observé récemment une évolution significative des investissements liés à l'énergie éolienne et solaire et à l'augmentation des possibilités d'emploi.

❖ *Inactivité*

L'énergie renouvelable est inépuisable, par rapport aux autres sources d'énergie elles sont présentes en permanence et bien disponibles partout dans le monde.

❖ *Les énergies renouvelables nous fournissent du carburant au moindre coût*

En plus des avantages précédents, l'énergie renouvelable est gratuite lorsqu'elle est exploitée et le processus de création pour la première fois est peu coûteux par rapport aux coûts continus des autres; L'installation d'éoliennes ou de panneaux solaires n'est pas plus coûteuse que de creuser des puits pour l'extraction et l'exploration de pétrole.

II.2. Les Avantages de l'énergie éolienne

L'utilisation de l'énergie du vent est inépuisable et est un moyen de contribuer à l'indépendance énergétique, contrairement aux énergies fossiles issues de biomasses très anciennes (pétrole, gaz naturel, charbon) et minières (uranium) qui seront épuisées dans quelques générations.

Chapitre II : Les Avantages des énergies renouvelables

L'énergie éolienne est une énergie propre et renouvelable qui présente de nombreux avantages, dont les plus importants sont :

- L'avantage principal de l'énergie éolienne repose sur le fait qu'il s'agit d'une énergie propre ; lorsqu'elle remplace la production des centrales électriques qui fonctionnent aux énergies fossiles l'énergie éolienne permet de réduire la pollution de l'air en évitant.
- L'émission de dioxyde de carbone, de dioxyde de soufre et d'oxydes d'azote ainsi que la libération de particules de suie, en effet l'installation de 1,5 MW d'éolien (consommation annuelle de 150 foyers environ) permettrait d'éviter annuellement l'émanation de plusieurs milliers de tonnes de ces produits et par conséquent de réduire l'émission de gaz à effet de serre.
- Dans les régions éloignées des grands centres et non reliées au réseau, l'énergie éolienne permet de limiter l'usage d'autres sources, tels les combustibles (diesel) dans la production d'électricité ces régions sont en effet principalement alimentées en électricité.
- Une éolienne est un moyen de production d'électricité efficace, contrairement aux centrales thermiques traditionnelles pour celles-ci les deux tiers de l'énergie consommée (gasoil, charbon, gaz naturel, uranium) servent à réchauffer les fleuves, la mer ou les nuages.
- Grâce à ses caractéristiques modulaires, l'éolienne peut être érigée rapidement ce qui lui permet de répondre immédiatement aux besoins [14].
- Il n'a pas non plus besoin d'être excavé pour l'extraire ou même pour le transporter sur les lieux des centrales électriques.
- Diversification des sources d'énergie de l'Etat, en utilisant l'énergie éolienne, nous ajoutons une source d'énergie permanente et renouvelable aux sources que nous utilisons pour produire de l'énergie comme l'énergie solaire et nucléaire.
- La ressource en vent est en phase avec nos consommations d'électricité avec plus de vente d'hiver quand la consommation est la plus importante et quand la production d'électricité coûte le plus cher et émet le plus de gaz à effet de serre.

II.2.1. Potentiel de l'énergie éolienne dans l'Algérie

La ressource éolienne en Algérie varie beaucoup d'un endroit à un autre, ceci est principalement dû à une topographie et un climat très diversifiés.

Les ressources énergétiques de l'Algérie ont déjà été estimées par le CDER depuis les années 90 à travers la production des atlas de la vitesse du vent et du potentiel énergétique éolien

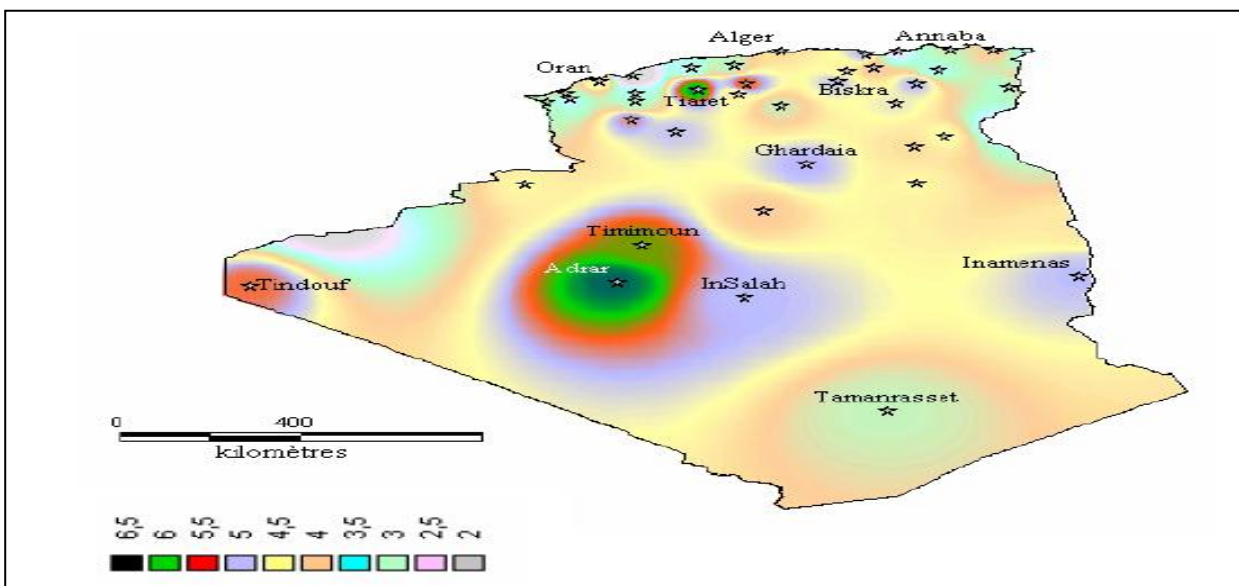
Chapitre II : Les Avantages des énergies renouvelables

disponible en Algérie, ceci a permis l'identification de huit zones ventées susceptibles de recevoir des installations éoliennes :

- Deux zones sur le littoral.
- Trois zones sur les hauts plateaux.
- Et quatre zones en sites sahariens.

Le potentiel éolien technique de ces régions a été estimé à 172 TWh/an dont 37 TWh/an économiquement exploitable soit l'équivalent de 75% des besoins nationaux

Les trois régions situées au sud ouest du Sahara (Tindouf, In Salah et Adrar) semblent être les plus favorables à l'installation de fermes éoliennes car elles cumulent à elles seules un potentiel économique approchant les 24 TWh/an [15].



Figure(II.1). Carte de la vitesse moyenne du vent à 10 m du sol (m/s) en Algérie [14].

D'après La carte des vents de l'Algérie, estimée à 10 m du sol:

- On remarque que Les vitesses moyennes annuelles obtenues varient de 2 à 6.5 m/s, et à l'exception de la région côtière Oran du la vitesse de vent moyenne est supérieure à 3 m/s.
- La région centrale de l'Algérie est caractérisée par des vitesses de vent variant de 3 à 4 m/s, et augmente au fur et à mesure que l'on descend vers le sud-ouest le maximum est obtenu pour la région d'Adrar avec une valeur moyenne de 6.5 m/s.
- Cependant, nous pouvons observer l'existence de plusieurs microclimats où la vitesse excède les 5 m/s comme dans les régions de Tiaret, Tindouf.

- Bien que l'Algérie à un régime de vent modéré (2 à 6 m/s), ce potentiel énergétique convient parfaitement pour mettre en place de grands projets pour exploiter ces vents.

II.3. Les avantages de la biomasse

Lors de l'utilisation et la transformation de la biomasse pour produire de l'énergie, cette dernière offre de nombreux avantages qui ont une influence sur l'économie et l'environnement, parmi ses avantages on cite :

- C'est une source d'énergie renouvelable à condition de bien gérer les forêts.
- C'est une énergie dont le coût est compétitif et dont le prix varie peu.
- C'est une énergie moins polluante que les énergies fossiles, il n'y a pas de rejets de soufre dans les fumées.
- Il n'y a pas d'impact sur l'effet de serre ; le CO₂ rejeté dans l'atmosphère correspond à la quantité de CO₂ absorbée par les arbres pendant leur croissance.
- La biomasse participe au traitement et à la destruction des déchets organiques.
- Les ressources de la biomasse sont disponibles à grande échelle.
- La biomasse peut être convertie en différentes formes d'énergie, par exemple le bois peut être traité et converti en gaz [16].

