

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA-BOUMERDES



Faculté des Hydrocarbures et de la Chimie

## Mémoire de Magister

Présenté par

M<sup>lle</sup> CHABANI Zeyneb

Filière : Economie de l'énergie

Option : Gestion et planification de l'énergie

---

---

### La part des énergies renouvelables dans le bilan énergétique national à l'horizon 2030

---

---

**Devant le jury :**

Mr. OUCHENE Abderrazak

Mr. GUENDOUI Brahim

Mr. BOUHRI Abdelkader

Mr. AHMED OUAMAR Abdelmadjid

MCA . UMB.Boumerdes

Prof. UMMTO Tizi Ouzou

MCB . UMB.Boumerdes

Prof . UMB.Boumerdes

Président

Examineur

Examineur

Rapporteur

Année Universitaire : 2013/2014

# Remerciements

*Tout d'abord, je remercie le Dieu, notre créateur de nous avoir donné les forces, la volonté et le courage afin d'accomplir ce modeste travail.*

*J'adresse le grand remerciement à mon promoteur Mr Ahmed OUAMAR Abdelmadjid, pour ses conseils et ses dirigés du début à la fin de ce travail.*

*Mes vifs remerciements vont également à tous les enseignants du département Economie et Commercialisation des Hydrocarbures, qui ont contribué à notre formation.*

*Enfin, je tiens à exprimer ma profonde gratitude aux Personnels du ministère de l'énergie et des mines, de l'Institut Algérienne de Pétrole et Centre de Développement des Energies Renouvelables.*

# Dédicaces

*Je dédie ce mémoire:*

*A celle qui m'a donné la vie, le symbole de tendresse, qui s'est sacrifiée pour mon bonheur et ma réussite, à ma mère ...*

*A mon père, école de mon enfance, qui a été mon ombre durant toutes les années des études, et qui a veillé tout au long de ma vie à m'encourager, à me donner l'aide et à me protéger. Que dieu les gardes et les protège.*

*A mon fiancé Mohammed Rédha qui a été présent pour m'aider et m'encourager.*

*A celles qui m'ont toujours aidée, écoutée, soutenue et encouragée tout au long de mon parcours ; celles qui ont toujours été présentes pour moi, mes très chère sœurs Nawal et Asmaa.*

*A celui qui m'a toujours encouragée et soutenue, mon très cher frère Billal.*

*A ma belle Nihal.*

*A ma grand-mère pour sa douceur et sa gentillesse.*

*À tous mes chères amies et mes collègues de l'université et de travail.*

*À tous ceux qui de près ou de loin m'ont aidé à réaliser ce travail.*

# Sommaire

Remerciement.....	01
Dédicace.....	02
Sommaire.....	03
Liste des tableaux et des figures .....	06
Liste des abréviations .....	09
Introduction générale et problématique.....	11
<b>Partie 1 :L'énergie et ses sources .....</b>	<b>15</b>
Introduction de la première partie.....	16
<b>Chapitre 1 : l'énergie.....</b>	<b>17</b>
Introduction.....	17
1. La définition de l'énergie.....	17
2. L'homme et l'énergie à travers les âges.....	17
3. Les utilisations de l'énergie.....	19
4. Déterminant de la demande et de l'offre de l'énergie.....	20
5. Les axes d'un développement énergétique durable.....	22
6. Le réchauffement climatique.....	23
7. L'effet de serre .....	23
8. Les sources de l'énergie .....	25
Conclusion du chapitre .....	30
<b>Chapitre 02 : Les sources renouvelables de l'énergie.....</b>	<b>31</b>
Introduction.....	31
1. Définition des énergies renouvelables .....	31
2. Historique des énergies renouvelables .....	32
3. Les avantages les énergies renouvelables .....	32
4. Les différents types d'énergies renouvelables.....	34
Conclusion du chapitre .....	46
	<b>47</b>
<b>Partie 2 : La situation énergétique actuelle.....</b>	
Introduction de la deuxième partie .....	48
<b>Chapitre 3 : la situation énergétique mondiale actuelle .....</b>	<b>49</b>
Introduction .....	49
1. La domination des énergies fossiles .....	49
2. Le risque d'épuisement des réserves des énergies fossile .....	57
3. La flambée du cours du pétrole.....	57
4. Le réchauffement climatique .....	59
5. L'exploitation des énergies non conventionnelles .....	61
6. Les tensions géopolitiques .....	62
7. Le développement des énergies renouvelables .....	62
Conclusion du chapitre: .....	72

<b>Chapitre 4 : La situation énergétique actuelle de l'Algérie .....</b>	<b>73</b>
Introduction .....	73
1. La problématique du réchauffement climatique .....	73
2. Une forte consommation énergétique intérieure .....	74
3. Le risque d'épuisement des réserves fossiles.....	79
4. Une forte augmentation de la production des énergies fossiles:.....	80
5. Forte dépendance à l'égard des exportations d'hydrocarbures .....	83
6. L'économie Algérienne est plus rentière que productive.....	85
7. Le Gaz de schiste en Algérie (ressource non conventionnelle) .....	86
8. La menace des concurrents et les énergies de substitutions.....	87
9. Une part infime des énergies renouvelables dans le bilan énergétique actuel.....	88
Conclusion du chapitre .....	93

### **Partie 3: L'expérience de l'Espagne et du Maroc dans le domaine des énergies renouvelables..... 94**

Introduction de la troisième partie. ....	95
---	----

#### **Chapitre 5 : L'expérience espagnole..... 96**

Introduction .....	96
1. Le cadre général des énergies renouvelables en Espagne.....	96
2. Le CO2, un nouvel outil de financement des énergies renouvelables .....	101
3. Les problèmes de la politique énergétique espagnole .....	101
4. Les investissements dans les énergies renouvelables .....	102
5. Les énergies renouvelables et le futur .....	103
6. Les énergies renouvelables en Espagne .....	105
Conclusion du chapitre .....	115

#### **Chapitre 6: L'expérience marocaine. .... 116**

Introduction .....	116
1. Les caractéristiques du secteur énergétique marocain en 2011 .....	116
2. Les acquis des réformes engagées depuis 1990 .....	118
3. La nouvelle stratégie énergétique .....	118
4. Les objectifs et Les orientations stratégiques .....	120
5. Les plans d'actions dans le domaine des énergies renouvelables .....	121
6. Les Mesures prises pour réussir la nouvelle stratégie énergétique .....	126
7. Le bilan 2009-2011 et le GREEN NEW DEAL 2012-2020 .....	128
Conclusion du chapitre .....	129

### **Partie 4 : La part des énergies renouvelables dans le bilan énergétique national à l'horizon 2030..... 130**

Introduction de la quatrième partie.....	131
--	-----

#### **Chapitre 7 : Les perspectives énergétiques à l'horizon 2030..... 132**

Introduction .....	132
1. Les perspectives énergétiques mondiales à l'horizon 2030.....	133
2. Prévision de la demande énergétique de l'Algérie à l'horizon 2030 .....	<b>140</b>
Conclusion du chapitre .....	145

<b>Chapitre 8 : La part des énergies renouvelables dans le bilan énergétique national à l'horizon 2030 .....</b>	<b>146</b>
Introduction.....	146
1. La nécessité de développer les énergies renouvelables en Algérie .....	147
2. L'objectif de la stratégie de développement des énergies renouvelables en Algérie .....	158
3. Les axes de la politique nationale de promotion des énergies renouvelable .....	159
4. Les organismes spécialisés dans le domaine des énergies renouvelable en Algérie.....	159
5. La politique nationale de promotion et de développement des énergies renouvelables .....	160
6. Le programme des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique .....	162
7. Analyse du programme : .....	172
8. Les principales barrières au développement des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique, recommandations et suggestions .....	174
Conclusion générale.....	187
Bibliographie.....	191
Table de matière .....	196
Résumé	

## Liste des tableaux et figures

### Liste des tableaux :

Tableau N° 01	Evolution de la consommation énergétique de l'homme de la préhistoire à nos jours.....	18
Tableau N° 02	Emissions de CO <sub>2</sub> en tonne par MWh produit.....	24
Tableau N° 03	La production mondiale d'énergie primaire en 2010 en millions de tep (Mtep) .....	52
Tableau N° 04	La consommation d'énergie par habitant en 2010, en tep .....	55
Tableau N° 05	La capacité totale a la fin 2011 .....	64
Tableau N° 06	Le bilan des émissions par secteur.....	73
Tableau N° 07	La consommation d'énergie par habitant.....	74
Tableau N° 08	La consommation de carburants fossiles en Algérie.....	78
Tableau N° 09	Les importations des carburants en Algérie.....	79
Tableau N° 10	Les réserves de gaz naturel de l'Algérie.....	80
Tableau N° 11	L'évolution de la puissance installée de production d'électricité .....	82
Tableau N° 12	Les exportations gazières de l'Algérie.....	84
Tableau N° 13	Production électrique en Algérie par source.....	89
Tableau N° 14	Comparatif entre objectif du PER et résultats 2010.....	99
Tableau N° 15	Le potentiel des sources d'énergies renouvelables en Espagne, pour la génération d'électricité	103
Tableau N°16	Les objectifs de consommation de biocarburant dans les transports en Espagne .....	113
Tableau N° 17	La capacité électrique existante.....	119
Tableau N° 18	Evolution de la puissance électrique installée par source à l'horizon 2020.....	122
Tableau N° 19	Perspectives d'exportation de gaz naturel vers l'Europe.....	143
Tableau N° 20	Parc de production hydroélectrique en Algérie.....	148
Tableau N° 21	Consistance du cheptel en Algérie (année 1999).....	149
Tableau N° 22	La température des sources thermiques.....	151
Tableau N° 23	Les prévisions des puissances à installer par type d'énergie durant la période 2016 – 2021.	167
Tableau N° 24	Les prévisions des puissances à installer par type d'énergie durant la période 2022 - 2030	167
Tableau N° 25	Projet d'électrification solaire de 16 villages.....	170
Tableau N° 27	La situation actuelle et solutions en matière d'efficacité énergétique.....	184

### Liste des figures

Figure N°01	Coûts des énergies renouvelables.....	34
Figure N°02	Principe général des technologies solaires thermodynamiques.....	38
Figure N°03	Les quatre principales technologies de centrales solaires thermodynamiques.....	39
Figure N°04	Principe des technologies solaires photovoltaïques.....	40
Figure N°05	Répartition des réserves de combustibles fossiles dans le monde (Gtep) .....	50
Figure N°06	Répartition mondiale des réserves récupérables de charbon, fin 2010 .....	50
Figure N°07	Les réserves pétrolières mondiales 2012 .....	51
Figure N°08	Les réserves mondiales de gaz .....	51
Figure N°09	La production mondiale de charbon .....	53
Figure N°10	Evolution de la consommation d'énergie primaire (en millions de tep) par source	54
Figure N°11	La cotation moyenne annuelle du Brent daté exprimées en dollars et en Euros .....	58
Figure N°12	Les objectifs de réduction de CO <sub>2</sub> en 2020 .....	61
Figure N°13	La part des énergies renouvelables dans la consommation énergétique mondiale finale en 2010 .....	63
Figure N°14	La part estimée des énergies renouvelables dans la production électrique mondiale en 2011 .....	63

Figure N°15	La capacité électrique basée sur les énergies renouvelables des sept pays de tête en 2011 .....	66
Figure N°16	La capacité mondiale totale de l'énergie éolienne en 1996-2011 .....	67
Figure N°17	La capacité de l'énergie éolienne des dix pays de tête en 2011 .....	67
Figure N°18	La capacité mondiale totale du photovoltaïque solaire en 1995-2011 .....	68
Figure N°19	La capacité opérationnelle du photovoltaïque solaire pour les 10 pays de tête en 2011 .....	68
Figure N°20	La capacité mondiale totale du chauffage solaire pour les 12 pays de tête en 2010 .....	69
Figure N°21	La capacité mondiale totale de l'énergie héliothermique à concentration en 1984-2011 .....	69
Figure N°22	La production d'éthanol et de biodiesel en 2000-2011 .....	70
Figure N°23	La capacité hydroélectrique mondiale totale pour les cinq pays de tête en 2011 .....	72
Figure N°24	L'évolution temporelle du CO <sub>2</sub> à la station Assekrem (Tamanrasset) .....	74
Figure N°25	La consommation d'énergie finale par secteur d'activité.....	75
Figure N°26	La consommation nationale d'électricité.....	76
Figure N°27	La production électrique par type d'équipement .....	82
Figure N°28	Les exportations algériennes de pétrole.....	84
Figure N°29	La répartition sectorielle du PIB en 2011.....	85
Figure N°30	Les réserves de gaz de schiste dans le monde.....	86
Figure N°31	La part des énergies renouvelables et fossiles dans la production d'électricité dans quatre pays de l'Afrique du nord (2008) .....	89
Figure N°32	La part des énergies renouvelables dans le bilan électrique nationale- 2011.....	90
Figure N°33	La structure de la production électrique d'origine renouvelable - 2011.....	91
Figure N°34	Le taux de croissance annuel moyen 2001-2011.....	91
Figure N°35	L'intensité d'énergie primaire.....	96
Figure N°36	La dépendance énergétique UE27 2007/2008.....	97
Figure N°37	La consommation d'énergie primaire en 2010.....	98
Figure N°38	La production brute d'électricité 2010.....	99
Figure N°39	La production nationale d'énergie en Espagne.....	100
Figure N°40	Les émissions de gaz à effet de serre entre 1990 et 2009 en Espagne.....	100
Figure N°41	L'évaluation du taux d'auto-provisionnement.....	104
Figure N°42	L'évolution de la génération d'énergie électrique à partir d'énergie renouvelable .....	105
Figure N°43	Les résultats 2010 du secteur solaire thermique .....	108
Figure N°44	Le bilan 2010 du secteur photovoltaïque - puissance cumulée et annuelle installée .....	110
Figure N°45	Comparaison de la tendance actuelle avec les objectifs du livre blanc pour la production de chaleur géothermique .....	111
Figure N°46	L'évolution de la consommation d'énergie primaire au Maroc.....	116
Figure N°47	La facture énergétique au Maroc.....	117
Figure N°48	La puissance à installer à l'horizon 2030.....	119
Figure N°49	Le Maroc, point focal de l'électricité régionale.....	125
Figure N°50	Prospective de la demande mondiale en énergie primaire selon le scénario des politiques actuelle	138
Figure N°51	Prospective de la demande mondiale en énergie primaire par type d'énergie.....80	139
Figure N°52	Le potentiel de réduction des émissions mondiales de CO <sub>2</sub> par type de mesures .....	139
Figure N°53	L'évolution de la consommation finale par secteur l'horizon 2030.....	141
Figure N°54	L'évolution de la consommation finale par produit à l'horizon 2030.....	142
Figure N°55	L'évolution des émissions des GES par secteurs d'activité à l'horizon 2030.....	144
Figure N°56	La carte de température des sources géothermiques.....	149

Figure N°57	La carte de potentiel éolien en Algérie.....	150
Figure N°58	La carte mondiale de l'ensoleillement annuelle.....	151
Figure N°59	La boucle électrique euro-méditerranéenne .....	154
Figure N°60	Le schéma d'une infrastructure possible pour un approvisionnement électrique durable en EU-MENA	155
Figure N°61	La carte de température des sources thermiques.....	156
Figure N°62	Perspectives d'évolution des coûts d'investissement des filières d'énergies renouvelables.....	158
Figure N°63	Pénétration des énergies renouvelables dans la production nationale.....	164
Figure N°64	La structure du parc de production nationale .....	165
Figure N°65	Lieux d'implantation de quelques projets.....	169
Figure N°66	Les tarifs de rachat pour les usagers.....	180

## Liste des abréviations

<b>CDER</b>	: Centre de Développement des Energies Renouvelables (Algérie)
<b>CDER</b>	: Centre de Développement des Energies Renouvelables (Maroc) devenu ADEREE
<b>CES</b>	: Chauffe-Eau Solaire
<b>CSP</b>	: Concentrated Solar Power
<b>ER</b>	: Energie Renouvelable
<b>ENR</b>	: Energie Renouvelable
<b>GES</b>	: Gaz à Effet de Serre
<b>GN</b>	Gaz Naturel
<b>GNL</b>	: Gaz Naturel Liquéfié
<b>GPL</b>	: Gaz de Pétrole Liquéfié
<b>GPLC</b>	Gaz Naturel Liquéfié Carburant
<b>GNC</b>	gaz naturel comprimé
<b>MASEN</b>	: Moroccan Agency for Solar Energy
<b>MENA</b>	: Middle East and North Africa
<b>PIB</b>	: Produit Intérieur Brut
<b>PNUD</b>	: Programme des Nations Unies pour le Développement
<b>R&amp;D</b>	: Recherche et Développement
<b>CIP</b>	: Crédits d'impôts à la production
<b>DFID</b>	: Department for International Development
<b>WEO</b>	: World energy, technology and climate policy outlook
<b>AIE</b>	: Agence Internationale de l'Energie
<b>ANDI</b>	: Agence Nationale du Développement et de l'Investissement
<b>ONS</b>	: Office National des Statistiques
<b>APRUE</b>	: Agence Nationale pour la Promotion et Rationalisation de l'utilisation de l'énergie
<b>IANOR</b>	: Institut Algérien de Normalisation
<b>CDTA</b>	: Centre de Développement des Technologies Avancées
<b>UDTS</b>	: Unité de Développement de la Technologie du Silicium
<b>UDES</b>	: Unité de Développement des Equipements Solaires
<b>URERMS</b>	: Unité de recherche en Energies Renouvelables en Milieu Saharien
<b>URAER</b>	: Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables
<b>ANDRU</b>	: Agence Nationale de Développement et de Recherche Universitaire
<b>ANVREDET</b>	: Nationale de Valorisation des Résultats de la Recherche et du dével. Tech.
<b>MITYC</b>	Ministère de l'Industrie, du Tourisme et du Commerce espagnol
<b>PANER</b>	Plan d'Actions Energies Renouvelables
<b>MEDEREC</b>	: Mediterranean Renewable Energy Center
<b>MENA</b>	: Middle East and North Africa
<b>FMI</b>	: Fonds Monétaire International
<b>PSM</b>	: Plan Solaire Méditerranéen
<b>PV</b>	: Photovoltaïque
<b>PER</b>	: Le Plan des Energies Renouvelables
<b>EPI</b>	: Earth Policy Institute
<b>IGCE</b>	: Industries Grosses Consommatrices d'Energie
<b>WEC</b>	: World Energy Council

<b>OPEP</b>	: L'Organisation des pays Exportateurs de Pétrole
<b>AFP</b>	: l'Agence France-Presse
<b>CCNUCC</b>	: La Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques
<b>CNOOC</b>	: Chinese National Off-Shore Oil Company
<b>IRESEN</b>	: L'Institut de Recherche en Energie Solaire et Energies Nouvelles au Maroc
<b>IDAE</b>	: Instituto para la Diversificacion y Ahorro de la Energía
<b>CEI</b>	: Communauté des États indépendants
<b>FNME</b>	: Fonds National de Maitrise de l'Energie
<b>TVA</b>	: La Taxe sur la Valeur Ajoutée
<b>LFC</b>	: Loi de Finances Complémentaire
<b>OCDE</b>	: Organisation de Cooperation et de Developpement Economiques
<b>CO<sub>2</sub></b>	: Dioxyde de carbone
<b>CO</b>	: Oxyde de carbone
<b>SO<sub>2</sub></b>	: Dioxyde de soufre
<b>COV</b>	: Des composés organiques volatils
<b>UE</b>	: Union Européen
<b>CFC</b>	: Aérosols
<b>HAP</b>	: Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques
<b>ADEME</b>	: Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie
<b>UpM</b>	: Union pour la Méditerranée
<b>HFC</b>	: Les Hydro Fluoro Carbones
<b>GIEC</b>	: Groupe Intergouvernemental d'experts sur l'Evolution du Climat
<b>BP</b>	: British Petroleum
<b>DII</b>	: Desertec Industrial Initiative

## Unités physiques

<b>GW</b>	: Gigawatt
<b>GWh</b>	: GigaWatt-heure
<b>Gt</b>	: GIGA tonne
<b>Ktep</b>	: Tilo tonnes équivalent pétrole
<b>KWc</b>	: Kilowatt crête
<b>KWh</b>	: Kilowatt-heure
<b>m<sup>2</sup></b>	: Mètre carré
<b>m<sup>3</sup></b>	: Mètre cube
<b>Mtep</b>	: Million tonnes équivalent pétrole
<b>MW</b>	: MégaWatt
<b>Tep</b>	: Tonnes équivalent pétrole
<b>TWh</b>	: TéraWatt-heure
<b>°C</b>	: degrés Celsius
<b>Mb/j</b>	: Baril par jour : Million de baril par jour
<b>Kcal/jour</b>	: Kilo calorie par jour



# Introduction générale et problématique

Du fait des changements importants qui se sont produits durant ces dernières décennies, le contexte énergétique mondial connaît aujourd'hui de grandes mutations, il appelle à une redéfinition des besoins et des modes de consommation, car les risques d'épuisement des ressources non renouvelables tels que le pétrole, le gaz naturel et le charbon largement exploités sont en voie de disparition, faute de nouvelles découvertes. Le réchauffement climatique et les catastrophes nucléaires, font apparaître clairement que le modèle énergétique actuel n'est pas durable. Il est donc nécessaire d'engager une transition vers un modèle qui serait plus durable pour les besoins des générations présentes et futures.

Les énergies renouvelables constituent à cet effet l'alternative où le potentiel est important mais largement sous exploité. Comme pays méditerranéen, l'Algérie dispose encore de grandes ressources en énergies fossiles, mais également un potentiel important en énergies renouvelables : énergie solaire, géothermie, biomasse, énergie éolienne et électricité hydraulique, ce potentiel techniquement exploitable est considérable,

La tendance en Algérie vers une forte urbanisation et la volonté d'atteindre des taux de croissance élevés, imposés par un accroissement démographique important, augmentera la population algérienne qui sera de l'ordre de 45 millions d'habitants en 2030 selon les estimations, ce qui impliquera pour les prochaines années un niveau élevé de demande d'énergie, particulièrement pour l'électricité. Par ailleurs, la pression environnementale mondiale sur le champ économique et social, exercée à travers les conventions internationales, les normes et les directives contraignantes, particulièrement dans le domaine des énergies fossiles, incite à l'utilisation des énergies renouvelables.

Une utilisation massive des énergies renouvelables peut être envisagée en Algérie, car la part de ces énergies dans le bilan énergétique national est encore très faible et devra augmenter substantiellement à l'avenir avec la mise en place du programme national des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique. Une stratégie est axée sur la mise en valeur des ressources inépuisables et leur utilisation pour diversifier les sources d'énergie et préparer l'Algérie de demain. Cet ambitieux programme prévoit d'installer une puissance

## Introduction générale et problématique

---

d'origine renouvelable de près de 22 000 MW d'ici 2030 dont 10 000 MW dédiés à l'exportation. Les énergies renouvelables se placent au cœur de la politique de développement de la production nationale. Environ 40% de la production d'électricité destinée à la consommation nationale sera d'origine renouvelable à l'horizon de 2030.

A partir de ce sujet nous avons eu une occasion propice d'approfondir l'étude dans le domaine des énergies renouvelables, mais avant de rentrer dans ce vaste monde, il a fallu justifier notre choix de sujet traité qui a été motivé par :

- Une industrie des énergies renouvelables en forte émergence avec des prévisions à la baisse des coûts de production, les énergies renouvelables constituent à cet effet une réelle opportunité pour répondre à une partie de nos besoins énergétiques dans le respect d'impératifs environnementaux, sociaux, économiques, stratégiques.
- Une situation énergétique actuelle dominée par les combustibles fossiles dont les réserves sont épuisables, elles contribuent aux réchauffements climatiques sans oublier l'instabilité politique des pays producteurs
- Un fort développement des énergies renouvelables dans le monde et chez nos voisins
- Des études prévisionnelles de la situation énergétique nationale et mondiale à l'horizon 2030 nous obligent de modifier notre système énergétique actuel, de passer à un modèle énergétique plus durable
- Le lancement d'un programme de développement des énergies renouvelables par les autorités publiques algériennes axées notamment sur l'énergie solaire et éolienne.

La présente étude a pour objectif d'analyser la part des énergies renouvelables dans le bilan énergétique national à l'horizon 2030 à travers une étude critique du programme des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique lancé par le ministère de l'énergie et des mines et qui a pour objectif d'avoir 40% du bilan énergétique électrique d'origine renouvelable. Pour réaliser cette étude, nous aborderons avec détail, les points sus cités qui vont servir comme un outil d'analyse afin de répondre aux questions suivantes :

- Après l'analyse de la situation énergétique nationale et mondiale, actuelle et à l'horizon 2030, est-ce que l'Algérie est dans l'obligation de passer vers un nouveau modèle énergétique ?
- Quelles sources d'énergie pouvons-nous choisir, les énergies non conventionnelles (gaz de schiste et sables bitumineux) ou bien les énergies renouvelables ?

## Introduction générale et problématique

---

- Pour quoi l'Algérie accuse un grand retard par rapport à ses voisins en matière de développement des énergies renouvelables ?
- Est-ce que la stratégie de développement des énergies renouvelables adoptée par l'Algérie à travers la mise en place du programme des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique sera capable de répondre à nos besoins futurs d'énergie ?

Notre projet se compose de quatre parties essentielles réparties comme suit :

- La première partie sera consacrée à l'énergie et ses ressources, elle sera divisée en deux chapitres :
  - Le premier chapitre précise l'importance de l'énergie dans notre vie avec une présentation de ces différentes sources ;
  - Le deuxième chapitre sera consacré qu'aux énergies renouvelables, dérivées d'un approvisionnement naturellement et continuellement renouvelé, nous montrons ces différentes sources et ces techniques de conversion.
- La deuxième partie aura pour objet l'analyse de la situation énergétique actuelle mondiale et algérienne, elle nous permettra d'avoir une vision claire et détaillée sur la place et le rôle de l'Algérie dans la scène énergétique mondiale et définir les faiblesses du système énergétique actuel. Cette partie sera divisée en deux principaux chapitres :
  - Le troisième chapitre s'intéresse à la situation énergétique mondiale actuelle avec la présentation du bilan de consommation et de production de l'énergie, de gaz à effet de serre, de la part des énergies renouvelable ainsi que les facteurs qui influent sur l'offre énergétique actuelle.
  - Le quatrième chapitre présente la situation énergétique algérienne actuelle ; il reprend les mêmes points cités dans le chapitre précédent.
- La troisième partie présente l'expérience de l'Espagne et du Maroc dans le domaine des énergies renouvelables elle va nous servir comme un outil d'analyse du programme national des énergies renouvelables, deux chapitres sont mis en place, à savoir :
  - Le cinquième chapitre présente l'expérience espagnole dans le domaine des énergies renouvelables, sa stratégie de développement de ces énergies, les lois et les programmes misent en place pour augmenter leur part dans le bilan énergétique présent et futur.

## Introduction générale et problématique

---

- Le sixième chapitre suit les mêmes points du chapitre précédent, mais dans le pays du Maroc.
- La dernière partie s'intéresse aux perspectives énergétique à l'horizon 2030, elle nous amènera aussi à répondre à la problématique de notre étude : quelle est la part des énergies renouvelables dans le bilan énergétique à l'horizon 2030 ; pour faire, deux chapitres ont été établis :
- Le septième chapitre sera consacré aux perspectives de la demande énergétique, changement climatique et réserves énergétiques dans le monde et en Algérie à l'horizon 2030 (nous supposons la poursuite des tendances en cours ou la consommation énergétique et les exportations évoluent selon le rythme actuel)
  - Le huitième chapitre est une analyse et critique du programme des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique mise en place par le ministère de l'énergie et des mines, nous constatons les faiblesses de cette stratégie énergétique et nous suggérons des solutions.

---

# Partie 1

## L'énergie et ses sources

---

Chapitre 1 : L'énergie

Chapitre 2 : Les sources renouvelables de l'énergie

## **Introduction de la première partie :**

L'Homme a toujours été animé par la volonté d'utiliser toutes les ressources de la nature pour rendre sa vie plus facile ou plus agréable. Pour répondre à leurs besoins les hommes ont mobilisé des quantités croissantes d'énergie. S'adapter au climat, faire cuire ses aliments et utiliser des combustibles pour se chauffer fait partie des besoins énergétiques des humains depuis l'origine de l'humanité. C'est longtemps le bois qui a servi de combustible avant que ne fussent découverts des énergies fossiles (le charbon, le pétrole et le gaz) et les énergies renouvelables non traditionnelles.

Dans cette partie, nous consacrons notre étude à l'énergie et ses ressources, elle sera divisée en deux chapitres : Le premier chapitre précise l'importance de l'énergie dans notre vie avec une présentation de ces différentes sources et le deuxième chapitre sera consacré qu'aux énergies renouvelables, dérivée d'un approvisionnement naturellement et continuellement renouvelé, nous montrons ces différentes sources et ces techniques de conversion.

# Chapitre 1 : L'énergie

## Introduction

L'énergie est essentielle pour améliorer la qualité de la vie et ouvrir des perspectives dans les pays développés et en développement, c'est pourquoi nos pays et l'humanité tout entière doivent relever le défi qui consiste à garantir un approvisionnement énergétique suffisant, fiable et respectueux de l'environnement à un prix reflétant les paramètres fondamentaux du marché.

L'économie et la société consomment de l'énergie sous différentes formes, dont l'intensité et la qualité dépendent de l'usage des différents vecteurs énergétiques primaires ou secondaires, L'énergie est donc un facteur essentiel du développement de l'activité humaine, et sa disponibilité revêt un caractère stratégique.

Nous nous intéresserons dans ce chapitre à la définition de l'énergie, son rôle important dans la vie humaine, ces différentes sources et formes d'utilisations, et sa part primordiale dans le développement économique des pays. Ainsi, nous présentons les axes d'un développement énergétique durable et à la fin, nous aborderons le phénomène du réchauffement climatique, ces symptômes, les gaz à effet de serre et ces effets sur notre planète.

## 1. La définition de l'énergie

L'énergie est le moteur de tous les phénomènes naturels : la croissance des plantes, le vent, les courants des rivières, les vagues, la chute d'objets... En physique, on la définit comme la capacité d'un système à produire un travail. Elle se présente sous de multiples facettes (thermique, cinétique, électrique...), et l'une de ses propriétés majeures est de pouvoir être convertie d'une forme en une autre [1].

## 2. L'homme et l'énergie à travers les âges

La seule source dont disposait l'homme primitif était sa nourriture où il consomme environ 200 Kcal/jour, soit environ 66 Kg de pétrole par an ou 100 Kg de charbon.

Il y a environ 10 000 ans, l'homme après la maîtrise du feu, avait plus d'aliments et brûlait du bois pour se chauffer et cuisiner ; il consommait environ 5000 Kcal/jour [2].

Par contre au moyen âge, l'homme utilisait déjà le charbon pour se chauffer, l'énergie hydraulique, éolienne et l'énergie animale pour le transport ; sa consommation d'énergie était double de la précédente soit 24 000 Kcal/jour.

Avec la révolution industrielle, l'homme consommait en moyenne 70 000 Kcal/jour. Dont environ 10% pour sa nourriture, 10% pour le transport, 50% pour le domestique et le tertiaire (chauffage...) et 30% pour l'industrie et l'agriculture.

La société technique se représente vers les années 70, l'énergie était disponible à l'échelle de l'unité individuelle. Le taux de croissance de la consommation d'énergie par habitant aux Etats-Unis par exemple avait atteint 230 000 Kcal /jour /habitant.

Donc la plus grande partie de cette énergie était consommée sous forme d'électricité. Les valeurs de la consommation d'énergie de l'homme à travers les âges sont indiquées dans le tableau N° 1 suivant :

**Tableau N° 1 : Evolution de la consommation énergétique de l'homme de la préhistoire à nos jours**

Consommation individuelle exprimée en [10 <sup>3</sup> Kcal/j ]	Alimentation, domestique et unitaire		Industrie et agriculture	transport	total
	unitaire	domestique			
1- Homme primitif (-1million d'années)	2	-	-	-	2
2- chasseurs (- 100 000 ans)	3	2	-	-	5
3-Agriculteur primitifs (- 7000 ans)	4	4	4	-	12
4-Agriculteur évolué (+ 1400 ans)	6	12	7	1	26
5- Hommes industriels (+ 1870 ans)	7	32	24	14	77
6-Homme technologique (Etat Unis)(+ 1970 ans)	10	66	91	63	230

Source : Docteur CHITOUR.Ch.E, 1994

La remarque qu'on peut faire est que ces consommations énergétiques ont évolué au cours des âges, surtout dans les secteurs autre que l'alimentation [2]

### 3. Les utilisations de l'énergie

#### 3.1.L'industrie

Les usages de l'énergie dans l'industrie comprennent [3]:

- Les usages thermiques à basse (jusqu'à 100° C) et moyenne température (de 100 à 300°C) : chauffage des locaux, séchage des produits, vapeur pour les industries papetière, alimentaire, textile ;
- Les usages thermiques à haute température (au-dessus de 300°C) : fusion des métaux, fabrication du verre, du ciment ;
- Les usages mécaniques ou force motrice fixe ou mobile : broyage des minerais, usinage des pièces métalliques, transport des produits (à l'intérieur des usines) ;
- Les usages spécifiques de l'électricité : électrolyse, froid...