II.3.1. Potentiel de la biomasse dans l'Algérie

Le CDER a réalisé une étude préliminaire sur le potentiel énergétique des déchets ménagers et assimilé, des stations d'épurations des eaux usées et des déchets issues de l'agriculture et des industries agroalimentaires (sont des sources étant disponibles de manière durable).

Les résultats de cette étude montrent que la valorisation énergétique de ces sources, permet la production d'un potentiel exploitable de près de 1 milliard de mètres cube de biogaz.

Transformée en électricité, cette quantité de biogaz permet de produire plus de 1700 GWh/an, soit la consommation moyenne annuelle de 1,5 million d'algériens.

▪ Potentiel de la forêt

Le potentiel actuel est évalué à environ 37 Millions de tep. Le potentiel récupérable est de l'ordre de 3,7 Millions de tep, le taux de récupération actuel est de l'ordre de 10%.

▪ **Potentiel national des déchets ménagers et assimilés**

Cinq millions de tonnes de déchets urbains et agricoles ne sont pas recyclés, ce potentiel représente un gisement de l'ordre de 1.33 millions de tep/an [17].

II.4. Les avantages d'énergie hydraulique

L'hydroélectricité est l'énergie du mouvement constant de l'eau qui ne peut pas être épuisée, c'est l'une des sources d'énergie renouvelables les plus importantes et elle présente de nombreux avantages dont les plus importants sont :

- ***L'énergie hydraulique est verte et non polluante***

La production d'électricité à partir de l'énergie hydraulique ne pollue pas d'elle-même; la production d'énergie se fait grâce au passage de l'eau mais aucun produit additif n'est ajouté et rien ne change la composition de l'eau, l'énergie hydraulique n'entraîne pas n'est émettrice de gaz à effet de serre (GES) durant sa phase d'exploitation c'est toujours vrai pour les ouvrages "au fil de l'eau" (sans stockage) sur lesquelles se porte un intérêt particulier ,donc il s'agit une énergie propre qui ne contribue pas à l'effet de serre.

- ***L'énergie hydraulique est sûre***

Par comparaison à d'autres formes d'énergies, telles que les combustibles fossiles ou l'énergie nucléaire, l'hydroélectricité est une des énergies les plus sûres en termes de production car il n'y a pas de carburant de ce fait le risque d'explosion n'existe pas au sein de ces centrales. En outre le matériel ou les équipements sont robustes et ont fait leurs preuves avec une exploitation simple et une durée de vie longue.

- ***Des rendements intéressants***

De plus, l'énergie hydraulique a comme particularité d'avoir plus de régularité pour produire de l'énergie ; L'eau est disponible sur une base régulière qui peut être contrôlée (contrairement au vent par exemple dans ce cas la production est instable), la production hydraulique varie bien entendu suivant des cycles saisonniers les cours d'eau pouvant être diminués l'été ou au contraire renforcés par la fonte de glaciers [18].

II.4.1. Potentiel de l'hydroélectricité de l'Algérie

Les quantités globales tombant sur le territoire algérien sont importantes et estimées à 65 milliards de m³, mais finalement profitent peu au pays.

On évalue actuellement les ressources utiles et renouvelables de l'ordre de 25 milliards de m³ dont environ 2/3 pour les ressources en surface, plus de 70 barrages sont actuellement en exploitation pour une capacité de stockage évaluée à 8,4 milliards de m³ [19].

II.5. Les avantages d'énergie géothermique

L'énergie géothermique est au centre de l'attention de nombreux pays développés et cela implique de grands projets et espoirs futurs, cela est dû au fait qu'il contient de nombreux avantages dont:

- **Renouvelé**

L'énergie géothermique provient de l'intérieur de la terre et parce qu'elle maintient toujours sa chaleur, l'énergie géothermique est une source d'énergie renouvelable.

- **Stable**

La géothermie est une source d'énergie fiable, nous pouvons prédire la quantité d'énergie produite par la centrale géothermique avec une précision remarquable, ainsi les centrales géothermiques sont excellentes pour répondre à la demande énergétique.

- **Respectueux de l'environnement**

L'énergie géothermique est considérée comme respectueuse de l'environnement car les émissions nocives pour l'environnement qui en résultent sont minimales par rapport aux émissions des combustibles fossiles, et notre dépendance croissante à cette source d'énergie contribue à réduire le réchauffement climatique.

- **Convient pour le chauffage et le refroidissement**

L'énergie géothermique peut être utilisée pour chauffer et refroidir les maisons, récemment il y a eu une augmentation de l'intérêt des propriétaires pour l'utilisation de l'énergie géothermique dans leurs maisons.

II.5.1. Potentiel géothermique de l'Algérie

La compilation des données géologiques, géochimiques et géophysique a permis d'identifier plus de deux cent (200) sources chaudes qui ont été inventoriées dans la partie Nord du pays. Un tiers environ (33%) d'entre elles ont des températures supérieures à 45°C, il existe des sources à hautes températures pouvant atteindre 118°C à Biskra.

Des études sur le gradient thermique ont permis d'identifier trois zones dont le gradient dépasse les 5°C/100m :

- Zone de Relizane et Mascara.
- Zone d'Aïne Boucif et Sidi Aïssa.
- Zone de Guelma et Djebel El Onk.
- En plus des nombreuses sources thermales dans le Nord du pays, il existe dans le Sud algérien et plus exactement dans le Sahara septentrional une importante réserve en eau thermale qui est la nappe du continental intercalaire [20].

II.6. Les avantages de l'énergie solaire

L'énergie solaire est l'une des sources de vie les plus importantes sur terre car elle fournit des sources qui alimentent tous les écosystèmes, et des travaux sont actuellement en cours pour utiliser cette énergie solaire de manière appropriée afin de fournir à les besoins énergétiques nécessaires dans l'avenir, et dans ce qui suit on parlera des avantages de l'énergie solaire.

- **Son carburant est gratuit**

Le soleil est la seule ressource dont a besoin un panneau solaire, de plus la plupart des cellules photovoltaïques sont fabriquées à base de silicium un matériau abondant et non toxique (second matériau le plus abondant sur terre).

- **L'énergie solaire ne génère ni bruit, ni émissions nocives, ni gaz polluants**

L'électricité solaire utilise seulement l'énergie du soleil comme carburant, elle ne crée aucun coproduit nocif et contribue activement à réduire le réchauffement climatique.

- **Les systèmes photovoltaïques sont très sûrs et d'une grande fiabilité**

L'espérance de vie d'un module solaire est d'environ 30 ans, la performance des cellules photovoltaïques est généralement garantie par les fabricants pour une durée de 20 à 25 ans, le photovoltaïque est donc une technologie fiable sur le long terme, de plus la fiabilité des produits est garantie aux consommateurs.

- **Les modules photovoltaïques sont recyclables et les matériaux utilisés pour leur production (silicium, verre, aluminium...) peuvent être réutilisés**

Le recyclage n'est pas seulement bénéfique pour l'environnement, il contribue également à réduire l'énergie nécessaire pour produire ces matériaux et ainsi à réduire leur coût de fabrication.

- **L'énergie solaire peut être intégrée de manière esthétique dans les bâtiments**

Les modules solaires peuvent couvrir toits et façades, contribuant ainsi à l'autonomie énergétique des bâtiments, ils sont silencieux et peuvent être intégrés de manière très esthétique.

- **L'énergie solaire exige peu de maintenance**

Les modules solaires ne nécessitent pratiquement aucune maintenance et sont faciles à installer.