Les différentes branches de l'industrie ont des consommations d'énergie très différentes par rapport à la quantité des produits ou à la valeur ajoutée de l'entreprise. Les Industries Grosses Consommatrices d'Énergie » (IGCE) absorbent environ 70% de la consommation totale du secteur : sidérurgie, métaux non ferreux, matériaux de construction, verre, chimie, papier-carton.

#### 3.2.Le transport

Les usages de l'énergie dans ce secteur sont de la force motrice mobile. Sur les 1,7 milliards de tep consommés dans le monde par ce secteur, 98% sont des produits pétroliers : essence et gasoil pour les véhicules routiers, certains navires et locomotives, le kérosène pour les avions à réaction, le fuel pour la plupart des navires. Les usages hors du pétrole sont quelques locomotives à vapeur alimentées au charbon (ou même au bois), les locomotives électrifiées, les métros, tramways, trolleybus, quelques véhicules routiers alimentés au gaz naturel ou à l'alcool.

Les transports routiers de marchandises et de personnes ont des consommations par tonne.km ou par passager.km beaucoup plus élevées que les transports ferroviaires (ou fluviaux pour les marchandises). Dans les transports urbains, la voiture individuelle consomme trois à quatre fois plus d'énergie par passager que le bus ou le métro pour un trajet identique. Pour des niveaux de vie comparables, la part des divers modes de transport est donc

un facteur explicatif important de la consommation d'énergie d'un pays et des nuisances qui lui sont attachées.

### **3.3. Le résidentiel, le tertiaire et l'agriculture**

Au niveau mondial, ce secteur est le premier consommateur d'énergies commerciales et il absorbe également la quasi-totalité du milliard de tep d'énergies traditionnelles (seules ressources des populations les plus pauvres) [3].

Le résidentiel correspond à l'ensemble de l'habitat individuel ou collectif. Le tertiaire regroupe les activités de service : écoles, bureaux, commerces, hôtels... L'agriculture comprend la consommation d'énergie des engins agricoles et des bâtiments d'élevage (il est parfois difficile de distinguer les consommations liées à l'agriculture et celles du milieu rural en général). La part de l'agriculture dans la consommation de l'ensemble de ce secteur est faible.

La répartition des usages énergétiques dans le résidentiel et tertiaire peut être estimée à 80% d'usages thermiques (chauffage, eau chaude, cuisson) et 20% d'usages spécifiques de l'électricité (éclairage, électroménager, audiovisuel).

Les besoins thermiques peuvent être satisfaits soit par la biomasse (sous forme traditionnelle ou sous forme moderne comme les chaudières à bois alimentant des réseaux de chaleur) soit par les combustibles fossiles (fuel, gaz, charbon).

## **4. Les déterminants de la demande et de l'offre de l'énergie [4].**

### **4.1. La richesse**

La richesse est l'élément déterminant de la consommation d'énergie. En moyenne, chaque citoyen des Etats-Unis dispose d'un revenu de 35 000\$ par an (produit national brut par tête). Ce revenu est 70 fois plus élevé que celui d'un Sénégalais (environ 500 \$ par an). De même, la consommation annuelle d'énergie d'un américain (8 tonnes équivalent pétrole) est 70 fois supérieure d'un sénégalais

Si l'on analyse le rapport entre consommation d'énergie et revenu, on peut identifier en particulier trois groupes de pays : les grands pays producteurs hors OCDE (Moyen Orient et Russie), avec une consommation d'énergie très élevée compte tenu de leur revenu : ils consomment beaucoup car l'énergie est bon marché ; les pays OCDE riches en énergie (Etats-

Unis, Canada, Norvège, Australe et Finlande) dont le revenu par tête est très supérieur au groupe précédent et la consommation est relativement élevée, ils se sont développés en partie grâce à leur ressources en pétrole, gaz, charbon ou électricité sans chercher à optimiser leur consommation énergétique ; enfin, les grands pays européens et le Japon qui, malgré un revenu par habitant élevé, contrôlent leur consommation d'énergie pour limiter les importations.

La consommation d'énergie croît très rapidement avec le revenu lorsque celui-ci est faible ou modéré, aussi longtemps que le pays se situe dans une phase d'industrialisation. Puis la consommation d'énergie augmente moins vite que le revenu lorsque s'accroît la part des services dans l'économie. On observe ainsi dans les pays développés un rapport entre croissance de la demande d'électricité et croissance économique de l'ordre de 0,6 et 1 alors que ce même rapport se situe aux alentours de 1,5 pour les pays en développement.

Pour des niveaux de revenus élevés, la consommation d'énergie n'augmente plus que très lentement car le taux d'équipement des ménages est proche de la saturation. Ainsi le nombre de véhicules automobiles se stabilise entre une et deux voitures pour deux habitants, le nombre d'appareils de chauffage et d'appareils ménagers par ménage n'augmente plus dans les pays les plus riches. Au total, la consommation d'énergie se contente de suivre le rythme très lent d'accroissement de la population.

## **4.2. La population :**

La population est bien entendu un facteur clé dans la consommation d'énergie : plus la population est nombreuse, plus la consommation d'énergie sera importante. Nous constatons que la consommation d'énergie par habitant au niveau 1,5 tonne d'équivalent pétrole par habitant par an, cette stabilité au niveau mondial s'explique par l'augmentation massive des populations dans les régions à faible consommation par tête.

## **4.3. Les prix :**

Les prix jouent également un rôle majeur, plus que le prix est bas plus la consommation est élevée et inversement. Ainsi, la consommation d'essence automobile aux États-Unis est elle quatre fois plus élevée qu'en Europe, alors même que la population européenne est supérieure. L'explication est simple : le prix de l'essence à la pompe en Europe se rapproche de 1,5 € par litre (donc près de 2\$ - chiffre 2006) alors qu'aux États-Unis le même litre coûte moins de 1\$. Ceci tient essentiellement aux taxes. Le prix hors taxes du litre

d'essence, aux Etats-Unis, en Europe, ou ailleurs, ne dépasse guère 50 cents, mais les taxes multiplient ce prix par plus de trois en Europe, par moins de deux au Etats-Unis.

#### **4.4. L'ouverture à l'échange :**

La mondialisation actuellement à l'œuvre contribue à alimenter la demande d'énergie. La baisse des barrières commerciales et la spécialisation des tâches stimulent les échanges et la production globale. L'accroissement des échanges signifie un accroissement des besoins de transport, donc des besoins d'énergie.

#### **4.5. La technologie :**

La relation entre technologie, demande et offre d'énergie est complexe. Les progrès technologiques permettent l'exploitation, le transport, le traitement et la commercialisation de quantités additionnelles d'énergie. Le progrès technologique dans le secteur pétrolier a permis d'accéder à des gisements de plus en plus complexes, souvent de plus en plus petits et en offshore à des profondeurs très accrues.

### **5. Les axes d'un développement énergétique durable**

#### **5.1. La sécurité énergétique**

Revient, pour les importateurs et pour les exportateurs nets d'énergie, à gérer avec efficacité les approvisionnements en énergie primaire d'origine domestique ou externe, à veiller à la fiabilité des infrastructures énergétiques et à la capacité des entreprises du secteur énergétique à satisfaire la demande, actuelle et future ; les pays exportateurs nets doivent aussi être capables de maintenir le niveau des revenus issus des ventes à l'étranger.

#### **5.2. La justice sociale**

Implique de veiller à ce que l'ensemble des populations ait accès à l'énergie, à un coût abordable.

#### **5.3. L'atténuation des impacts sur l'environnement**

Suppose l'amélioration de l'efficacité énergétique, du côté de l'offre et de la demande, et le développement de la production à partir de sources d'énergie renouvelables ou faiblement carbonées.

## 6. Le réchauffement climatique

Le réchauffement climatique fait partie des défis environnementaux, sociaux et économiques les plus importants que l'humanité doit affronter. L'effet de serre est un phénomène naturel important pour la survie de la planète. Il permet d'avoir une température moyenne sur Terre de 15° C contre -18°C si cet effet n'existait pas.

Cependant les concentrations atmosphériques de gaz à effet de serre ont augmenté depuis l'époque préindustrielle en raison des activités humaines, principalement la combustion des combustibles fossiles et les changements d'affectation des terres et de la couverture terrestre. Des mesures d'adaptation aux changements climatiques doivent être adoptées pour promouvoir la conservation et l'utilisation durable de la diversité biologique et diminuer les incidences des changements climatiques et des extrêmes climatiques sur la diversité biologique [5].

Au cours de ces dernières décennies, différents symptômes du changement climatique ont déjà été observés [6] :

- Le recul généralisé des glaciers dans le monde :
- La montée régulière du niveau des mers
- La multiplication des épisodes de canicule et de sécheresse :
- Les cyclones et pluies torrentielles
- La perte très marquée de biodiversité dans le monde.

## 7. L'effet de serre

### 7.1. Définition de l'effet de serre

On compare souvent l'effet de serre à une voiture aux fenêtres fermées au beau milieu d'une après-midi d'été ensoleillée. Les fenêtres laissent passer le rayonnement solaire, mais le verre reste quasiment opaque au rayonnement émis par l'intérieur de la voiture. La chaleur reste donc piégée. Par analogie, les gaz à effet de serre présents dans l'atmosphère jouent le même rôle que le verre : ils laissent passer la lumière visible mais restent plutôt opaques aux infrarouges. S'ils existent en trop grandes quantités, la Terre se réchauffe progressivement.

Tout est donc une question de degré. Car sans la présence de gaz à effet de serre dans l'atmosphère, la température moyenne de la Terre serait de -19°C. A l'inverse, la surface de

vénus dont l'atmosphère est riche en CO<sub>2</sub> atteint 460°C, ce qui grillerait tout ce qui existe sur Terre.

## 7.2. Les sources de gaz à effet de serre [7]:

### 7.2.1. Le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>)

Le CO<sub>2</sub> provient principalement des émissions dues à la combustion des combustibles fossiles (charbon, pétrole et gaz) qui représentent 87% de l'énergie utilisée dans le monde et émettent 8,4 Gt de carbone par an. Il est également issu de certains procédés industriels, la déforestation (pour plus de 15% soit 1,5 Gt de carbone par an) et l'agriculture intensive.

Les secteurs les plus émetteurs sont l'industrie, la production énergétique et les transports. La consommation des ménages (cuisson, chauffage, électricité) contribue aussi significativement aux émissions de CO<sub>2</sub>. Ainsi, nos sociétés brûlent aujourd'hui le charbon qui s'est accumulé au Carbonifère, il y a plus de 300 millions d'années.

**Tableau N° 2 : Emissions de CO<sub>2</sub> en tonne par MWh produit**

<b>Emissions indirectes de CO<sub>2</sub></b> <b>(analyse de cycle de vie)</b> (tCO <sub>2</sub> /MWh)	Solaire	0,1
	Eolien	0,008
	Nucléaire	0,05
<b>Emissions de CO<sub>2</sub> dues à</b> <b>la combustion d'énergie</b> (tCO <sub>2</sub> /MWh)	Charbon (taux d'efficacité thermique de 40%)	0,87
	Gaz (taux d'efficacité thermique de 55%)	0,36

*Source : Université de Louvain, AIE, 2005.*

Ces faibles taux d'émissions par unité d'électricité produite présentés dans le tableau N° 2 font des énergies renouvelables un outil de choix pour limiter les émissions de GES dans l'atmosphère du fait de la combustion d'énergie. Selon le dernier rapport du Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'Evolution du Climat (GIEC), leur développement est un élément essentiel à l'atténuation du changement climatique.

### 7.2.2. Le méthane (CH<sub>4</sub>)

Ce gaz est à 60% émis par l'élevage intensif des bovins, les déjections animales, les cultures (comme le riz), la fermentation des déchets organiques, les feux de forêts, l'utilisation du bois pour le chauffage et la cuisson, l'inondation de vallées lors de la mise en eau des

barrages (avec la décomposition de la biomasse noyée) et lors du transport et de l'exploitation du gaz et du pétrole. Le méthane contribue à hauteur de 18,5 % au forçage radiatif direct induit par les gaz à effet de serre [7].

### **7.2.3. Le protoxyde d'azote ou oxyde nitreux (N<sub>2</sub>O)**

Ses sources d'émission sont à la fois naturelles (océans, sols) et anthropiques : agriculture intensive (engrais, déjections), combustion de la biomasse, procédés industriels chimiques et aérosols notamment. 1/3 des émissions sont liées aux activités humaines. Le protoxyde d'azote contribue à hauteur de 6,2 % au forçage radiatif direct induit par les gaz à effet de serre.

### **7.2.4. L'ozone**

Ce gaz résulte de réactions chimiques de divers polluants primaires comme les oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>), le CO et les Composés Organiques Volatils Non-Méthaniques (COVNM) sous l'effet du rayonnement solaire. La production d'ozone est fortement liée au trafic automobile dans des conditions de températures supérieures à 25°C. L'ozone troposphérique représenterait 17 à 20% de l'effet de serre additionnel.

### **7.2.5. Les Hydro Fluoro Carbones (HFC)**

Les HFC sont des gaz qui ne contiennent pas d'atomes de chlore ou de brome connus pour leur atteinte grave à la couche d'ozone. Ils se substituent donc aux CFC qui furent utilisés massivement dans les systèmes de réfrigération, de conditionnement d'air et comme gaz propulseur dans les aérosols. Les HFC contribueront de plus

## **8. Les sources de l'énergie**

On classe les sources d'énergie en trois catégories différentes : Les énergies fossiles qui proviennent de la combustion de réserves naturelles, qui se sont formées en plusieurs millions d'années à partir de dépôts organiques (plantes ou minuscules animaux). L'énergie nucléaire ou atomique qui provient de l'énergie qui lie les particules des noyaux d'atomes entre eux. Elle est tirée d'un minerai radioactif : l'uranium. Les énergies renouvelables qui sont produites par des sources d'énergie naturelles, que la nature renouvelle sans cesse.

## 8.1. Les énergies non renouvelables

Une énergie non-renouvelable est une source d'énergie qui n'est pas inépuisable (pour l'homme), et qui ne se renouvelle pas ou qui se renouvelle mais pas en quantité suffisante. Les énergies non-renouvelables peuvent être divisées en deux catégories : les énergies fossiles et l'énergie nucléaire.

### 8.1.1. Les énergies fossiles

L'énergie fossile se renouvelle très lentement et est très consommée. Elle est composée principalement de pétrole, gaz naturel et le charbon.

#### a. Le pétrole

Le pétrole est la première source d'énergie mondiale. Formé à partir du plancton qui s'est déposé au fond des mers, le pétrole fournit près de la moitié de la demande totale en énergie primaire. Pourtant, jusqu'au début des années 1950, le pétrole n'occupait qu'une place limitée dans le paysage énergétique mondial (sauf aux Etats-Unis). Produit facile à manipuler, transporter ou stocker, le pétrole va rapidement supplanter le charbon. Les années 60 marquent véritablement le début de l' "ère du pétrole" du fait de la croissance continue des besoins énergétiques, de la découverte d'importants gisements, notamment au Proche-Orient, et de coûts de production très faibles. Après les chocs pétroliers des années 70, la demande connaît une forte baisse, mais un contre-choc, en 1983, provoque une réduction de moitié des prix du pétrole et la demande repart à la hausse (+ 2,4% de 1986 à 1989). Aujourd'hui, le pétrole représente près de 39% de la consommation mondiale d'énergie primaire dans le monde.

#### ➤ Le pétrole de schiste :

Le pétrole de schiste, ou huile de schiste, correspond à un hydrocarbure dérivé des schistes bitumeux, définis comme des roches sédimentaire à grain fin qui renferme des substances organiques en quantité suffisante pour faire l'objet d'une valorisation énergétique. Ces substances organiques sont appelées kérogènes. Là où le gaz de schiste correspond à un gaz non-conventionnel, le pétrole de schiste correspond à un type de pétrole non-conventionnel (non renfermé à haute densité dans une cavité comme dans les gisements traditionnels).