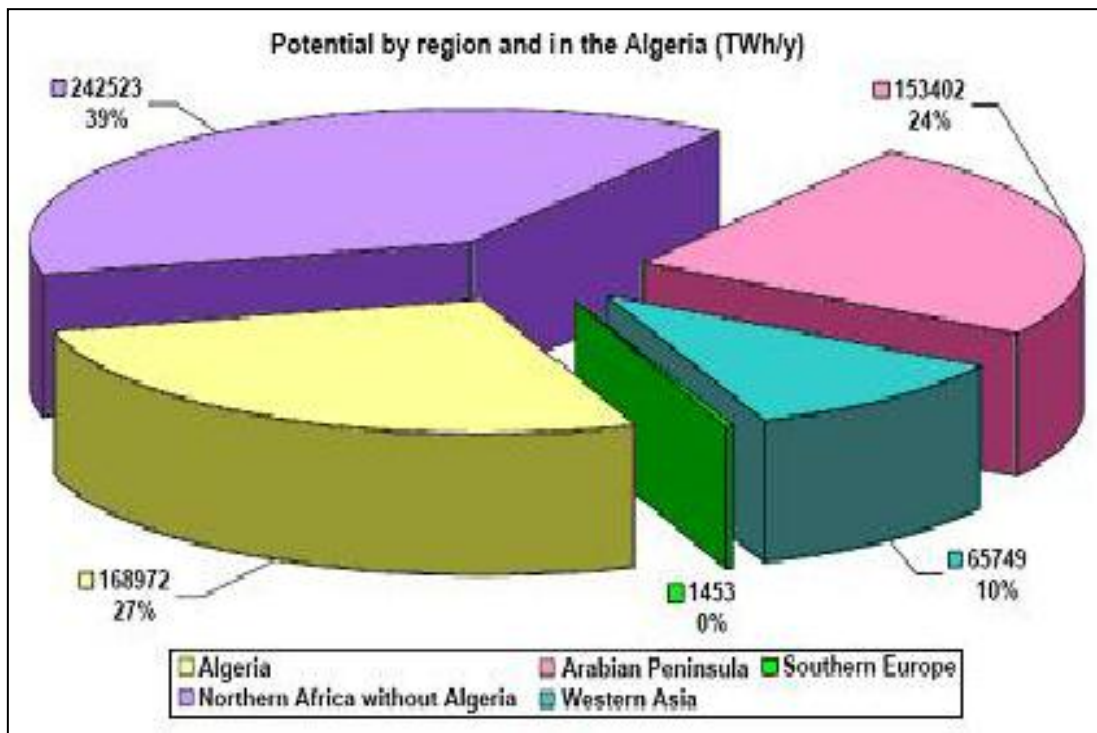
- **L'énergie solaire captée par la terre pendant une heure pourrait suffire à la consommation mondiale pendant une année :**

Au total, ce rayonnement représente 1.6 milliards de TWh, soit huit mille fois la consommation énergétique annuelle mondiale [21].

II.6.1. Potentiel solaire de l'Algérie

Suite à une évaluation par satellites, ASA a conclu que l'Algérie représente le potentiel solaire le plus important de tout le bassin méditerranéen, soit:

169.000 TWh/an pour le solaire thermique, 13.9 TWh/an pour le solaire photovoltaïque.



Figure(II.2). Présentation des ratios du potentiel solaire de l'Algérie par rapport aux pays de l'Afrique du Nord, des pays du Moyen Orient et des les pays Méridionaux de l'Europe [22].

Chapitre II : Les Avantages des énergies renouvelables

La répartition du potentiel solaire par région climatique au niveau du territoire algérien est présentée dans le tableau (II.1), selon l'ensoleillement reçu annuellement, l'Algérie de par sa situation géographique l'Algérie dispose d'un des gisements solaires les plus importants du monde.

<i>Régions</i>	<i>Régions côtières</i>	<i>Hauts plateaux</i>	<i>Sahara</i>
<i>Superficie %</i>	4	10	86
<i>Durée moyenne d'ensoleillement (heures/an)</i>	2650	3000	3500
<i>Energie moyenne reçue (kWh/m²/an)</i>	1700	1900	2650

Tableau (II.1). Répartition de potentiel solaire en Algérie [22].

- La durée moyenne d'ensoleillement dans le Sahara algérien est de 3500 heures, ce potentiel peut constituer un facteur important de développement durable dans cette région s'il est exploité de manière économique.
- La durée d'insolation sur le quasi totalité du territoire national dépasse les 2000 heures annuellement et atteint les 3500 heures (hauts plateaux et Sahara).
- L'énergie reçue quotidiennement sur une surface horizontale, soit près de 1700 kWh/m²/an au nord, et 2263 kWh/m²/an au sud du pays.

II .7. Conclusion

À travers la discussion de ce chapitre, nous concluons :

- Les énergies renouvelables sont d'une grande importance, en particulier pour empêcher le réchauffement climatique de se développer et réduire les gaz à effet de serre, par conséquent les énergies renouvelables présentent de nombreux avantages pour la préservation du climat et de l'environnement et nous devons nous tourner vers son exploitation en tant qu'alternative saine et propre qui ne nuit pas à l'environnement.
- L'Algérie possède un potentiel gigantesque d'énergie renouvelable à savoir l'énergie solaire, éolienne, géothermique et biomasse, donc les énergies renouvelables deviennent au cœur de préoccupation de l'Algérie; surtout que le pays dispose d'un potentiel en énergies renouvelables parmi les plus importants au monde.

Chapitre III
Les Applications des
énergies renouvelables

III. Introduction

L'énergie renouvelable est l'énergie produite à partir d'une source naturelle inépuisable, continue et non conventionnelle, cela ne nécessite qu'un processus de conversion des sources d'énergie naturelles en énergie renouvelable, pour nous faciliter son utilisation dans les technologies de la vie avancées et contemporaines.

Les moyens d'énergie renouvelable sont largement disponibles à proximité de la vie naturelle et peuvent se passer de sources d'énergie qui sont épuisées et non renouvelables, qui peuvent être épuisées par une utilisation excessive, par conséquent l'importance de l'énergie renouvelable vient, de la multiplicité de son utilisation dans différents domaines de la vie humaine tels que l'agriculture, l'industrie, la production d'électricité, le chauffage et autres.

III.1. Les utilisations les plus importantes de l'hydroélectricité

La production hydroélectrique nécessite la disponibilité d'une source d'eau à proximité du lieu de production d'énergie, le processus d'utilisation de l'énergie hydraulique est un processus respectueux de l'environnement et dans ce qui suit, nous mettrons en évidence les utilisations les plus importantes de l'hydroélectricité.

a) *Électricité*

✚ L'énergie cinétique de l'eau qui tombe peut être utilisée pour produire de l'énergie électrique ceci est réalisé grâce à la construction de barrages où l'eau s'accumule et est maintenue à différents niveaux d'élévation.

✚ L'énergie hydraulique aide à stocker l'énergie électrique qui peut être utilisée en cas de panne de courant.

b) *Agriculture*

✚ Utilisation de l'énergie hydraulique pour générer l'énergie hydroélectrique nécessaire au fonctionnement des axes centraux des fermes.

✚ Protection contre les inondations et l'approvisionnement en eau à usage domestique et agricole.

c) *Industrie*

L'hydroélectricité a un rôle important dans l'industrielle, à travers :

- ✚ Aide au fonctionnement mécanique des minoteries
- ✚ L'utilisation de l'hydroélectricité soutient l'utilisation d'autres sources d'énergie renouvelables telles que l'énergie solaire ce qui la rend économique et plus efficace.

III.2. Application de PCH

L'importance des petites centrales hydrauliques apparaît surtout au niveau local, et plusieurs applications s'en détachent :

- Pour de nombreuses communes fabriques ou moulins, elles constituent une source d'énergie d'appoint avantageuse.
- Elles peuvent être intégrées dans des projets à usages multiples et en améliorer la couverture des frais par la production d'énergie, par exemple: dans le cadre du renouvellement d'une adduction d'eau potable, lors de la construction d'ouvrages de prévention des inondations ou destinés à faciliter la migration des poissons.
- Leur construction rénovation et entretien représentent un potentiel de travail pour les entreprises locales.
- Elles augmentent la sécurité d'approvisionnement de certaines entreprises comme les moulins à farine qui peuvent ainsi fonctionner même en cas de panne de réseau.
- Elles constituent une alternative avantageuse à de longues lignes électriques pour alimenter des habitations, fermes, hôtels ou cabanes isolées en région de montagne.
- Elles tirent parti du potentiel de force hydraulique sans nuire à l'environnement.
- De par leur petite taille et leur simplicité, elles ont une fonction didactique puisqu'elles permettent à nombre de visiteurs de prendre conscience des problèmes pratique de la production de l'énergie [23].

III.3. Les applications de l'énergie solaire

L'énergie solaire peut être mise au service d'une diversité d'applications, listées ci-après

▪ **Solaire passif**

L'objectif du solaire passif est la conception et la construction de bâtiments qui grâce à l'énergie solaire, restent chauds en hiver et frais en été, en hiver les rayons du soleil réchauffent l'intérieur des bâtiments à travers le vitrage des portes et des fenêtres, en été au contraire des stores

maintiennent la fraîcheur, on parle de solaire « passif » pour indiquer qu'il n'y a aucun transfert actif de chaleur au moyen de pompes de vannes ou d'électricité.

- **Énergie solaire concentrée (ESC)**

On Peut par des jeux de miroirs et lentilles concentrer le rayonnement solaire pour générer de très hautes températures, l'énergie solaire concentrée peut servir à chauffer de l'eau ou à produire de la vapeur, la vapeur produite peut actionner une turbine ou un moteur Stirling couplé à un générateur d'électricité [24].