**b. Le gaz naturel**

Le constituant principal des gisements de gaz naturel est le méthane. Le méthane est un hydrocarbure composé d'un atome de carbone et de quatre atomes d'hydrogène. Pour être utilisable, le gaz naturel peut nécessiter un adoucissement (retrait de la majeure partie des composants acides, gaz carbonique et sulfure d'hydrogène essentiellement) et un dégasolinage (retrait des fractions lourdes du gaz). Il doit dans tous les cas être déshydraté. Toutes ces opérations visent à éliminer les impuretés présentes avec le gaz en sortie de puits.

**➤ Le gaz de schiste**

Est un gaz non conventionnel est contenu dans des roches sédimentaires argileuses très compactes et très imperméables, qui renferment au moins 5 à 10% de matière organique. Généralement la profondeur d'exploitation des shale gas est de l'ordre de 1.500 à 3.000 mètres de profondeur, soit de un à plusieurs kilomètres au-dessous des aquifères d'eau potable. La fracturation de la roche suppose par ailleurs d'injecter de 10 à 15.000 m<sup>3</sup> d'eau à haute pression et du sable. Une partie de l'eau qui a été injectée pour réaliser la fracturation hydraulique peut être récupérée (20 à 50 %) lors de la mise en production du puits après traitement. Le sable injecté combiné additifs chimique a pour but de maintenir les fractures ouvertes une fois la fracturation hydraulique effectuée, afin de former un drain pérenne par lequel le gaz va pouvoir être produit.

Cependant de nombreux gisements sont enfouis sous des nappes phréatiques et avec la remontée du gaz, le liquide de fracturation peut parfois atteindre ces nappes, et se mêler à l'eau, qui devient alors impropre à la consommation. Selon un rapport rédigé par la commission de l'énergie et du commerce de la chambre des représentants américaine, l'exploitation du gaz de schiste a entraîné l'utilisation de « plus de 2.500 produits pour la fracturation hydraulique, contenant 750 substances chimiques dont 29 sont connues pour être cancérigènes ou suspectées telles ou présentant des risques pour la santé et l'environnement ».

**c. Le charbon**

Le charbon est la source d'énergie fossile la plus abondante et la mieux répartie dans le monde. Le charbon s'est formé il y a plus de 280 millions d'années à partir de végétaux engloutis par les eaux lors de bouleversements géologiques importants. Moteur essentiel du développement économique au XIX<sup>ème</sup> siècle, le charbon a marqué la première révolution

industrielle. Ainsi, entre 1800 et 1900, la consommation mondiale de charbon a connu une progression annuelle moyenne de +4,3%.

Il existe différents types de charbon (l'antracite, la houille, le lignite, la tourbe) qui n'ont pas tous le même pouvoir énergétique. Au début du XX<sup>ème</sup> siècle, le charbon était l'énergie fossile dominante ; aujourd'hui il a été supplanté par le pétrole mais reste très présent puisque le charbon représente près de 26% de la consommation mondiale d'énergie primaire dans le monde.

#### **d. Les inconvénients des énergies fossiles :**

Voilà une question qu'il est judicieux de se poser afin de bien appréhender la question de l'intérêt éventuel des énergies renouvelables. Nous pouvons ainsi discerner quatre problèmes majeurs découlant directement de l'utilisation des énergies fossiles :

- L'épuisement des réserves :
- Les conflits autour de ces réserves :
- Les fluctuations des cours des combustibles fossiles en bourse :
- La combustion des combustibles fossiles contribue à l'effet de serre.

#### **8.1.2. L'énergie nucléaire**

Les combustibles fossiles se consomment plus vite que la nature ne les produit. Les gisements connus de ces formes d'énergie sont voués à disparaître plus ou moins rapidement. L'énergie de fission nucléaire est un cas particulier : les gisements exploitables connus seront épuisés dans, suivant les estimations et le développement de la consommation des pays orientaux (notamment en tenant compte des futures centrales qui seront construites en Chine et en Inde), 50 ans à un siècle, ce qui classe cette énergie dans la catégorie "non renouvelable".

Les réacteurs actuellement en fonctionnement sont à 81% des réacteurs à eau légère de 2<sup>ème</sup> génération, Leur approvisionnement en combustible ne pose aucune difficulté, de même que celui des réacteurs de génération III. Les réserves classiques connues d'uranium représentent en effet 70 années de consommation actuelle et les, réserves probables supplémentaires, 100 années de plus, ce qui permettrait d'engager la croissance du parc électronucléaire mondial avec le même type de réacteurs. Le niveau des réserves d'uranium sera en effet porté à plusieurs millénaires avec les réacteurs de 4<sup>ème</sup> Génération, appelés à prendre, vers 2040.

**➤ Le coté négatif du nucléaire**

- Les déchets radioactifs provenant de centrales nucléaires sont très néfastes pour la santé des hommes, des animaux, des plantes, des eaux et de l'air.
- Des risques d'accidents à conséquences graves sur l'humanité et la planète, comme celui de la centrale nucléaire Tchernobyl (URSS, 1986).les conséquences de cet accident continuent, après vingt temps, de faire des malheureux et des victimes.
- Les rayonnements nucléaires, produit lors de l'explosion de la bombe atomique Hiroshima ; continuent à faire, également, des victimes après plus de soixante années du déroulement de l'incident (1945).

L'armement nucléaire présente une menace sérieuse sur l'avenir de cette forme d'énergie en raison de l'absence d'une démocratie et d'une sécurité à l'échelle mondiale et des relations internationales de justice et de confiance

**8.2. Les énergies renouvelables :**

Les sources d'énergies renouvelables sont disponibles en quantité illimitée, leur exploitation est un moyen de répondre aux besoins en énergie tout en préservant l'environnement. Les principales formes d'énergie renouvelables sont:

- Energie solaire,
- Energie éolienne,
- Energie issue de la biomasse,
- Energie géothermique,
- Energie hydraulique

Dans le chapitre suivant nous entamons une large étude sur les énergies renouvelables.

## **Conclusion du chapitre**

Nous avons vu à travers ce chapitre que l'énergie est le plus souvent utilisée à partir de ces ressources, pour évoquer leur consommation, leur développement, ainsi que leur épuisement. De par l'importance de ces ressources dans l'industrie ou les transports, la dépendance énergétique et le coût de l'énergie sont des problématiques importantes dans de nombreux pays. Le réchauffement climatique a conduit à un débat international sur la maîtrise des émissions de gaz à effet de serre dont le secteur énergétique est fortement producteur.

Ainsi, les énergies fossiles représentent la source principale des gaz à effet de serre et disparaîtront dans les années futures. Le nucléaire pose d'autres problèmes à cause de ses déchets radioactifs et sa dangerosité (un accident sur une centrale nucléaire peut avoir des conséquences désastreuses...), il est donc indispensable d'utiliser de nouvelles énergies dès aujourd'hui comme les énergies renouvelables. Nous entamons dans le deuxième chapitre une étude détaillée sur les énergies renouvelables, une étude qui va nous permettre de bien comprendre les types de ses énergies ainsi que ces processus de conversion.

## Chapitre 02 : Les sources renouvelables de l'énergie

### Introduction

Fournies par le soleil, le vent, la chaleur de la terre, les chutes d'eau, les marées ou encore la croissance des végétaux, les énergies renouvelables n'engendrent pas ou peu de déchets ou d'émissions polluantes. Elles participent à la lutte contre l'effet de serre et les rejets de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère, facilitent la gestion raisonnée des ressources locales, génèrent des emplois. Le solaire, l'hydraulique, l'éolien, la biomasse, la géothermie sont les différentes formes des énergies renouvelables.

Ce chapitre nous permet d'entrez dans l'univers des énergies renouvelables : Quelles sources d'énergies ? Pour quels besoins ? Comment les capter, les transformer et sous quelle forme les utiliser ?

### 1. Définition des énergies renouvelables

Une énergie renouvelable est une source d'énergie se renouvelant assez rapidement pour être considérée comme inépuisable à l'échelle de temps humain [8]. Les énergies renouvelables sont issues de phénomènes naturels réguliers ou constants provoqués par les astres, principalement le Soleil (rayonnement), mais aussi la Lune (marée) et la Terre (énergie géothermique).

Soulignons que le caractère renouvelable d'une énergie dépend non seulement de la vitesse à laquelle la source se régénère, mais aussi de la vitesse à laquelle elle est consommée. Le comportement des consommateurs d'énergie est donc un facteur à prendre en compte dans cette définition. Les énergies renouvelables sont également plus « propres » (moins d'émissions de CO<sub>2</sub>, moins de pollution) que les énergies issues de sources fossiles. Les principales énergies renouvelables sont :

- L'énergie hydraulique
- L'énergie solaire
- L'énergie éolienne
- La géothermie
- L'énergie de biomasse

## 2. Historique des énergies renouvelables [9]

Si le terme «énergie renouvelable» est relativement récent «apparition en 1970», la totalité des énergies qu'existe depuis quasiment l'origine de la terre et leur utilisation par l'homme remonte à plusieurs centaines voire à plusieurs milliers d'années. La biomasse fut utilisée notamment pour se chauffer, et développer l'industrie des métaux. L'énergie thermique solaire fut mobilisée pour sécher les aliments, les céréales ou le foin. Les sources géothermales furent à l'origine de nombreuses implantations humaines. L'énergie éolienne fut utilisée par les civilisations égyptienne et minoenne pour propulsion des navires ; L'énergie hydraulique fut utilisée en perse et dans l'empire romain il y a plus de deux millénaires

L'Europe du moyen âge redécouvrit les techniques et les utilisa à grande échelle (moulins à vent, moulins à marée, moulins hydrauliques) pour moulinier les céréales, pomper de l'eau, entraîner des martinets ou fabriquer du papier par exemple. Et avec le progrès des machines thermiques, les puissances croissantes demandées par les concentrations industrielles et les impératifs de productivités allaient rendre obsolètes ces générateurs mécaniques à faible puissance.

Les réflexions engagées dans les pays développés quelque année avant le premier choc pétrolier firent toutefois prendre conscience à l'opinion que l'accroissement exponentiel de la consommation d'énergie fossile risquait d'engendrer, dans l'échelle de temps d'une vie humaine, les pénuries d'approvisionnement et conduire à des situations environnementales irréversibles du fait de la saturation des mécanismes de restaurations des équilibres naturelles. C'est dans tel contexte que l'étude et le développement de convertisseurs susceptibles de capter le potentiel des énergies provenant directement ou indirectement de l'énergie solaire et géothermique furent lancés ou réactivés. On leur donna pour l'occasion le nom énergies renouvelables et on les présenta comme étant une alternative à la domination hégémonique des sources fossiles dans le bilan énergétique mondial

## 3. Les avantages les énergies renouvelables

### 3.1. Sur le plan environnemental :

Les énergies renouvelables :

- Contribuent à la réduction des émissions des gaz à effet de serre,
- Réduisent la pollution de l'air, de l'eau, du sol et de la biosphère (pas d'émission de gaz de combustion, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>,...),

- Ne nécessitent pas d'extraction ni de transport de combustibles et limitent ainsi les risques d'accident (marées noires, explosions ...),
- Ne génèrent pas de déchets dangereux,
- Préservent les stocks de ressources naturelles et énergétiques.

Cependant elles peuvent avoir des impacts environnementaux locaux spécifiques à chaque installation (occupation du sol, paysage, bruit, modification de l'écosystème). Dans la plupart des cas cependant, une évaluation des incidences environnementales locales permet de mettre en œuvre des solutions adaptées aux particularités locales.

### **3.2. Sur le plan social :**

Les installations utilisant les énergies renouvelables induisent généralement la création d'emplois durables et difficilement délocalisables. Leur caractère diffus et décentralisé permet par ailleurs aux populations locales de maîtriser la production d'énergie nécessaire à leurs besoins, tout en permettant une réorientation de l'activité économique. Ainsi par exemple, la production de biomasse-énergie constitue une possibilité de diversification assurant par là des revenus complémentaires pour les secteurs agricole et sylvicole. Dans le domaine du bois-énergie, par exemple, l'association Valbiom a montré que les filières bois peuvent générer de 10 à 28 fois plus d'emplois directs qu'une filière fuel, en fonction de leur degré de mécanisation [10].

Localement, l'implication de la population dans les énergies renouvelables est également une excellente entrée en matière d'éducation à une utilisation rationnelle de l'énergie. En outre, au niveau international, l'autonomie énergétique des régions réduit les tensions géopolitiques, limite ainsi les risques de conflit et permet la solidarité entre les peuples.

### **3.3. Sur le plan économique,**

Les énergies renouvelables permettent de mieux stabiliser les prix de l'énergie, en rendant le marché de l'énergie nettement moins sensible aux fluctuations des combustibles fossiles, et diminuent la dépendance énergétique. Par ailleurs, elles contribuent à l'activité économique locale via les entreprises actives dans le secteur (fabricants, installateurs, équipementiers, ou encore entreprises chargées de l'exploitation, l'entretien ou la maintenance des installations). Dans les conditions actuelles, le prix de revient des énergies renouvelables peut cependant être plus élevé que celui des énergies fossiles (figure N° 01).

Ainsi, les mécanismes de soutien financier aux énergies renouvelables sont un juste rééquilibrage économique dans un marché libéralisé qui n'intègre ni les externalités de la production énergétique classique, c'est-à-dire le coût des effets sur l'environnement et la santé (gaz à effet de serre, marées noires, déchets dangereux), ni les aides indirectes accordées au secteur de l'énergie (recherche et développement, infrastructures, remise en état de sites), ni les bénéfices pour la société liés au développement des énergies renouvelables (indépendance énergétique, renforcement économique local, emplois).

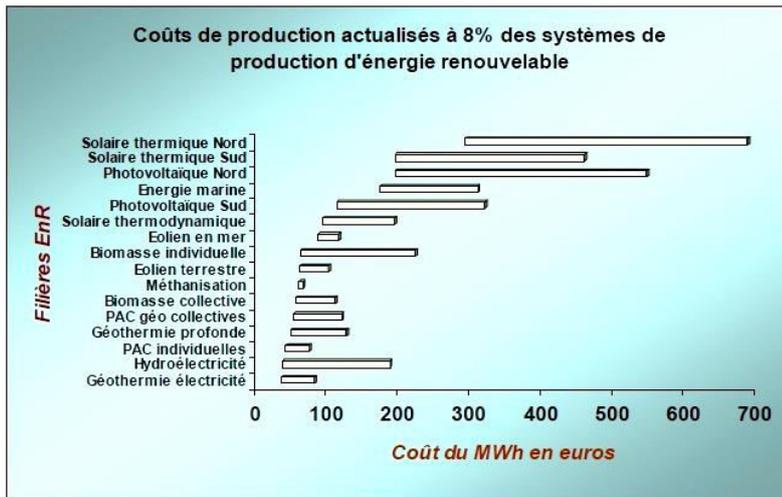


Figure N°01: Coûts des énergies renouvelables (Source : ADEME – 2012)

## 4. Les différents types d'énergies renouvelables

### 4.1. L'énergie hydraulique

De nombreuses civilisations se sont servies de la force de l'eau, qui représentait une des sources d'énergie les plus importantes avant l'ère de l'électricité. De nos jours l'énergie hydraulique est utilisée au niveau des barrages et sert principalement à la production d'électricité.

#### 4.1.1. Les types de l'énergie hydraulique :

##### a. L'énergie des vagues :

En lançant un pavé dans une mare, non seulement l'eau reçoit l'énergie de ce choc à l'endroit de l'impact, mais aussi une onde va se créer, qui propage le choc et donc l'énergie du choc, à une certaine distance du point d'impact. De la même manière, le vent qui frappe la surface de la mer crée une onde, une vague qui propage à longue distance la vague, donc l'énergie ainsi reçue.

Comme beaucoup d'énergies renouvelables, l'énergie des vagues est variable dans le temps, et notamment selon les saisons (comme le vent qui la crée). On estime que, sur l'atlantique, l'énergie disponible est cinq fois plus forte en hiver qu'en été.

**b. L'énergie marémotrice :**

On cherche à capter l'énergie potentielle due à la différence de hauteur entre un niveau haut et un niveau bas comme sur les fleuves, il faut donc installer un barrage pour créer cette différence de hauteur on barre l'estuaire ou la baie, créant ainsi un bassin dont le niveau est différent de celui de la mer le barrage est muni de « pertuis » lorsque la marée monte, les pertuis sont ouverts, l'eau envahit le bassin et le niveau de l'eau monte dans le bassin. Dès que la mer redescend, on ferme les pertuis et le niveau du bassin se trouve donc perché par rapport au niveau de la mer. Dès que la différence de hauteur entre le niveau du bassin et le niveau de la mer est suffisante, on peut « libérer » l'eau du bassin en la dirigeant vers des turbines qui, en tournant, génèrent de l'électricité [11].

**c. L'énergie hydrolienne :**

Utilisent les courants sous marins, les hydroliennes cherchent à capter l'énergie de mouvement « cinétique » des courants de marée. Certes cette énergie est beaucoup plus faible que l'énergie potentielle, mais les hydroliennes ne font pas barrage et laissent donc passer pêcheurs, plaisancier et faune marine. Le principe consiste à faire entraîner au fond de la mer des hélices ou des turbines par les courants marins, les sites les plus intéressants, où les courants sont les plus rapides, sont les embouchures de rivières, les zones côtières, ...

**d. L'énergie maréthermique :**

Utilise la différence de température entre les eaux superficielles et les eaux profondes dans les océans

**e. L'énergie osmotique :**

La diffusion ionique provoquée par l'arrivée d'eau douce dans l'eau salée de la mer.

**4.1.2. Le coût de l'énergie hydraulique :**

Le coût de l'énergie hydroélectrique est évidemment très variable, en fonction de la topographie (il y a de bons sites de barrages qui, à peu de frais, retiennent beaucoup d'eau), de

l'hydroélectricité de la distance entre le site du barrage et les lieux de consommation (le site de barrage n'a aucune raison d'être proche des lieux de consommation).

De toute manière, l'énergie hydraulique (comme c'est le cas pour beaucoup d'énergies renouvelables) est coûteuse en investissement et assez peu en fonctionnement et en maintenance. Inversement, ce gros investissement hydraulique a souvent la chance de pouvoir être amorti sur une très longue durée de vie. Une fois l'investissement initial amorti sur une période de quinze à trente ans, le coût de l'électricité produite n'est plus que de 2 centimes d'euro/kWh, correspondant aux dépenses d'exploitation et d'entretien\_ maintenance, qui reste réduites, même dans le cas d'une très longue utilisation. La grande hydraulique est donc une énergie très rentable, dans beaucoup de sites. La petite hydraulique peut aussi être rentable, puisque son coût total (amortissement compris) varie de 2 à 5 centimes d'euro/kWh.

### 4.1.3. Les avantages et les inconvénients de l'énergie hydraulique

#### a. Les avantages

Tant que le cours d'eau n'est pas à sec, l'énergie est disponible. C'est donc une source d'énergie assez disponible (sauf en cas de sécheresse persistante).

#### b. Les inconvénients

- Les plus gros barrages peuvent noyer des surfaces très importantes, pouvant comprendre des zones.
- Les barrages peuvent s'envaser car ils réduisent l'écoulement de l'eau mais aussi de tous les éléments charriés par les cours d'eau.
- Le lâché d'eau (et plus exceptionnellement la rupture d'un barrage) peuvent provoquer des dégâts considérables en aval du barrage

## 4.2. L'énergie solaire

Le soleil bien que distant de 150 millions de kilomètres de notre planète est assurément notre plus grande source d'énergie les réactions nucléaires qui ont lieu dans le soleil entretiennent et renouvellent en permanence cette source d'énergie.

Bien sur l'énergie reçue est variable selon les moments. Les nuits, les passages nuageux sont autant de moments où l'énergie solaire est inexistante, ou moindre. En moyenne, la puissance reçue annuellement à la surface du globe peut aller de 85 à 290 w/m<sup>2</sup>. Elle varie donc de 01 à 03

entre les régions les moins ensoleillées et les plus ensoleillées. Cet écart est important mais pas considérable : aucune région du globe n'est dépourvue d'énergie solaire.

L'énergie solaire peut, ou bien être convertie en chaleur, ou bien convertie en électricité. L'exploitation de cette énergie peut se faire de manière thermique, thermodynamique ou photovoltaïque.

### **4.2.1. Les types de l'énergie solaire**

#### **a. L'énergie solaire thermique :**

Les photons excitent des atomes en leur transmettant une part de leur énergie. Face à ce gain d'énergie, les atomes s'agitent et s'échauffent. Cette chaleur va servir à augmenter la température d'un fluide caloporteur qui pourra être utilisé pour :

- Le chauffage d'un bâtiment,
- La production d'eau chaude.

Pour favoriser le recours au solaire thermique, les chercheurs développent les technologies selon 3 axes [12] :

- Augmentation des performances en développant des traitements de surface pour les capteurs
- Réduction des coûts à travers le développement des installations urbaines plutôt que seulement domestiques (mutualisation d'équipements)
- Intégration de nouvelles fonctions

#### **❖ Éléments constituant la chaîne de conversion :**

##### **➤ Les capteurs**

Plusieurs types de capteurs existent (plans, sans vitrage, à tubes sous vide). Leur utilisation dépendra de la quantité de chaleur qu'on souhaite produire, le type d'installation qu'ils doivent intégrer (centrales, maisons...), et la région dans laquelle on se trouve.

##### **➤ Le fluide caloporteur**

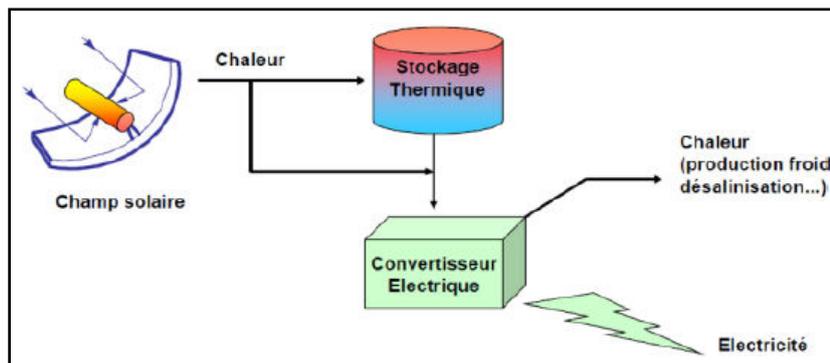
Ce fluide va circuler dans les capteurs et récupérer l'énergie thermique collectée.

Généralement, l'eau ou un fluide antigel sont utilisés. Dans certaines applications, l'air peut également être employé en tant que fluide caloporteur.

Le fluide circule ensuite dans un réseau, acheminant la chaleur pour pouvoir l'utiliser ou la stocker.

### b. L'électricité solaire thermodynamique (Thermique à concentration ou concentrating solar power CSP):

La chaleur produite va être convertie en énergie mécanique pour produire de l'électricité, la température beaucoup plus élevée que dans les systèmes thermiques - entre 100 et 1 500 °C, contre 20 à 100°C pour le thermique):



*Source : le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives*

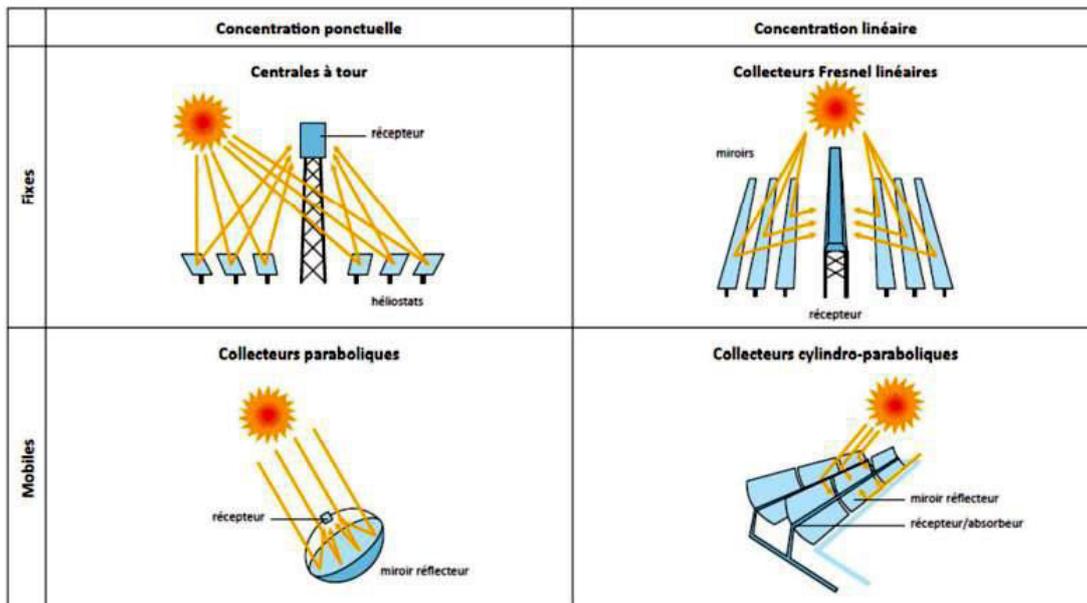
**Figure N° 2 : Principe général des technologies solaires thermodynamiques**

Selon la figure N° 2 la production d'électricité via la technologie solaire thermodynamique peut se découper en trois étapes :

- 1 - concentration du rayonnement sur l'entrée du récepteur et absorption sur les parois du récepteur : transformation de l'énergie en chaleur
- 2 - transport et éventuellement stockage de cette chaleur
- 3 - transfert à un cycle thermodynamique associé à un alternateur : production d'électricité

#### ❖ Les différents types de centrales thermodynamiques

La figure N° 3 présente les types de centrales thermodynamiques, combinant différentes technologies [12].



Source: International Energy Agency - IEA 2010

Figure N°3: Les quatre principales technologies de centrales solaires thermodynamiques

Nous résumons dans les tableaux suivants les principales caractéristiques des centrales solaires thermodynamiques :

➤ La centrale à tour

Puissance	Puissance : Grandes centrales
Température de fonctionnement	300°C – 1000°C
Réflecteurs	Héliostats (suivi 2 axes)
Récepteurs	Central
Fluides caloporteurs	Eau, sels fondus, air :

➤ Le collecteur Fresnel

Puissance	Moyennes et grandes centrales
Température de fonctionnement	200°C – 450°C
Réflecteurs	Linéaire (suivi 1 axe)
Récepteurs	Linéaire fixe
Fluides caloporteurs	Eau, sels fondus, huile

➤ **Le collecteur cylindroparabolique**

Puissance	Moyennes et grandes centrales
Température de fonctionnement	200°C – 500°C
Réflecteurs	Parabolique ( <i>suivi 1 axe</i> )
Récepteurs	Linéaire mobile
Fluides caloporteurs	Eau, sels fondus, huile, air

➤ **Le collecteur parabolique**

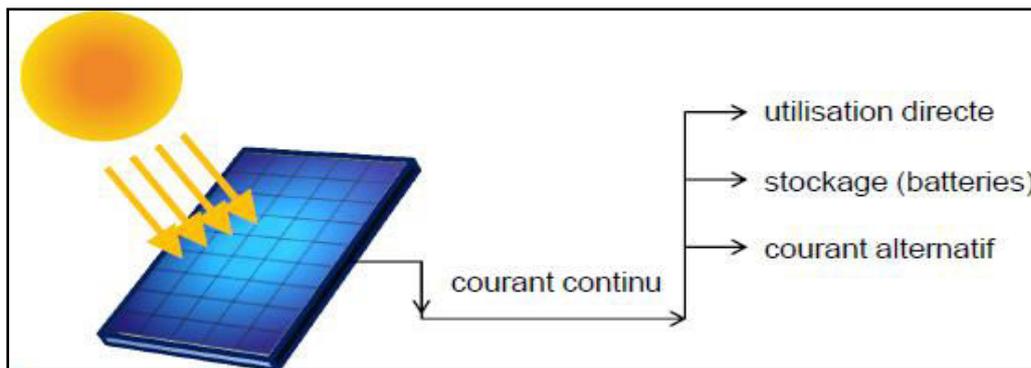
Puissance	Petites centrales
Température de fonctionnement	300°C – 1000°C
Réflecteurs	Parabole ( <i>suivi 2 axe</i> )
Récepteurs	Centrale et mobile
Fluides caloporteurs	Air

❖ **Le stockage de l'énergie thermique**

C'est ajuster la production à la consommation c'est-à-dire stocker l'excédent d'énergie thermique du milieu de journée pour produire de l'électricité en fin de journée Le stockage de l'énergie thermique est efficace et peu coûteux.

**c. L'électricité solaire photovoltaïque :**

Utiliser l'énergie solaire pour produire de l'électricité. Les panneaux photovoltaïques permettent de convertir l'énergie solaire directement en électricité [12], la figure N° 4 explique bien cette conversion :



Source : le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (cea)

**Figure N°4 : Principe des technologies solaires photovoltaïques**

L'électricité solaire photovoltaïque s'affirme dans les pays industrialisés comme source complémentaire de source d'énergie électrique classique. Avant le milieu du siècle, elle contribuera de façon significative, voir décisive à la maîtrise de l'effet de serre.

➤ **Le fonctionnement d'une cellule photovoltaïque :**

Le rayonnement solaire est absorbé par la surface d'un composant en silicium (zone n). Des électrons (-) et des trous (+) se libèrent et sont séparés par la jonction semi-conductrice de la cellule. Au contact des deux faces de la cellule on recueille ensuite le courant électrique produit.

❖ **Les types d'installations photovoltaïques et leurs applications**

Selon les besoins, peuvent se décliner sous plusieurs formes :

- Pour une production locale d'électricité telle que : les installations résidentielles, bâtiments industriels et commerciaux
- Pour une production centralisée telle que les centrales solaire

❖ **Enjeux :**

- Diminution des coûts des matériaux, notamment du silicium purifié
- Simplification des procédés de fabrication : l'augmentation de la cadence (cristallisation), la réduction du taux de casse (sciage), du nombre d'étapes et diminution des pertes de matière au cours de la fabrication.
- Augmentation du rendement de conversion des cellules

**4.2.2. Synthèse des 3 filières**

- Une énergie relativement universelle : disponible partout dans le monde, mais dans des quantités variables
- Pour chaque besoin : une ou plusieurs technologies spécifiques.
- Les différentes filières technologiques du solaire se complètent selon les usages.
- L'optimisation des systèmes passent par une approche globale de la production et de la consommation.
- Technologies modulaires : la surface de captation est proportionnelle aux besoins et les prix de revient par Watt sont constants sur la gamme 1 kW-100 MW.
- Le coût de cette énergie est essentiellement déterminé par l'investissement initial, et reste stable du fait de la permanence de la ressource et de la quasi-absence de consommables (carburants etc.).

### 4.2.3. Les avantages et les inconvénients de l'énergie solaire

#### ➤ Les avantages

- Énergie disponible partout à la surface de notre planète.
- Les panneaux photovoltaïques s'intègrent particulièrement bien aux toitures.
- Les capteurs solaires thermiques peuvent être intégrés aux toitures ou aux façades.

#### ➤ Les inconvénients

- Énergie renouvelable qui demande une technologie très avancée pour le stockage.
- Panneaux photovoltaïques encore très chers.
- Le niveau de production maximal dépend de la surface de capteur exposée au soleil.
- Énergie renouvelable toujours dépendante de la saison et du lieu où l'on se trouve.

## 4.3. L'énergie éolienne :

Par définition, l'énergie éolienne est l'énergie produite par le vent. Elle est le fruit de l'action d'aérogénérateurs, de machines électriques mues par le vent et dont la fonction est de produire de l'électricité [13].

Une hélice entraînée en rotation par la force du vent permet la production d'énergie mécanique ou électrique en tout lieu suffisamment venté. L'énergie du vent captée sur les pales entraîne le rotor qui, couplé à une génératrice, convertit l'énergie mécanique en énergie électrique. La quantité d'énergie produite par une éolienne dépend principalement de la vitesse du vent mais aussi de la surface balayée par les pales et de la densité de l'air [12].

Les éoliennes peuvent être utilisées soit pour pomper de l'eau soit pour produire de l'électricité, elle est devenue, en moins de 10 ans, la forme d'énergie renouvelable dont la marge de progression est la plus importante.

### 4.3.1. Les types des éoliennes

Les éoliennes se regroupent en deux grandes familles [14]:

- **Les éoliennes à axe vertical** : ne nécessitent pas de dispositif d'orientation mais sont complexes et assez peu répandues.

- **Les éoliennes à axe horizontal** : Fonctionnant face au vent et nécessitant donc un système de guidage. Ces dernières sont les plus développées

#### 4.3.2. Les avantages et les inconvénients de l'énergie éolienne :

##### ➤ Les avantages

- Les frais de fonctionnement sont assez limités étant donné le haut niveau de fiabilité et la relative simplicité des technologies mises en œuvre.
- Le prix de revient d'une éolienne va probablement diminuer dans les années à venir suite aux économies d'échelle qui pourront être réalisées sur leur fabrication.
- Techniquement, les éoliennes sont rentables dans les régions bien ventées.
- La période de haute productivité, située souvent en hiver où les vents sont plus forts, correspond à la période de l'année où la demande d'énergie est la plus importante.