Figure (III.1). Miroirs et réflecteurs produisent les températures élevées requises par les processus industriels [24].

III.4. L'utilisation de l'énergie solaire photovoltaïque

L'énergie solaire photovoltaïque est produite en absorbant la chaleur du soleil et en la convertissant en énergie électrique puis en la collectant et en la transférant afin d'être utilisée comme source de courant électrique qui à son tour est utilisé à des fins industrielles et domestiques, c'est ce sur quoi nous allons nous concentrer dans cette partie.

III.4.1. Les applications isolées et autonomes

Le tableau (III.1) regroupe divers types d'applications autonomes pouvant être alimentés par de l'énergie photovoltaïque en fonction de leurs besoins en puissances en énergie :

Puissance	Application typique	Exemple	Energie
μW	Transistor intégrés puce avec une consommation minimale d'énergie	Montres solaires calculatrice	mWh
mW	Equipements installation de faible demande d'énergie et utilisation périodique uniquement	Emetteur /Récepteur portable, appareils automatiques comme distributeurs automatiques, système d'alarmes, sécurité incendie...	Wh
W – kW	Installations pour les communications et mesures, commerce, entreprises	Appareils flotteur ou TV, radio, stations météo, source d'énergie sur un bateau ou en maison, ou pour une pompe à chaleur,...	Wh - kWh
MW – GW	Centrales électriques isolées équipements et installations	Stationne distribution du réseau électrique, militaire	MWh - GWh

Tableau (III.1). Applications pouvant être alimentées par de l'énergie PV en fonction de leurs consommations électriques [25].

III.4.2. Les applications des systèmes photovoltaïques

a) Les systèmes raccord au réseau (Connecté au réseau)

La figure (III.3) représente un système PV connecté au réseau électrique dont le rôle principal est de contribuer à la production d'électricité d'origine renouvelable sur le réseau, d'un point de

vue de la physique l'énergie produite par les générateurs PV est directement réinjecté sur le réseau électrique.

La consommation des charges locales de l'habitat est assurée par le réseau électrique lui-même le réseau est utilisé en appoint de la production PV [26].

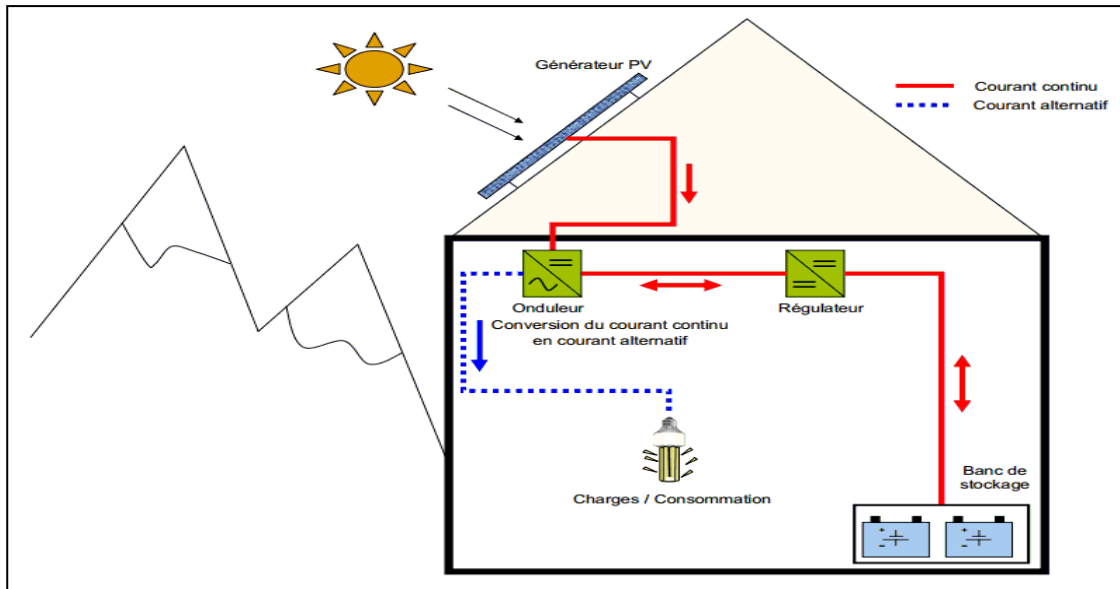


Figure (III.2). Exemple de la structure d'un système PV connecté au réseau électrique [26].

▪ Avantages

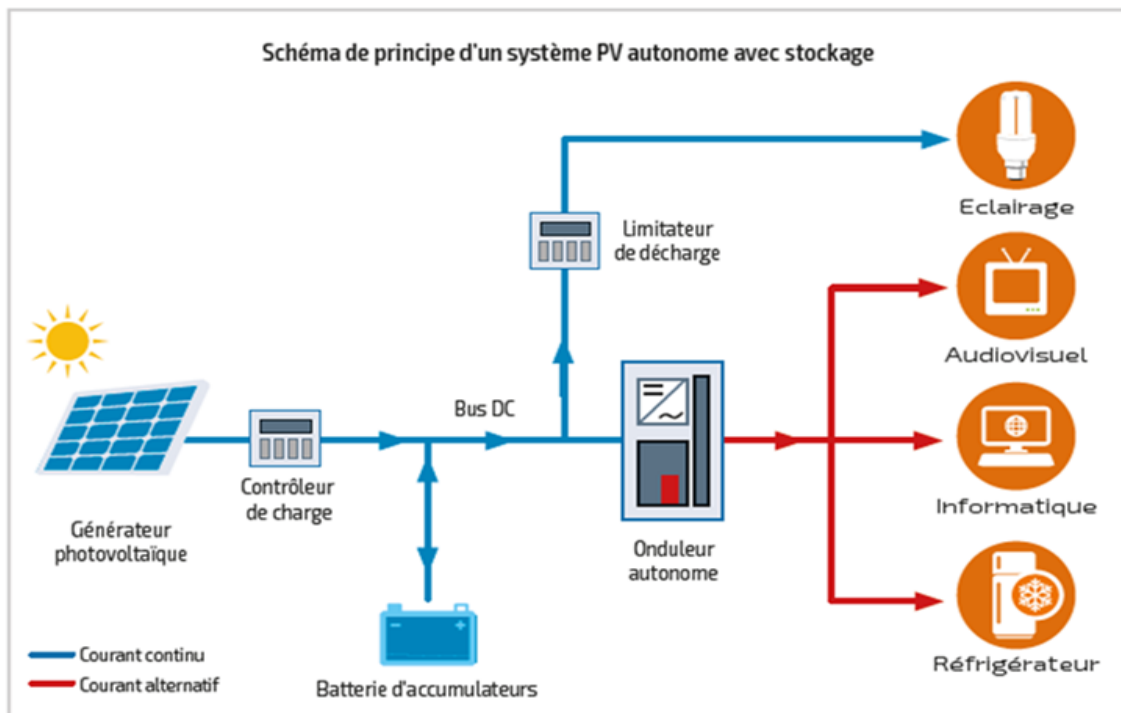
Par rapport à un système autonome, on gagne sur les points suivants :

- ✓ Exploitation de la totalité de l'énergie photovoltaïque issue des panneaux (le stockage est infini).
- ✓ Economie de l'ordre de 40 % sur les investissements (les batteries en moins).
- ✓ Maintenance quasi inexistante (ce sont les batteries qui demandent le plus d'attention).
- ✓ Meilleure durée de vie du système, cette solution est plus rentable que l'alimentation photovoltaïque purement indépendante, mais malheureusement encore très onéreuse en comparaison d'une alimentation électrique à 100% sur réseau, l'énergie produite par les modules est directement consommée sur place par les charges.

b) Les systèmes autonomes (Isolée)

Le rôle des systèmes autonomes est d'alimenter une ou plusieurs applications situées dans une zone isolée par rapport à un réseau électrique par:

- Alimentation autonome de produits grand public (lampes solaires ou bornes de jardin) par générateur photovoltaïque.
- Electrification de bâtiment (de quelques centaines de watts à quelques KW) résidence secondaire, écoles et centres de santé dans les pays en développement par kits photovoltaïque (SHS).
- Alimentation d'applications professionnelles (de quelques dizaines de W à quelques KW), signalisation, télécom [27].



Figure(III.3). Schéma de principe d'un système PV autonome [27].

III.5. L'utilisation de l'énergie solaire thermique

L'énergie solaire thermique a de nombreuses applications : chauffage solaire des locaux, refroidissement solaire, chauffe-eau solaires collectifs.

III.5.1. Chauffage solaire des locaux

La chaleur collectée, portée par le fluide caloporteur, va circuler à travers le bâtiment et diffuser peu à peu sa chaleur par :

Le plancher solaire direct (PSD) : Un réseau de tuyaux parcourt le plancher et diffuse peu à peu la chaleur dans le bâtiment. Le réseau de distribution peut aussi être relié à une chaudière, le fluide caloporteur peut alors être stocké.

L'hydro accumulation : L'énergie solaire est stockée au fur et à mesure qu'elle arrive dans un ballon de stockage (de 0.5 à 1 m³), et peut être utilisée pour le chauffage de l'eau ou le chauffage domestique

III.5.2. Refroidissement solaire

Le solaire thermique peut aussi servir à refroidir des bâtiments, la technologie repose sur la réfrigération par absorption qui utilise la chaleur solaire pour faire fonctionner des refroidisseurs à absorption, et la compression est assurée par une pompe thermique. Cette technologie procure une climatisation sans émettre de CO₂, et adéquation entre disponibilité de l'énergie (ensoleillement) et besoins énergétiques (par temps chaud) [10].

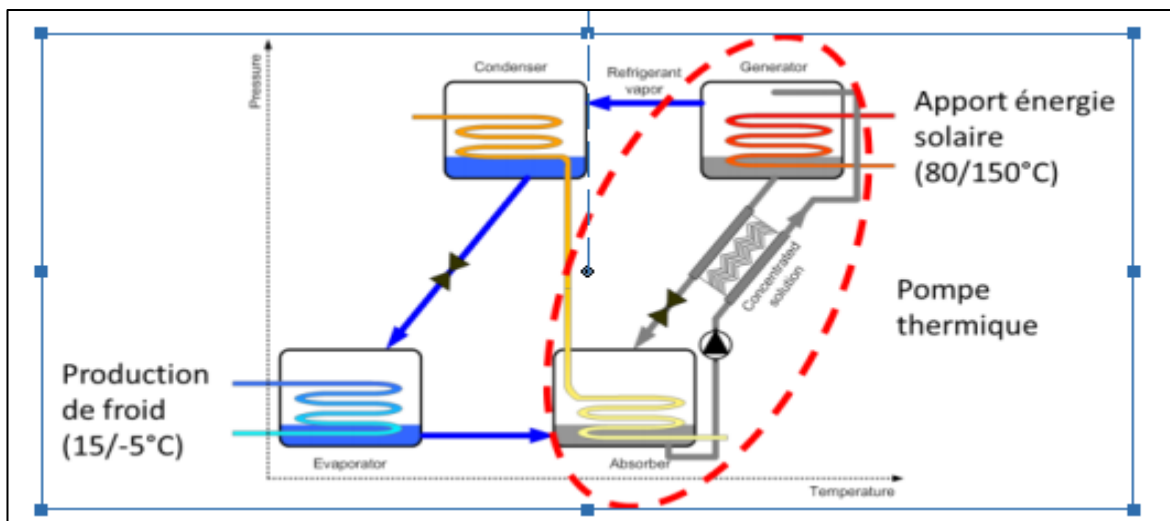


Figure.III.4. Principe du froid solaire [10].

III.5.3. Chauffe-eau solaires collectifs (CESC)

Les chauffe-eau solaires, chauffent les grandes quantités d'eau nécessaires aux collectivités comme les hôtels, les centres sportifs ou les hôpitaux ou aux installations industrielles grandes consommatrices d'eau chaude sanitaires, aussi dans l'agro-alimentaire.

Un chauffe-eau solaire est dit collectif lorsque la surface de l'absorbeur du capteur solaire vitré dépasse (10 m²) ou lorsque le volume du ballon solaire dépasse (500 litres) [24].

III.6. Application de la biomasse

Les applications de la biomasse sont multiples et souvent anciennes, hormis les usages alimentaires pour la fumure des champs, la biomasse a de tout temps été utilisée comme combustibles comme matériau.

Les applications de la biomasse comme matière première de la chimie et comme carburants, qui étaient importantes au XIXème et au début du XXème siècle, nous proposons de citer quelques applications de la biomasse.

III.6.1. La biomasse comme biocombustible pour produire de la chaleur et de l'électricité

- ✚ Le bois sous différentes formes (bûches, plaquettes forestières comme sous-produits d'exploitation forestière broyés, d'écorces, de bois de récupération) est utilisé comme combustible.
- ✚ les combustibles peuvent être brûlés pour être utilisés dans des appareils de chauffage domestique (chaudières, poêles, cuisinières).
- ✚ La paille mais aussi des résidus de culture et des productions dédiées peuvent être utilisés comme combustibles.

III.6.2. La biomasse comme biomatériau traditionnel ou innovant

- ✚ Le bois et ses dérivés (papiers, cartons, panneaux de procès), mais aussi le chanvre et autres plantes textiles sont de plus en plus utilisés comme isolants.
- ✚ L'amidon de céréales ou de pomme de terre peut être utilisé dans la production de plastiques biodégradables et de nombreux autres polymères.

III.6.3. La biomasse comme matière première de la chimie

Elle est utilisée pour produire des tensioactifs, des bitumes fluxés, encres, peintures, résines, liants, lubrifiants, produits antigel...etc. Sans oublier les nombreux principes actifs et huiles essentielles utilisés en pharmacie et cosmétique.

III.6.4. La biomasse pour les biocarburants

Les huiles de colza, tournesol, soja ou palme sont les matières premières de base pour fabriquer du biodiesel, l'utilisation des huiles végétales pures comme carburant est possible [28].

III.7. Les application de la géothermie

La production d'électricité, le thermalisme et le chauffage urbain restent les applications les plus connues et les plus répandues de la géothermie, toute une gamme d'usages sont possibles nous mettrons en évidence les plus importants dans cette partie.

III.7.1. Géothermie et agriculture

- Le chauffage des serres est un domaine d'application intéressant pour la géothermie.
En effet, pour cette activité les dépenses énergétiques peuvent être très élevées , par exemple (200 tonnes) de fioul par an sont nécessaires pour chauffer un hectare de serres de cultures maraîchères et 400 tonnes de fioul par an pour des cultures florales, changer d'énergie pour utiliser la chaleur du sous-sol représente donc le meilleur moyen de faire des économies tout en protégeant l'environnement.

- Stockage inter saisonnier pour les serres

Depuis 25 ans la géothermie est utilisée dans plusieurs pays européens pour le chauffage et le refroidissement des serres ; Simples de fonctionnement qui permettent la production à contre-saison de fruits, légumes et fleurs.

III.7. 2. Géothermie et “snowmelting”

Depuis une dizaine d'années, dans les pays où l'enneigement est fréquent la géothermie est utilisée pour empêcher l'accumulation de neige et de verglas.

Ces systèmes utilisent des conduites de vapeur et d'eau chaude géothermale disposées aux entrées dans

- ✚ des bâtiments.
- ✚ dans les trottoirs.
- ✚ les aires de stationnement.
- ✚ les rampes de garage.
- ✚ les pistes d'aéroports ou les aiguillages.
- ✚ de voies ferroviaires.



Figure(III.5). La circulation de l'eau chaude qui assure le déneigement des trottoirs [29].

III.7.3. Géothermie et dessalement

Durant les années 90 une installation-pilote de dessalement dans l'île de Kimolos (Grèce) a démontré la faisabilité technique de l'utilisation de la géothermie basse-enthalpie (61 °C) pour le dessalement d'eau de mer, à partir d'un forage profond de (188 m) , grâce à son débit régulier et stable, 24 heures sur 24, cette énergie s'est montrée particulièrement adaptée à la production de 80 m³ d'eau potable par jour, cette solution est intéressante pour les zones côtières et les îles où existent des ressources géothermiques [29].

III.8. Principaux utilisations de l'énergie éolienne

L'énergie éolienne est utilisée depuis l'Antiquité pour moulin à grain, pomper l'eau des puits profonds, utiliser des voiliers...etc. Voici les utilisations les plus importantes de l'énergie éolienne:

- ✚ **Énergie domestique et professionnelle:** L'énergie éolienne est utilisée pour fournir de l'électricité aux maisons et aux entreprises éloignées à un coût inférieur à celui des générateurs alimentés au carburant, et la quantité d'énergie produite qui est fournie à ces endroits dépend de la vitesse du vent.
- ✚ **Centres de santé et cliniques:** L'énergie éolienne est utilisée pour fournir de l'énergie pour stocker les vaccins et les communications sans fil pour les appels d'urgence.
- ✚ **Utilisations industrielles:** L'énergie éolienne est utilisée dans de nombreuses applications industrielles où le stockage et l'expédition de carburant ne sont pas économiques. Telles que ; communications, radars, contrôle des pipelines, aides à la navigation, contrôle du trafic aérien, stations météorologiques et surveillance sismique.