##### ➤ Les inconvénients

- Énergie renouvelable toujours dépendante du vent. En utilisation isolée, il faut donc prévoir un système de batterie de stockage de l'électricité pour les journées sans vent.
- La très grande variabilité (direction, vitesse, jour/nuit, saison) de cette énergie
- Les éoliennes sont parfois critiquées pour leur impact sur l'environnement.

#### 4.4. L'énergie géothermique

Est l'exploitation de la chaleur stockée dans le sous-sol. Soit pour la production d'électricité ou bien pour la production de chaleur.

##### 4.4.1. Les types de l'énergie géothermique :

- La géothermie très basse énergie** : Profondeur inférieure à 100 m de température moins de 30°C. elle assure le chauffage.
- La géothermie basse énergie** : Entre 1 500 et 2 500 mètres de profondeur de température entre 30°C et 90°C : trop faible pour produire de l'électricité mais idéal pour produire de la chaleur.
- La géothermie moyenne énergie** : Gisements d'eau chaude ou de vapeur humide compris entre 90 et 150°C utilisé pour la production d'électricité.
- La géothermie haute température** : 1 500 à 3 000 mètres de profondeur, exploite des fluides atteignant des températures supérieures à 150°C, pour produire de l'électricité « zones de volcanisme ou de tectonique active »

- e. **La géothermie profonde assistée** : la chaleur des roches chaudes fissurées situées entre 3 et 5 kilomètres elle est utilisée pour la production d'électricité.

#### 4.4.2. Les avantages et inconvénients de l'énergie géothermique

##### ➤ Les avantages :

- La géothermie n'est pas dépendante des conditions atmosphériques
- Le système tire gratuitement du sol près des deux tiers des besoins en chauffage d'une maison ce qui permet de réduire l'utilisation d'énergies fossiles.
- Le coût d'entretien des systèmes géothermiques est généralement moins élevé que les systèmes de chauffage classique.
- La durée de vie prévue de la thermopompe d'un système géothermique est d'environ 18 à 20 ans, à peu près la même que celle d'un appareil de chauffage classique. Et 50 à 75 pour la boucle souterraine. Même si la thermopompe doit être remplacée au bout de 20 ans, la boucle souterraine pourra servir beaucoup plus longtemps.
- Tant que la quantité d'énergie captée n'est pas supérieure à la chaleur provenant du centre de la Terre, la ressource est inépuisable.
- Cette énergie ne produit aucun déchet.

##### ➤ Les inconvénients

- Les systèmes géothermiques utilisent une source d'énergie renouvelable, mais doivent faire appel à une source électrique pour fonctionner qui elle n'est pas toujours renouvelable
- L'achat d'un tel système demande un investissement initial assez important. Il est souvent le double d'une installation utilisant une énergie classique.

#### 4.5. La biomasse

Réunit le bois, la paille, les rafles de maïs, le biogaz et les biocarburants. Le bois énergie représente 14 % de la consommation énergétique mondiale. Issu des déchets de la forêt ou des industries du bois, il est brûlé pour produire de la chaleur.

Le biogaz est issu de la fermentation des déchets organiques. Sa combustion produit de la chaleur, mais également de l'électricité par cogénération. Les biocarburants proviennent de plantes cultivées (tournesol, betterave, colza...).

- **Le biodiesel** : provient de Biomasse oléagineuse, huiles végétales, huiles usagées d'origine végétale ou animale.
- **Le bioéthanol** : provient de Betteraves, déchets de meunerie, petit-lait, plantes contenant de l'amidon ou de la cellulose.

#### 4.5.1. Les constituants de la biomasse :

On distingue trois constituants principaux, auxquels correspondent des procédés de valorisation spécifiques [15] :

- a. **La biomasse lignocellulosique** : Constituée par le bois, les résidus verts, la paille, la bagasse de canne à sucre et le fourrage. La valorisation se fait plutôt par des procédés par voie sèche, dits conversions thermo-chimiques.
- b. **La biomasse à glucide** : Riche en substance glucidique facilement hydrolysable : les céréales, les betteraves sucrières et les cannes à sucre. La valorisation se fait plutôt par fermentation ou par distillation dits conversions biologiques.
- c. **La biomasse oléagineuse** : Riche en lipides : Colza, Palmier à huile, etc. Elle peut être utilisée comme carburant. Il y a deux familles de biocarburants : les esters d'huiles végétales (colza) et l'éthanol, produit à partir de blé et de betterave, incorporable dans le super sans plomb sous forme d'Ethyl Tertio Butyl Ether.

#### 4.5.2. Les avantages et les inconvénients de la biomasse :

##### ➤ Les avantages

- Large disponibilité de la ressource sur la terre, sauf dans les régions les plus arides où le bois est rare.
- Faibles émissions polluantes et pas de contribution à l'effet de serre.
- Le prix du bois de chauffage ne suit pas le cours du pétrole.

##### ➤ Les inconvénients

- C'est une source d'énergie peu dense. Pour se chauffer durant un hiver, il faudra un grand volume de bois, ce qui nécessitera beaucoup de transport, de manutention et un vaste espace de stockage.
- L'exploitation des bois et forêts doit s'accompagner d'une nouvelle plantation. Dans le cas contraire, on dégrade l'écosystème et on détériore la ressource.

## **Conclusion du chapitre**

Le développement des énergies renouvelables ne répond pas seulement à un enjeu environnemental, mais correspond à un besoin de diversification de nos sources d'énergies. Cependant, si leurs atouts économiques et écologiques sont indéniables, leur puissance énergétique ne permettra pas de les substituer complètement aux énergies fossiles, compte-tenu de nos modes de consommations actuels. Même en exploitant toutes les sources d'énergie possibles, le passage aux énergies renouvelables implique des transformations majeures dans les modes de production, de transports ... Nous pensons que seul un mode d'organisation nouveau, fondé sur l'efficacité énergétique semble réaliste dès lors que les énergies fossiles s'épuiseront ou que les changements climatiques l'imposeront.

---

# **Partie 2**

## **La situation énergétique actuelle**

---

Chapitre 3 : La situation énergétique mondiale actuelle

Chapitre 4 : La situation énergétique actuelle de l'Algérie

## **Introduction de la deuxième partie**

L'énergie est au cœur de tous les progrès et développements qu'a connus l'humanité depuis l'invention de la roue, la navigation à voile et plus proche de nous, les révolutions industrielles du charbon puis du pétrole et de l'électricité qui ont, sans conteste, modelé la civilisation du XXe siècle où l'urbanisation, les transports rapides, les télécommunications audio-visuelles, les avancées scientifiques et technologiques, constituent les piliers du formidable essor des échanges et de la richesse des nations.

L'histoire de l'économie politique de l'énergie montre que depuis la découverte des hydrocarbures en 1859, la scène énergétique mondiale a été caractérisée par des transitions énergétiques marquées par le passage à des sources d'énergie dont les coûts marginaux sont plus bas et/ou offrant des services plus diversifiés et un confort d'utilisation accru. Ainsi s'explique la transition du charbon, forme d'énergie solide, aux hydrocarbures liquides et gazeux pour un grand nombre d'usages.

L'Algérie, comme tous les pays du monde, consomme massivement de l'énergie, mais elle est dotée en ressources énergétique conventionnelle (pétrole et gaz naturel) ou son économie dépend essentiellement de ces sources pour son développement. Cette partie nous permettrons, après l'analyse de la situation énergétique actuelle Algérienne et mondiale, de positionner l'Algérie dans la scène énergétique mondiale.

## **Chapitre 3 : La situation énergétique mondiale actuelle**

### **Introduction**

Avant l'époque industrielle, les sources d'énergies étaient toutes renouvelables (bois, moulins à eau et à vent, mais aussi humaine, dont les esclaves, l'armée, les salariés). La situation que nous vivons aujourd'hui est très différente : ce sont des énergies fossiles, beaucoup mieux adaptées aux besoins de l'industrie et très peu chères qui ont permis à ces industries et aux pays d'accumuler rapidement une richesse et un pouvoir. Ces énergies, non-renouvelables, ont été consommées sans restriction aucune pour alimenter un productivisme destructeur mais très rentable. Plus récemment quelques pays ont misé sur l'énergie fissile. Or le nucléaire qui peut sembler peu chère (si on ne compte pas les externalités et le démantèlement des installations) est particulièrement dangereux (et polluant) et plus renouvelable que les énergies fossiles.

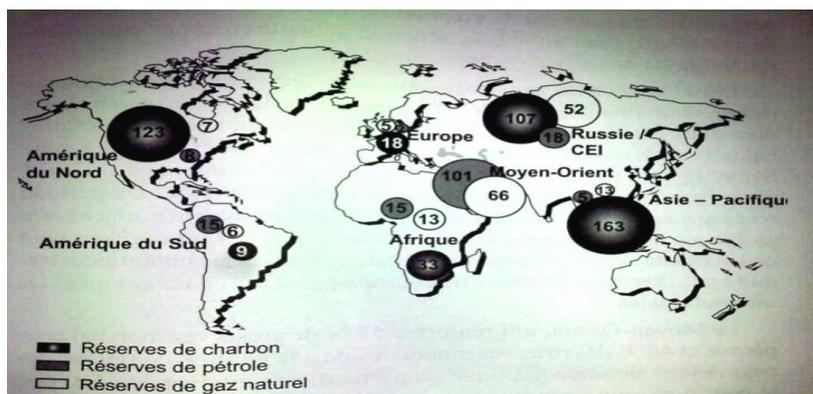
Aujourd'hui, le changement climatique et l'érosion progressive des ressources naturelles fait évoluer les mentalités. La question des énergies renouvelables devient de plus en plus préoccupante et fait naître des nouveaux modes de production et de consommation

Le présent chapitre fournit une image de la situation énergétique actuelle, une analyse qui sert comme une donnée de base pour justifier notre choix des énergies renouvelables comme une énergie de future, une énergie de substitution des énergies fossile qui répond à de nos besoins essentiels.

### **1. La domination des énergies fossiles**

#### **1.1. Les réserves des énergies fossiles**

Les réserves mondiales d'hydrocarbures, pétrole et gaz naturel, qui assurent plus que la moitié de la fourniture d'énergie primaire, sont inégalement réparties et se trouve pour une large part dans des régions éloignées des principales zones de consommation. De ce fait, une part croissante de ces hydrocarbures doit être importée par les pays consommateurs. Les réserves pétrolières et gazières étant localisées dans des régions du monde dont certains sont instables, il en résulte des risques géographiques [6].



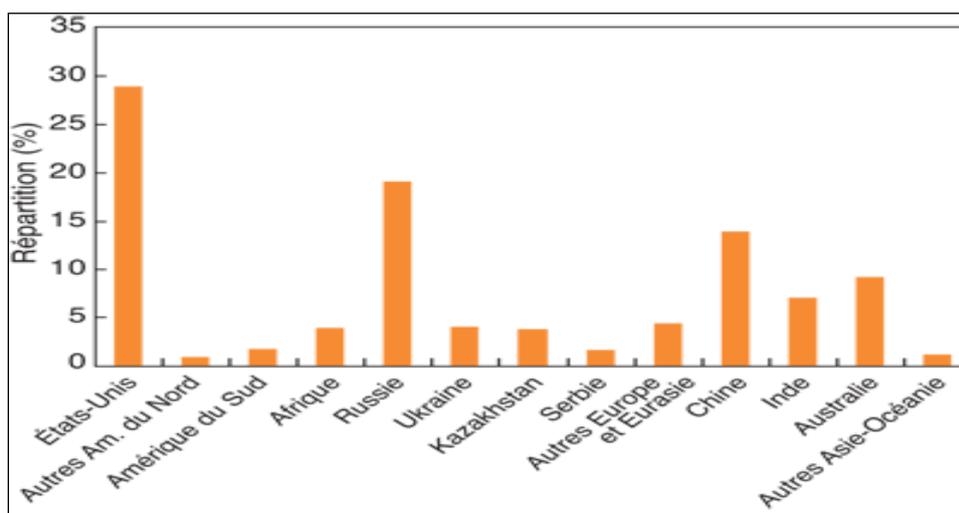
Source : BP Statistical Review 2007.

Figure N° 05 : Répartition des réserves de combustibles fossiles dans le monde (Gtep)

La répartition des réserves de combustibles fossiles dans le monde, exprimées en milliards de tonnes d'équivalent pétrole, est représentée sur la figure N° 5.

### 1.1.1. Les réserves mondiales de charbon

Les réserves prouvées de charbon à fin 2010 sont estimées à près de 826 Gt (voir figure N° 06), représentant environ 120 années de production au rythme actuel d'extraction. Par rapport aux autres combustibles fossiles, les réserves de charbon sont mieux réparties à la surface du globe, Cinq pays représentent à eux seuls 78 % des réserves mondiales : les États-Unis (28,9 %), la Fédération de Russie (19 %), la Chine (13,9 %), l'Australie (9,2 %) et l'Inde (7,1 %). Les quelque 60 autres pays en représentent en tout 22 %, dont l'Europe, 6 %, l'Afrique, 3,9 %, l'Ukraine, le Kazakhstan et l'Afrique du Sud 3,5 à 4 % chacun.

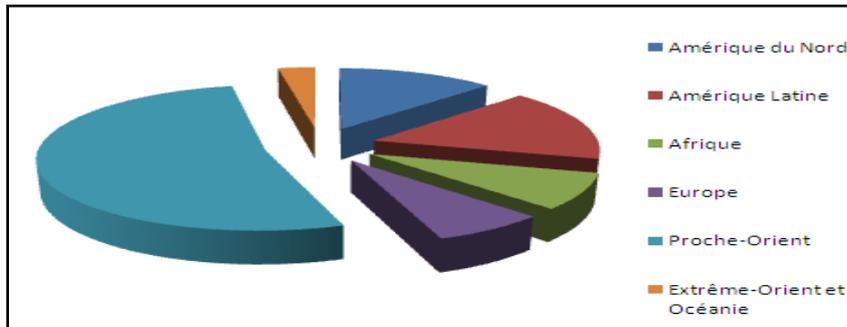


Source : BP Statistical Review 2011

Figure N° 06: La répartition mondiale des réserves récupérables de charbon, fin 2010

### 1.1.2. Les réserves mondiales de pétrole

Les réserves prouvées de pétrole représentent aujourd'hui 1 500 milliards de barils, ce qui représente 40 ans de notre consommation actuelle. En effet, les réserves varient avec le prix du pétrole et les progrès de la technologie [16]:



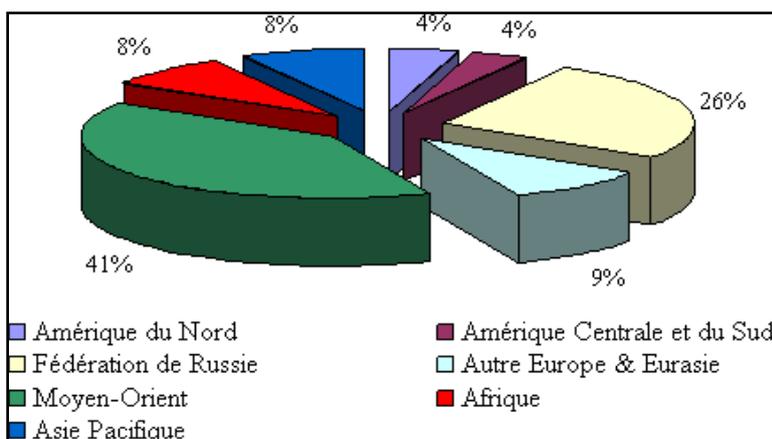
Sources : Comité professionnel du pétrole ; Oil and Gas Journal 2012

Figure N° 07 : Les réserves pétrolières mondiales en 2012

Une disproportion énorme entre les réserves du Moyen Orient (Figure N° 07). On observe ainsi que les pays de l'OPEP (majoritairement dans cette région du monde) recouvrent 73% des réserves mondiales de pétrole brut prouvées.

### 1.1.3. Les réserves mondiales de gaz

Les ressources de gaz naturel sont abondantes et très largement distribuées à travers le monde. 3 pays détiennent plus de 50 % des réserves mondiales : la Russie (26 %), l'Iran (15 %) et le Qatar (14 %).



Source: BP Statistical Review of World Energy 2009

Figure N° 08 : Les réserves mondiales de gaz en 2009

Les pays de la Russie et le Moyen-Orient se partagent plus de 70% des réserves mondiales de gaz naturel (respectivement 26% et 41% en 2009). Les réserves mondiales de gaz naturel ont plus que doublé au cours des vingt dernières années et s'élevaient à 181.5 milliers de milliards de mètres cubes fin 2009[17] (voir figure N° 08).