✚ **Pompage de l'eau:** L'énergie éolienne est utilisée pour pomper l'eau de différentes sources d'eau vers des endroits où cette eau est nécessaire et ce processus est effectué à l'aide d'éoliennes et de pompes à eau.

Deux types de technologies de pompage éolien d'eau sont utilisés; l'éolienne de pompage mécanique et l'éolienne de pompage électrique, la figure (III.6) décrit les deux systèmes de pompage éolien.

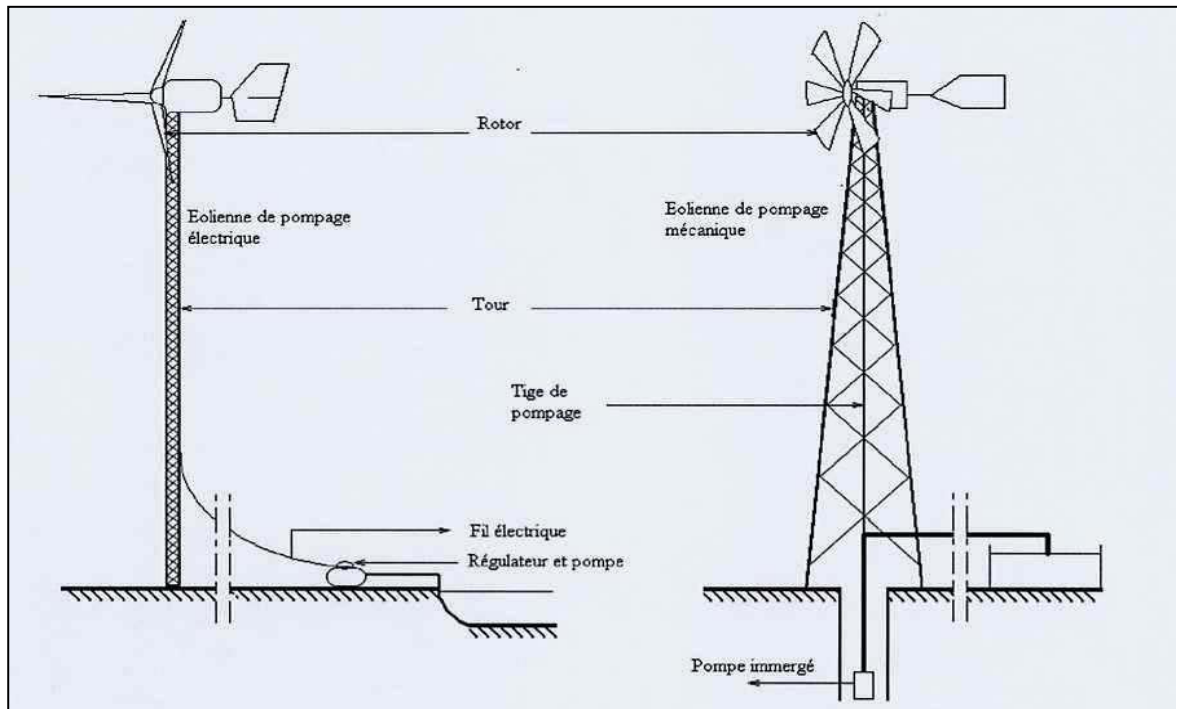


Figure (III.6). Systèmes éoliens de pompage mécanique et électrique d'eau [4].

✚ **produire de l'électricité:** Les éoliennes de production d'électricité (aérogénérateurs), sont de nos jours les plus utilisées et les plus développées, elles sont installées sur terre comme sur mer, la technologie des aérogénérateurs est en pleine phase de développement, de nombreux pays se lancent dans l'installation d'éoliennes de grande puissance, cette tendance vise à lutter non seulement contre l'usage des énergies produisant des gaz à effet de serre mais aussi pour se tourner vers des sources d'énergie sur lesquelles on peut se fier à long terme [4].

III.9. L'hydrogène une filière d'avenir

L'hydrogène est une solution particulièrement adaptée aux défis énergétiques et environnementaux qui se posent actuellement. L'utilisation d'un vecteur énergétique propre comme l'hydrogène (s'il est produit à partir des sources non fossiles) offre une multitude d'avantages et ce, à plusieurs niveaux.

III.9.1. La production de l'hydrogène

L'hydrogène peut être produit à partir de différentes sources d'énergie avec des processus de production distincts (tableau III.2).

Méthode	Entrants	Technique de production
Thermochimique	Biomasse	Gazéification-Pyrolyse
Electrolyse de l'eau	Mix électrique Renouvelable (solaire, éolienne....etc.)	Electrolyse-PEM SOEC-Electrolyse à haute température

Tableau (III.2). Synthèse des principales technologies de production de l'hydrogène [30].

L'utilisation de l'hydrogène comme vecteur énergétique comporte plusieurs avantages :

- L'hydrogène peut remplacer les combustibles fossiles.
- Les modes de production et d'utilisation de l'hydrogène peuvent aider à améliorer la qualité de l'air et à réduire les émissions de gaz à effet de serre.
- Le stockage de grandes quantités d'énergie sur de longues périodes est faisable.
- L'hydrogène peut être stocké sous forme de gaz comprimé ou de liquide ou encore dans un composé chimique [31].

III.9.2. La technologie de pile combustible

Les piles à combustible sont des dispositifs électrochimiques qui convertissent directement l'énergie chimique de la réaction d'un carburant et d'un oxydant en électricité. La PAC comporte deux électrodes, l'une positive (cathode) et l'autre négative (anode), elle produit de l'électricité grâce à la réaction d'oxydation sur une électrode d'un combustible réducteur (par exemple l'hydrogène) couplée à la réaction de réduction sur l'autre électrode d'un oxydant, tel que l'oxygène de l'air. Elle possède aussi un électrolyte solide ou liquide qui transporte les ions d'une électrode à l'autre, et un catalyseur qui accélère les réactions au niveau des électrodes.

La source d'hydrogène est généralement désignée sous le nom de combustible. Pendant l'oxydation, les atomes d'hydrogène réagissent avec les atomes d'oxygène pour former de l'eau et générer de la chaleur, les électrons sont libérés et circulent dans un circuit externe sous forme de courant électrique [32].

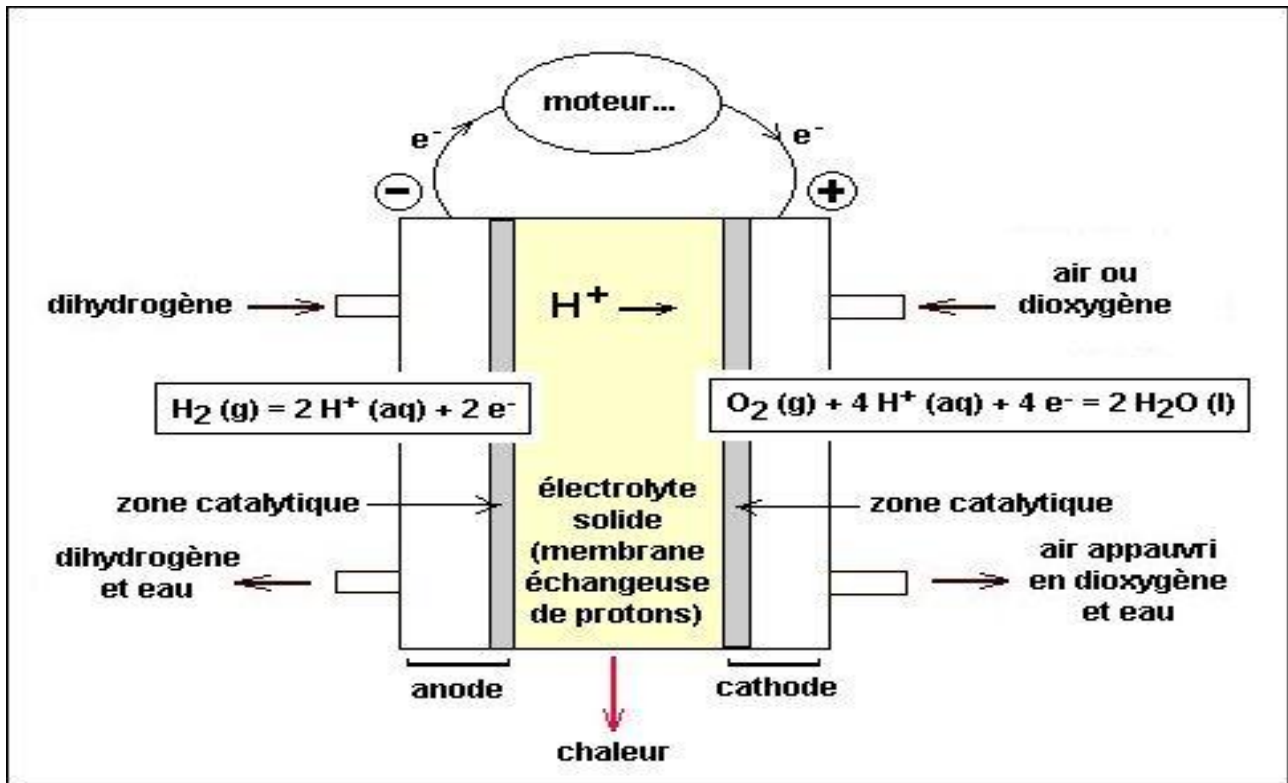


Figure (III.7). Architecture d'une pile à combustible [32].

III.9.3. Exemple d'application (dans le domaine transport)

- La voiture pile à combustible à hydrogène est une voiture électrique qui à la différence d'une voiture électrique à batterie, produit sa propre électricité à bord. L'hydrogène est mélangé avec l'oxygène dans une pile à combustible en produisant eau et électricité sans émission de gaz à effet de serre. L'intérêt pour les PAC est expliqué par une série de raisons; La voiture PAC à hydrogène améliore considérablement le rendement énergétique par rapport à une voiture conventionnelle, elle fonctionne de manière silencieuse et sans émissions à l'endroit de la consommation en contribuant aussi bien à la réduction des émissions de gaz à effet de serre qu'à la qualité de l'air dans les villes, cette voiture permet une utilisation similaire à celle de la voiture conventionnelle : elle peut être rechargée très rapidement, pour une autonomie supérieure en comparaison avec la voiture électrique à batterie. Enfin, la suppression d'organes mécaniques élimine les frottements responsables d'une plus grande usure des matériaux, en diminuant les nécessités d'entretien [29].

- Alstom est actuellement en train de tester une rame à hydrogène en Allemagne, où presque la moitié de lignes régionales ne sont pas électrifiées. Ce train atteint d'ores et déjà la vitesse des 80 km/h et l'objectif de vitesse est de 140 km/h puis viendra ensuite la métro et l'homologation de ce nouveau système de propulsion. Comme pour les bus, il s'agira dans le même temps de rendre le coût d'usage d'une solution à hydrogène comparable à celui des moteurs diesel [33].

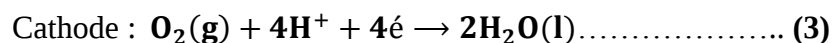
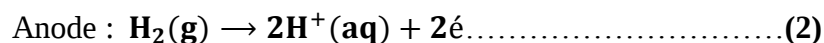
III.10. Système solaire à hydrogène

L'expérience du système solaire à hydrogène décrit que lorsque nous éclairons une quantité de lumière sur une cellule photovoltaïque, de l'électricité est produite. En l'absence de lumière, on peut produire de l'électricité avec de l'hydrogène, et cette énergie produite peut alimenter des moteurs électriques (voir Figure III.8).

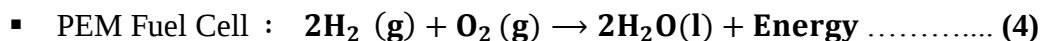
L'hydrogène peut être produit en utilisant l'électricité générée à partir d'une cellule photovoltaïque (électrolyse de H_2O)



Lorsque l'hydrogène est combiné à de l'oxygène dans une pile à combustible, par l'hydrogène est oxydé en protons et en électrons lorsque tous se rencontrent, ce processus aboutit à, de l'eau et de l'énergie, Selon les équations suivantes :



L'équation totale :



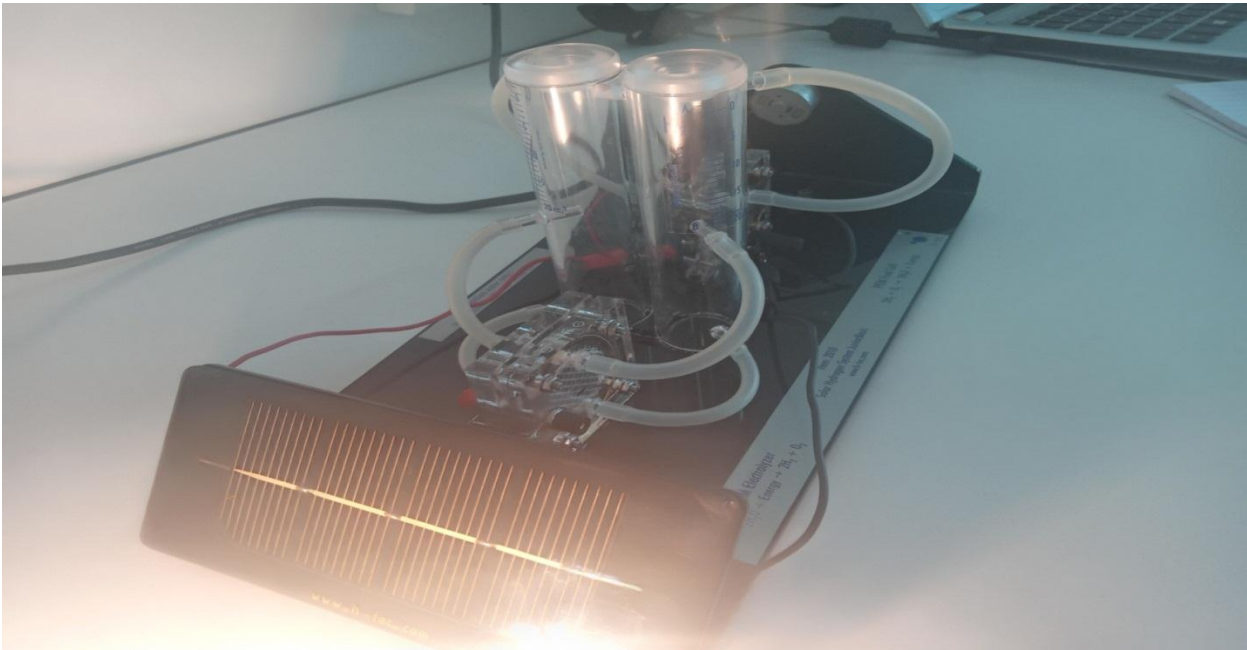


Figure (III.8). Solar hydrogen system Junion Basic, une image prélevée du labo N° 06, Département physique, Université Mohamed El Bachir Elibrahimi, BBA.

- Nous concluons de cette étude expérimentale que nous pouvons utiliser l'énergie solaire pour créer de l'hydrogène que nous pouvons stocker. Quant aux rendements de ce procédé (H_2O , énergie), on peut en bénéficier dans de nombreux domaines car c'est de l'énergie propre 100 %.

III.10. Conclusion

Nous concluons que les applications des énergies renouvelables ont un grand rôle et que leurs bénéfices sont multiples, notamment l'énergie solaire et la chaleur géothermique.

L'hydrogène s'agit d'un vecteur énergétique très versatile en raison des différents modes de production et d'utilisation, il a le potentiel de remplacer l'utilisation des énergies fossiles dans différents usages (mobile, stationnaire ou portable), mais c'est dans le secteur des transports que ses atouts sont les plus importants.

L'objectif de l'utilisation de ces énergies est la possibilité de les exploiter dans de nombreux domaines et de les considérer comme des énergies renouvelables propres, car elles sont respectueuses de l'environnement, ne laissent pas de gaz nocifs et n'affectent pas négativement l'environnement. Il faut recourir à l'exploitation de ces énergies, car c'est une énergie permanente avec des bénéfices environnementaux et économiques.