Le ratio mondial des réserves prouvées de gaz naturel par rapport à la production à son niveau actuel était supérieur à 65 ans en 2009. Ceci représente le temps restant avant l'épuisement des réserves en supposant que les taux actuels de production soient maintenus.

## 1.2. La production mondiale des énergies fossiles

Il ressort de tableau N° 03 que plus de 80% de la production mondiale d'énergie a été basée en 2010 sur les combustibles fossiles. Si l'on ajoute la source nucléaire, on constate que 87,1% de la production mondiale d'énergie primaire a été basée sur des ressources non renouvelables.

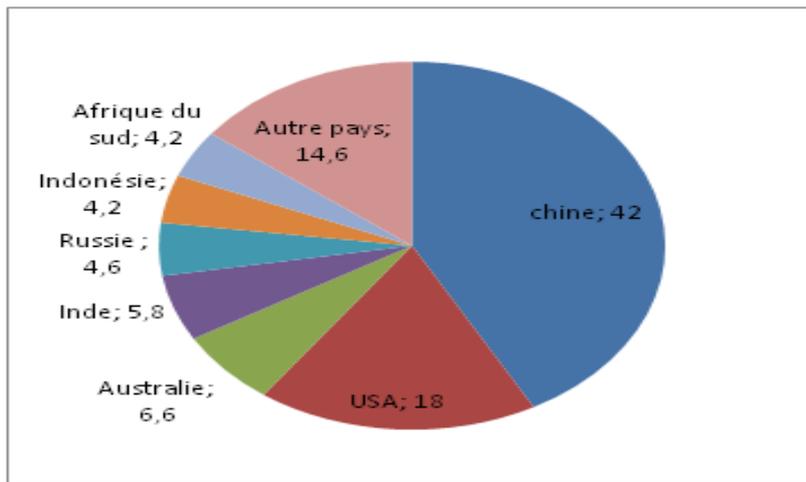
**Tableau N° 03 : La production mondiale d'énergie primaire en 2010 en millions de tep (Mtep)**

Source primaire	Mtep	%
Pétrole	4 120	32,4
Charbon	3 470	27,3
Gaz naturel	2 720	21,4
Nucléaire	725	5,7
Hydraulique	292	2,3
Renouvelables + déchets	1 386	10,9
<b>TOTAL</b>	<b>12 717</b>	<b>100</b>

*Source: Key World Energy Statistics, IEA – 2012*

### 1.2.1. La production mondiale de charbon

Alors que la concurrence du pétrole et du gaz naturel avait limité son expansion au cours des trois dernières décennies, les années 2000 sont marquées par un accroissement sans précédent de la production mondiale de charbon, avec un taux de croissance annuelle moyen de 4,8 % sur la période 2000-2007. En 2008, la production mondiale a atteint 6,8 Gt.



**Figure N° 09 : La production mondiale de charbon (Source : AIE 2009)**

Dans la figure N° 09 ; La Chine est de loin le premier producteur mondial avec 42 % des volumes extraits. Les États-Unis se placent en deuxième position avec 18 %. Viennent ensuite l'Australie (6,6 %), l'Inde (5,8 %), la Russie (4,6 %), l'Indonésie (4,2 %) et l'Afrique du Sud (4,2 %). Ces sept premiers producteurs représentent 85 % de la production mondiale. Néanmoins, l'Agence internationale de l'énergie (AIE) prévoit un accroissement de la production mondiale de 2 % par an sur la période 2006-2030, la Chine et l'Inde étant responsables des trois quarts de cette augmentation [18].

### 1.2.2. La production mondiale de pétrole

Sur les 10 pays produisant les plus grandes quantités de pétrole 4 sont situés au Moyen-Orient, montrant bien l'influence de la région dans la production du pétrole mondiale. Le trio de tête des producteurs de pétrole est : l'Arabie Saoudite, la Russie et les États-Unis, L'Agence internationale de l'énergie constate que la production de pétrole augmente au cœur des pays de l'OPEP tandis que la demande mondiale en pétrole ralentit progressivement.

L'Iran, visé par un embargo européen sur ses exportations, annonçait, en réaction, vouloir interrompre ses livraisons de brut à la Grèce et menacerait l'Espagne. Pour compenser ce manque, les autres pays de l'OPEP produisent davantage.

L'essor spectaculaire de la production de pétrole de schiste aux États-Unis restera le fait dominant du marché pétrolier mondial dans les cinq années à venir, prédit l'Agence internationale de l'énergie (AIE) dans son rapport prospectif de «moyen terme». Après une

progression de 1 million de baril par jour (Mb/j) en 2012, un bond inégalé dans l'histoire de l'or noir en dehors de l'OPEP, les États-Unis produiront 2,8 Mb/j supplémentaires d'ici 2018, prévoit l'AIE, soit près de 12 Mb/j, autant que la capacité saoudienne actuelle. Des estimations revues à la hausse depuis la précédente livraison du même rapport, l'an 2011. Résultat, alors que les États-Unis ont importé 51 % de leurs besoins pétroliers en 2012, cette dépendance à l'étranger sera réduite à 35 % dès 2018.

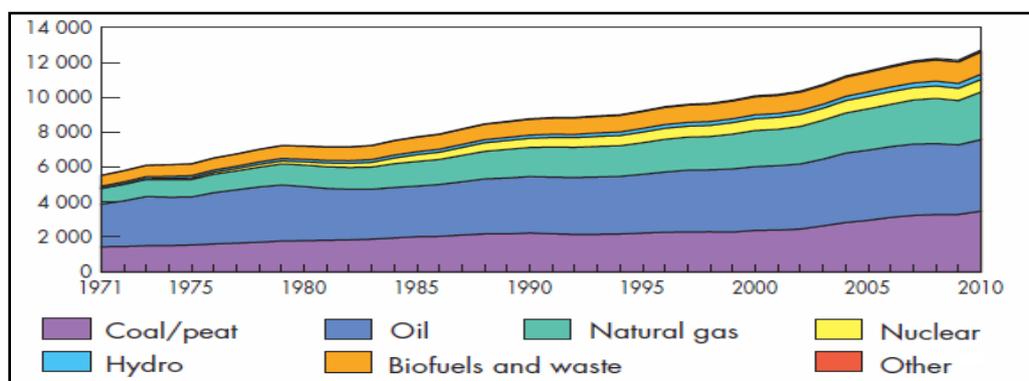
### 1.2.3. La production mondiale de gaz

La production mondiale de gaz naturel a enregistré une « croissance spectaculaire » de 7,3 % en 2010 dépassant ses niveaux d'avant-crise économique de 2008, et 3,1% en 2011. Cinq pays produisent plus de 50 % du gaz : la Russie (22%), suivie par les États-Unis (19 %), le Canada (6,7 %), le Royaume-Uni (3,2 %) et l'Algérie (3,2 %) et 4 pays assurent plus de 50 % des exportations : la Russie (23 %), le Canada (11 %), la Norvège (9 %) et l'Algérie (7 %).

Le Qatar a connu la plus forte croissance de sa production avec le démarrage de nombreux projets de gaz naturel liquéfié. Cette production, combinée à une augmentation de la production aux États-Unis en raison du développement des gaz de schiste, a maintenu la croissance moyenne à environ 3,1 % dans le monde, alors que des régions comme la Mer du Nord ont vu leur production largement diminuer.

### 1.3. La consommation mondiale des énergies fossiles

Il est intéressant de voir comment cette consommation d'énergie fossile a évolué dans le temps depuis 1971. La figure N° 10 nous montre la croissance, ainsi que la part des énergies fossiles.



Source: Key World Energy Statistics, IEA – 2012

Figure N° 10: Evolution de la consommation d'énergie primaire (en millions de tep) par source

D'après cette figure, on constate que la consommation et la production d'énergie à l'échelle du monde ne cesse d'augmenter en raison, d'une part, de l'évolution démographique et, d'autre part, de l'évolution des modes de vie de plus en plus consommateurs d'énergie. Aussi, il est urgent de favoriser les économies d'énergie et le développement des énergies renouvelables.

### 1.3.1. Consommations d'énergie dans les différentes zones économiques

Selon le tableau N° 04; on constate des écarts énormes entre les différentes zones économiques de la planète: environ 1,6 milliards d'habitants n'ont aujourd'hui pratiquement pas accès à l'énergie.

**Tableau N° 04 : Consommation d'énergie par habitant en 2010, en tep**

Zone économique	Consommation d'énergie primaire par habitant (tep/hab)
<b>USA</b>	<b>7,15</b>
<b>Amérique Latine</b>	<b>1,28</b>
<b>O.C.D.E.</b>	<b>4,39</b>
<i>dont Allemagne</i>	<i>4,0</i>
<i>France</i>	<i>4,04</i>
<b>Afrique</b>	<b>0,67</b>
<b>Moyen Orient</b>	<b>2,96</b>
<b>Asie</b>	<b>0,68</b>
<i>dont Chine</i>	<i>1,81</i>
<i>Japon</i>	<i>3,90</i>
<b>Moyenne Mondiale</b>	<b>1,86</b>

*Source: Key World Energy Statistics, IEA – 2011*

### 1.3.2. La consommation mondiale de charbon

La consommation globale de charbon a cru de 5.4% en 2011, ce qui fait du charbon le carburant fossile qui connaît la plus forte croissance. La consommation de charbon hors OCDE a augmenté de 8.4%, tirée par la consommation chinoise tandis que celle de l'OCDE a baissé de 1.1% avec des reculs aux Etats-Unis et au Japon compensé par une croissance en Europe.

Le charbon représentait en 2010 déjà la 2ème source d'énergie primaire (Pétrole : 34,3% ; Charbon : 25,1 %) et sa consommation continue à augmenter du fait de sa production peu coûteuse du fait de ressources abondantes.

### **1.3.3. La consommation mondiale de pétrole**

Au niveau mondial, la progression continue de la demande de pétrole d'une année sur l'autre reflète la place toujours croissante des économies émergentes [19], comme la Chine (deuxième consommateur mondial), l'Inde (4<sup>e</sup>) la Russie (5<sup>e</sup>) ou le Brésil (7<sup>e</sup>). A l'inverse, les grands consommateurs des pays développés comme les Etats-Unis (numéro un), le Japon (3<sup>e</sup>), le Canada (8<sup>e</sup>), l'Allemagne (9<sup>e</sup>) et la Corée du Sud (10<sup>e</sup>) devraient afficher en 2013 des consommations quasi stables ou en léger recul, avec même une nette contraction (- 3,6 %) attendue au Japon[19].

### **1.3.4. La consommation mondiale de gaz**

Nous précisons que la consommation de gaz naturel est influencée par plusieurs facteurs :

- Le niveau de développement économique (Amérique du Nord, Europe de l'Ouest et Japon sont de gros consommateurs de gaz naturel)
- La présence d'une production importante de gaz naturel sur le sol national (la Russie, le Canada, le Turkménistan, l'Iran et l'Arabie Saoudite sont de gros consommateurs de gaz naturel)
- Le climat : les pays situés près des pôles (en particulier la Russie et le Canada) ont des besoins importants en chauffage au gaz.
- La présence de politiques publiques spécifiques : par exemple, le Turkménistan propose à ses clients domestiques une fourniture gratuite du gaz naturel, expliquant l'importance de la consommation dans ce pays.

Dans le monde, on enregistre 6 pays consomment 50 % du total mondial :les États-Unis (23%), la Russie (15%) suivis de loin par le Royaume-Uni, le Canada, l'Allemagne et l'Iran avec un peu plus de 3 % chacun et 6 pays totalisent plus de 50% des importations :les États-Unis (11%), l'Allemagne (9%), le Japon (9%), l'Italie (9%), l'Ukraine (6%) et la France (6%).

**1.3.5. Une consommation des énergies tirée par les pays émergents :**

La mondialisation de l'économie a conduit à transférer une part croissante des activités industrielles, et notamment de celles qui consomment beaucoup d'énergie, vers les pays émergents, Chine, Inde et Brésil. La délocalisation d'une grande partie de la production dans ces pays, conjuguée au développement rapide de leurs économies, s'est traduite par une forte croissance de leurs consommations d'énergie. La progression est particulièrement spectaculaire en Chine et contribue à alimenter les tensions sur l'offre.

Les conséquences sont multiples. Non seulement le développement des pays émergents contribue à augmenter le taux de croissance de la demande mondiale en énergie, mais il a également des implications sur la répartition entre les différentes énergies consommées. Ainsi, la croissance de la Chine a fait progresser rapidement la demande en charbon.

**2. Risque d'épuisement des réserves des énergies fossile et fissile**

L'approvisionnement énergétique de la planète repose à 81% sur les énergies fossiles (pétrole, gaz, charbon). Les réserves du pétrole, du gaz naturel et du nucléaire (uranium 235) seront largement épuisées avant la fin du XXI<sup>e</sup> siècle et le charbon avant deux ou trois siècles: Pétrole : 50 à 100 ans, Gaz : 60 à 70 ans, Charbon : 200 ans,

Nucléaire à neutrons lents : de 12 ans à 60 ans selon la consommation mondiale (à neutrons rapides : 1200 ans, mais les techniques d'extraction ne sont pas encore opérationnelles). Les découvertes de pétrole ont culminé vers 1960 et ont ralenti de manière importante. Il arrivera en effet un moment où le coût d'extraction s'élèvera alors que la production commencera à décliner. Cette phase, appelée « pic pétrolier » ou « pic de Hubbert » du nom du géologue américain qui a formulé la théorie, devrait se situer avant 2030. [20]

**3. Flambée du cours du pétrole**

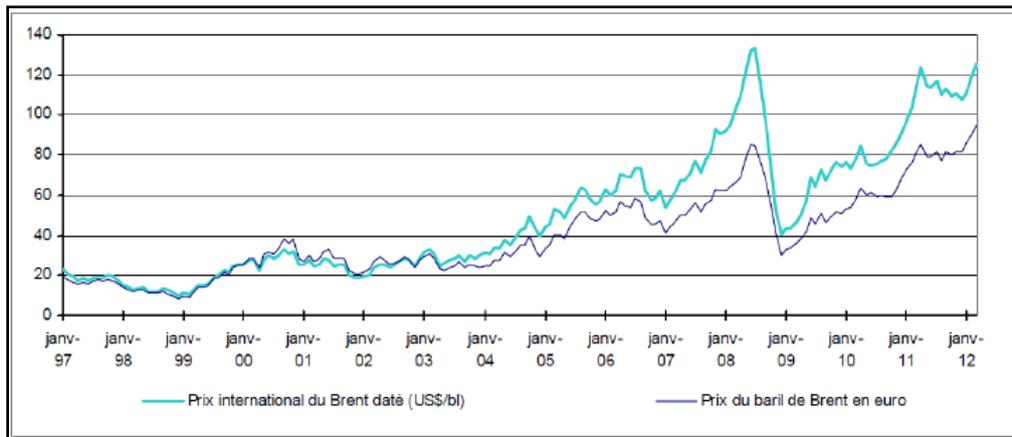
Le prix du pétrole est tributaire de facteurs politiques, naturel et techniques. La spéculation joue aussi un rôle. Il se pourrait donc que le prix actuel du baril soit un peu surfait et ne corresponde pas à la réalité physique du monde.

Nous remarquons que le prix du pétrole demeure durablement élevé pour deux raisons :

1. Avec la forte augmentation de la demande des pays émergents en particulier (Chine, Brésil, Inde etc) ;
2. Avec la situation de rente pétrolière de nombreux pays qui préfèrent alimenter les caisses publiques avec les bénéfices que d'investir dans la prospection ou l'amélioration de l'extraction. Il serait donc illusoire de miser sur un retour durable à des prix pétroliers plus bas.

La flambée des prix du pétrole doit moins être vue comme une menace pour la compétitivité que comme une chance pour affranchir l'économie des énergies fossiles ; avec aussi la création d'une multitude d'emplois dans l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables [21].

Selon la figure N° 11, entre 2003 et 2008, le prix à l'importation du baril de pétrole (Brent) a été multiplié par 4 et les prévisions de production de brut par l'AIE tablent sur la satisfaction de la demande à l'horizon 2030 par 50% des exploitations issues de projets non encore identifiés.



Source : Direction Générale de l'Énergie et du Climat Française (DGEC)

**Figure N° 11 : Cotation moyenne annuelle du Brent daté exprimées en dollars et en Euros :**

En outre, il apparaît évident que la diminution de la production des champs géants mis en exploitation au cours du XXème siècle, et celle plus rapide encore des champs moyens et petits, comme le rappelle l'Agence Internationale de l'énergie (AIE) dans son World Energy Outlook (WEO) 2008, couplée à une demande croissante renforcera les tensions sur la

ressource pétrolière et pourrait menacer la plupart des économies modernes extrêmement dépendantes du pétrole.