Conclusion général

Conclusion générale

- Nous sommes parvenus à la définition des sources les plus importantes d'énergies renouvelables leurs principes de fonctionnement et les différentes techniques utilisées et de tout ce qui s'y rapporte, et des pays les plus importants qui ont recours à elles comme moyen pour répondre à leurs besoins afin de réduire la pollution.
- Les énergies renouvelables représentent une grande partie de notre avenir énergétique. Elles permettent le développement futur et sont une solution de nos problèmes énergétiques et environnementaux. Elles sont et devenues incontournables car associent des avantages sur le plan environnemental, social, économique. On peut l'exploiter, notamment en Algérie qui bénéficie de bonnes conditions climatiques, d'autre part nous ne pouvons pas nier qu'il existe des difficultés à son utilisation, telles que la stabilité et le prix élevé.
- L'importance des énergies renouvelables vient des nombreuses applications et utilisations qui aident les gens dans divers domaines.

Ces alternatives renouvelables participent à la production d'électricité, qui est utilisée dans les domaines industriels ou agricoles, faisant fonctionner tous les appareils.....etc. Egalement dans la production de chaleur qui sert au chauffage, au chauffage de l'eau, au refroidissement. D'une telle importance et de nombreuses utilisations, il faut recourir au développement de ces énergies, notamment l'énergie solaire, car elle répond à tous les besoins sans nuire à l'environnement.

Grâce à l'expérience du système solaire à hydrogène, nous concluons que l'utilisation de l'hydrogène en qualité de vecteur énergétique combiné aux piles à combustible; permet l'énergie peut être stockée et de réduire les émissions de gaz à effet de serre, surtout si l'hydrogène est produit à partir de sources renouvelables.

Références bibliographiques

- [1] Alice Darson, Transition énergétique et transition juridique le développement des énergies de sources renouvelables en France, 10 juillet 2015, page 28.
- [2] Mauricio Higueta Cano, Système de gestion de l'énergie basé sur l'incertitude pour un système hybride à sources d'énergie renouvelable autonome avec production d'hydrogène, le 2 février 2017, page 2.
- [3] Mekki Mounira, Récupération des déperditions d'énergie dans les complexes industriels et leur conversion en énergie électrique exploitable, thèse de doctorat, Algérie, 2014, page 15.
- [4] Saidou Madougou, Etude du potentiel éolien du jet nocturne dans la zone sahélienne à partir des observations de radars profileurs de vent, thèse de doctorate, France, 2010, page 55,56.
- [5] F. Poitiers, Etude et Commande de Génératrices Asynchrones pour l'utilisation de l'Energie Eolienne, Machine asynchrone à cage autonome; Machine asynchrone à double alimentation reliée au réseau, thèse de doctorat soutenue à l'université de Nantes, France, 2003, page 14, 15.
- [6] International Energy Agency (IEA) ,07/05/ 2021,à 9 :12.
- [7] Alain Damien, Livre, la biomasse Energie, Paris, 2008, page 5, 181, 184.
- [8] Mohamed Nasser, Supervision de sources de production d'électriques hybrides éolien/hydraulique dans les réseaux d'énergie interconnectés ou isolés, France, le05 mai2011, page 22 ,26.
- [9] Ammar Hachmei, Modélisation énergétique et optimisation économique d'un système hybride dédié au pompage, thèse de doctorat, Algérie ,2017 page 50,52.
- [10] Bernard Thonon, Question de physique autour de l'énergie solaire, page 8,23.
- [11] Anne Labouret. Michel Violez, préface de Jean-Louis Bal, énergie solaire photovoltaïque, Livre, France, 2009, page 7,8.
- [12] Nichipourk Oleksiy, Simulation fabrication et analyse de cellules photovoltaïques, France, 2005, page 20.
- [13] <https://www.lechodusolaire.fr/91-des-nouvelles-capacites-de-production-mondiale-denergie-renouvelable-grace-au-solaire-et-a-leolien/> , 19/05/2021 à 19.11.
- [14] S. El Aimani, Modélisation de différentes technologies d'éoliennes intégrées dans un réseau de moyenne Tension, Thèse de Doctorat, France, L2EP Ecole central de Lille, 2004.
- [15] Merzouk, N. Kasbadji, and H. Daaou, « Cartes saisonnières du vent en Algérie » (2001).

- [16] Le Grenelle Enivrement, la biomasse, France, Juillet 2009, page 3.
- [17] Abda Z'hour, Stratégie d'approvisionnement en énergies fossiles des centrales électrique algériennes perspectives et développements, thèse doctorat, Algérie, université de Batna -2-,12/07/2018, page 34.
- [18] Lakhdar Belhadji, Optimisation du contrôle commande d'un système hydraulique réversible à vitesse variable, thèse pour l'obtenir le grade de docteur de l'université de Grenoble, France, le 08/ 07/2013, page 20.
- [20] « Programme des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique », Ministère de l'énergie et des Mines, mars 2011.
- [21] D. Semmar, Chargé de Recherche Université Saad Dahleb Blida, Bulletin des Energies Renouvelables, N°5 Juin 2004, page14.
- [20] B. Sorensen, « Renewable Energy Its Physics, Engineering, Use, Environmental Impacts, Economy And Planning Aspects », Elsevier Academic Press, 2004.
- [22] F. Harouadi, Revue des énergies renouvelables Vol.10 N°2 181-190, Laboratoire de mécanique, Université8Mai45, Guelma, Algérie, 2007, page 183.
- [23] Stefan Breban, Etude du système de conversion électromécanique d'une microcentrale hydroélectrique à vitesse variable, France, thèse doctorat, le 12 décembre 2008, page17.
- [24] Chris Laughton, Eau chaude solaire, Livre, France « paris », 2012, page 9, 241.
- [25] Kiehne, H. A., Berndt, D., Fischer, W., Franke, H., König, W., Köthe, K. H.,Preuss, P., Sassmannshausen, G., Stahl, U.-C., Wehrle, E., Will, G., and Willmes, H. (2000). *Batterien: Grundlagen und Theorie aktueller technischerStand und Entwicklungstendenzen*, Expert Verlag, Renningen.
- [26] Reynaud Jean, Recherches d'optimums d'énergies pour charge/décharge d'une batterie à technologie avancée dédiée à des applications photovoltaïque, France, thèse doctorat de l'université de Toulouse, le 04 janvier 2011, page 52 ,53.
- [27] Moine Gérard, L'énergie solaire photovoltaïque (PV) : une filière compétitive en site isolé, avr-18.
- [28] Hughes de cherisey - Claude Roy-Jean Christophe Pouet, La valorisation de la biomasse, mars 2007, N°0701C0007.
- [29] ADEME, BRGM, La géothermie quelle technologie pour quels usages ?, France, 2e édition, 2008, page 26,28.
- [30] Jean-Pierre, La transition vers une économie de l'hydrogène : Infrastructures et changement technique, France, université de Grenoble ,12 mars 2010, page 71.
- [31] Gouvernement du Canada « Industrie de l'Hydrogène et pile à combustible »,2016.

- [32] Ali Akrem Amamou, Stratégie adaptative de démarrage à froid des véhicules à pile a combustible, France, université du Québec, octobre 2018, page 23.
- [33] Maxime Piffard, Conception d'observateurs pour la commande d'un système pile à combustible embarqué en vue d'optimiser performances et durabilité, France, Ecole doctorale N° 160 ,01/12.2017, page 8.

ملخص

في أطروحتنا هذه " الطاقات المتجددة" ، درسنا عموميات حول أنواع مختلفة من الطاقات المتجددة وخصائصها ، مثل طاقة الرياح، الكتلة الحيوية، الطاقة الهيدروليكية، الطاقة الحرارية الأرضية، والطاقة الشمسية، كما سلطنا الضوء على أهميتها ومزاياها، وقد ركزنا بشكل خاص حول أهم تطبيقات هذه البدائل المتجددة.

الكلمات المفتاحية: الطاقات المتجددة، طاقة الرياح ، الكتلة الحيوية ، الطاقة الهيدروليكية ، الطاقة الحرارية، الطاقة الشمسية.

Résumé

Dans notre mémoire, " Energies Renouvelables », nous avons étudié des généralités sur différents types d'énergies renouvelables et leurs caractéristiques, telles que l'énergie éolienne, la biomasse, l'énergie hydraulique, la géothermie et l'énergie solaire, et nous avons également mis en évidence leur importance et leurs avantages, et nous nous sommes concentrés sur en particulier sur les applications les plus importantes de ces alternatives renouvelables.

Les mots clés : Les énergies renouvelables, éolienne, biomasse, hydraulique, géothermie, solaire.

Abstract

In our work , "Renewable Energies", we studied generalities on different types of renewable energies and their characteristics, such as wind energy, biomass, hydropower, geothermal energy and solar energy, and we have also highlighted their importance and benefits, and we have focused in particular on the most important applications of these renewable alternatives.

The key words: Renewable energies, wind, biomass, hydraulic, geothermal, solar.