La mise en production rapide des réserves des gaz et pétroles de schiste dans le monde, et notamment en Amérique du nord, ainsi que l'exploitation des ressources en charbon pourront, pour partie et pendant une période limitée, être utilisées comme produits de substitution à certains des usages actuels du pétrole.

## **4. Le réchauffement climatique**

La nécessité de lutter contre le changement climatique est progressivement prise en compte par la communauté internationale qui s'est dotée de plusieurs outils. Au niveau mondial, les années 1995-2006 ont été les douze années les plus chaudes. En l'absence de décisions efficaces, la montée de la température moyenne de la surface de la terre sera comprise entre 1,8°C et 4°C depuis les années 80 jusqu'à la fin du 21<sup>ème</sup> Siècle, selon un récent rapport du groupe intergouvernemental sur l'évolution du climat [22].

Au cours de cette même période, le niveau des mers s'élèvera de 18 à 59 centimètres, en raison de la fonte des glaces [23]. Tous ces bouleversements affectent le fonctionnement des écosystèmes, entraînant la multiplication des catastrophes naturelles avec des amplitudes de plus en plus fortes : la répartition des différentes espèces animales changera et certaines d'entre elles disparaîtront.

Les régimes de précipitation se modifieront, ce qui perturbera l'approvisionnement en eau et l'irrigation de nombreuses régions. Les phénomènes météorologiques extrêmes et les inondations se multiplieront, avec des répercussions importantes en termes de coûts économiques et de souffrances humaines. Les pays en développement seront particulièrement touchés par ces évolutions et les maladies tropicales gagneront du terrain.

### **4.1. Le protocole de Kyoto**

Après le sommet de la terre à Rio de Janeiro en 1992, qui a marqué la prise de conscience internationale du risque de changement climatique, les pays membres de la Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC) adopte le 11 décembre 1997 au Japon le protocole de Kyoto. Ce dernier fixe des valeurs limites juridiquement contraignantes pour les émissions de gaz à effet de serre des pays industrialisés. En vertu de son article 3.1, les pays de l'annexe (I) doivent réduire durant la période 2008-

2012 leurs émissions de six gaz, notamment le dioxyde de carbone, Le protocole de Kyoto prévoit en outre trois mécanismes de flexibilité :

- Les Permis d'Emission Négociable (PEN), cette disposition permet de vendre ou d'acheter des droits à émettre entre pays industrialisés,
- La mise en œuvre conjointe (MOC) qui permet, entre les pays développés de procéder à des investissements visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre en dehors de leur territoire national et de bénéficier des crédits d'émission générés par les réductions ainsi obtenues.
- Le mécanisme de développement propre (MDP), proche du dispositif précédent, à la différence que les investissements sont effectués par un pays développé, dans un pays en développement.

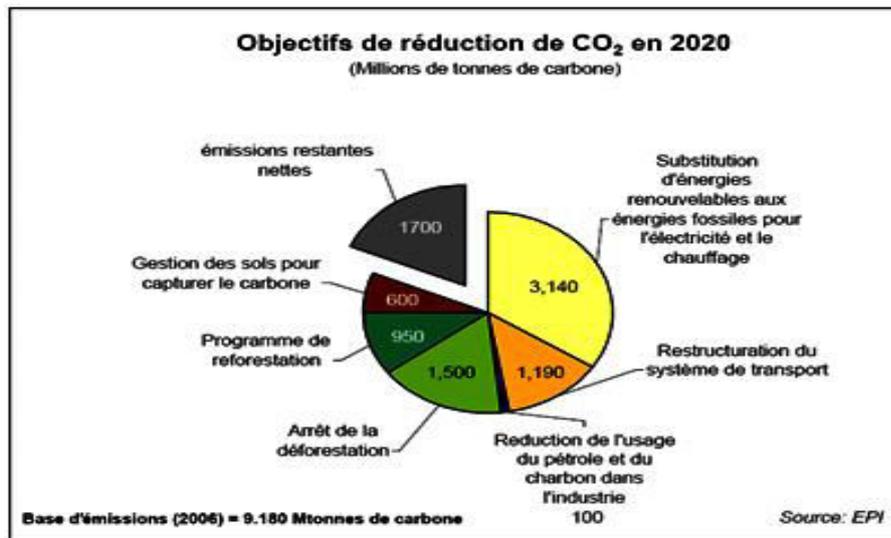
L'entrée en vigueur du protocole de Kyoto était soumise à une condition : l'article 25.1 stipule que le traité doit être ratifié par au moins 55 pays [24]. Après le refus des Etats-Unis en 2001 et la Russie en 2003 de ratifier le protocole, l'espoir quant à une éventuelle application était maigre. En 2004 la Russie accepta finalement de ratifier le protocole de Kyoto, ce qui a permis son entrée en vigueur le 16 février 2005.

## **4.2. La directive européenne**

Afin d'honorer les engagements pris dans le cadre du protocole de Kyoto, l'UE a par ailleurs mis en place son propre système d'échange de quotas d'émission établi par la directive 2003/87/CE votée au Parlement européen en juillet 2003. Ces échanges ont débuté en 2005 pour les vingt-cinq Etats membres de l'UE élargie et les deux autres par la suite.

## **4.3. Le Plan B à l'horizon 2020 :**

Le Plan B impose désormais une réduction de 80% des émissions nettes de dioxyde de carbone d'ici 2020. La concentration actuelle de gaz carbonique dans l'atmosphère est de 384 ppm (parties par million). En adoptant ce plan, la concentration maximale n'excédera pas 400 ppm, et les augmentations futures de température de notre planète seront réduites au minimum. Nous présentons dans la figure N° 12 les objectifs de ce plan.



Source: Earth Policy Institute (EPI)

Figure N° 12 : Les objectifs de réduction de CO<sub>2</sub> en 2020

## 5. L'exploitation des énergies non conventionnelles

### 5.1. Le développement du gaz du schiste :

Dans le monde, les réserves de gaz non conventionnels seraient de 380 000 milliards m<sup>3</sup>, comprenant les réserves estimées de gaz de schiste – tight gas – et de gaz de charbon. Cela est presque autant que les réserves de gaz de charbon 405 000 milliards de m<sup>3</sup> [26].

Si on exploitait tout ce gaz de schiste, la donne de la géopolitique liée aux énergies fossiles en serait bouleversée. Les stratèges et les experts en politique énergétique de l'occident voient donc dans l'exploitation des gaz de schistes une opportunité de regagner une partie de leur indépendance et donc, de reprendre la main face au Moyen-Orient ou à la Russie.

#### ➤ Le gaz de schiste aux Etats-Unis

Aux États-Unis, les gaz de schistes représentent en 2010 plus de 10 % de la production gazière contre seulement 1 % en 2000. Ce qui place les Etats-Unis en première place de la production mondiale de gaz naturel.

#### ➤ Le gaz de schiste en Chine

La Chine prévoit de produire entre 60 et 100 milliards de m<sup>3</sup> de gaz de schiste à horizon 2020, soit entre la moitié et les trois quarts de la consommation de gaz de la Chine de 2011.

**5.2. L'exploitation des sables bitumineux :**

Avec l'épuisement des réserves de pétrole, l'exploitation de l'or noir devient financièrement intéressante même dans des conditions considérées jusqu'alors difficiles. Il en est ainsi des sables bitumineux ou pétrolifères qui sont un mélange de sable, d'eau, d'argile et de bitume brut et que l'on trouve notamment au Canada. Actuellement, les plus vastes réserves de sables bitumineux exploitables se trouvent en Alberta (au Canada), au Venezuela et à Madagascar.

**6. Les tensions géopolitiques**

Les réserves de pétrole et de gaz naturel sont inégalement réparties et se trouvent pour une large part dans des régions éloignées des principales régions de consommation. Aux incertitudes sur les capacités physiques de l'industrie à poursuivre la fourniture des quantités des hydrocarbures nécessaires s'ajoutent les incertitudes géopolitiques.

Outre la révolution du Jasmin qui a touché la Tunisie, les troubles actuels en Egypte, en Lybie mais aussi en Iran (des affrontements ont opposé les manifestants et forces armées) ont considérablement augmenté le cours du baril. Cette situation politique dans les pays arabes en crise pousse les investisseurs à détourner leur intérêt des actifs les plus risqués.

**7. Le développement des énergies renouvelables****7.1. La part des énergies renouvelables dans les divers secteurs de la consommation**

Les sources d'énergies renouvelables ont fortement augmenté pour représenter, selon les estimations, 16,7% de la consommation énergétique finale mondiale en 2010 (figure N° 13). Sur ce total, la part des énergies renouvelables modernes, en nette augmentation ces dernières années, est estimée à 8,2 %, contre seulement 8,5 % pour la biomasse traditionnelle en léger déclin. Durant 2011, les énergies renouvelables modernes ont continué de progresser sensiblement dans l'ensemble des secteurs de la consommation: l'électricité, le chauffage, le refroidissement, et le transport [27].

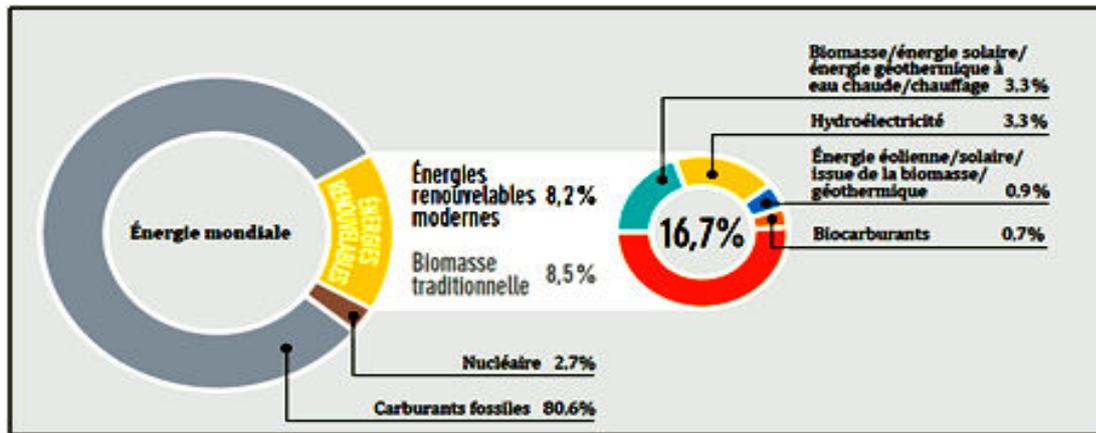


Figure N° 13: La part des énergies renouvelables dans la consommation énergétique mondiale finale en 2010[27]

### 7.1.1. Dans le secteur électrique :

Les énergies renouvelables représentent près de la moitié du total estimé de la capacité électrique mondiale ajoutée durant 2011 (208 gigawatts/GW). L'énergie photovoltaïque éolienne et solaire atteint respectivement près de 40 % et 30 % de la capacité des nouvelles énergies renouvelables, devant l'hydroélectricité (près de 25 %). À la fin 2011, le total de la capacité mondiale des énergies renouvelables dépassait le seuil de 1 360 GW, en hausse de 8 % par rapport à 2010. Les énergies renouvelables atteignent plus de 25% de la capacité énergétique totale mondiale (estimée à 5 360 GW en 2011), et fournissent, selon les estimations, 20,3 % de l'électricité mondiale (figure N° 14). Les énergies renouvelables non liées à l'hydroélectricité ont dépassé le seuil de 390 GW, enregistrant une augmentation de leur capacité de 24 % durant 2010 [27].

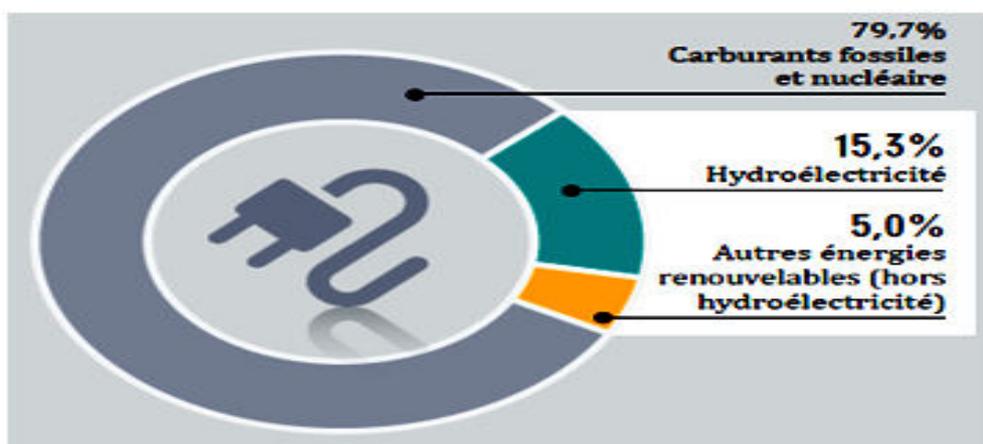


Figure N° 14: La part estimée des énergies renouvelables dans la production électrique mondiale en 2011[27]

### 7.1.2. Dans le secteur du chauffage et du refroidissement

Le chauffage issu de la biomasse, de l'énergie solaire et de sources géothermiques représente d'ores et déjà une part majeure de l'énergie produite par les énergies renouvelables. Les dynamiques prévalant dans le secteur du chauffage et du refroidissement révèlent une augmentation de sa taille, l'utilisation accrue de la production combinée de chaleur et d'électricité, l'intégration des procédés de chauffage et de refroidissement renouvelables dans les réseaux des collectivités, ainsi que le recours au chauffage renouvelable à des fins industrielles.

### 7.1.3. Dans le secteur du transport :

Les énergies renouvelables sont utilisées dans le secteur du transport sous la forme des biocarburants gazeux et liquides, les biocarburants liquides représentant environ 3 % du total des carburants utilisés par le transport routier dans le monde en 2011, soit plus que toute autre source d'énergie renouvelable utilisée dans le secteur du transport. L'électricité alimente les trains, les métropolitains et une part minime, mais croissante, des voitures particulières et des véhicules motorisés. Des initiatives modestes, mais en forte expansion, visent à corréliser le transport électrique et les énergies renouvelables. En 2010, la part des énergies renouvelables dans la consommation électrique totale était de 19,8 % (en hausse de 18,2 % par rapport à 2009), et de 12,4 % pour la consommation énergétique brute finale (contre 11,5 % en 2009) [27].

## 7.2. La part des énergies renouvelables dans le bouquet énergétique de quelque pays :

Tableau N° 05: Capacité totale a la fin 2011 [27]

	Capacité électrique basée sur les énergies renouvelables (incl. l'hydro-électricité)	Capacité électrique basée sur les énergies renouvelables (hors l'hydro-électricité)	Capacité électrique basée sur les énergies renouvelables par habitant (hors hydroé.) <sup>2</sup>	Capacité électrique issue de la biomasse	Capacité électrique géothermique	Capacité hydro-électrique
1	Chine	Chine	Allemagne	États-Unis	États-Unis	Chine
2	États-Unis	États-Unis	Espagne	Brésil	Philippines	Brésil
3	Brésil	Allemagne	Italie	Allemagne	Indonésie	États-Unis
4	Canada	Espagne	États-Unis	Chine	Mexique	Canada
5	Allemagne	Italie	Japon	Suède	Italie	Russie

Le tableau N° 05 montre bien la part des énergies renouvelables dans le bilan énergétique de quelque pays [27]:

➤ **L'Allemagne**

Continue d'occuper la première place en Europe et d'être pionnière au niveau international. Elle figure continûment parmi les premiers utilisateurs des technologies issues des énergies renouvelables pour l'électricité, le chauffage et le transport). En 2011, les énergies renouvelables ont assumé 12,2 % de la consommation énergétique finale allemande, 20 % de sa consommation électrique (en hausse de 11,6 % par rapport à 2006), 10,4 % de sa demande en chauffage (en hausse de 6,2 %) et 5,6 % des carburants destinés à son secteur du transport (à l'exclusion du trafic aérien).

➤ **Aux États-Unis,**

Les énergies renouvelables représentaient, selon les estimations, 39 % des capacités électriques nationales ajoutées en 2011. La part de la production électrique nette américaine issue des énergies renouvelables non liées à l'hydroélectricité a augmenté de 3,7 % en 2009 à 4,7 % en 2011. Neuf États ont assuré plus de 10 % de leur production électrique en ayant recours à des énergies renouvelables non liées à l'hydroélectricité en 2011, contre deux États seulement dix ans plus tôt. La totalité des énergies renouvelables atteint environ 11,8 % de la production énergétique primaire américaine en 2011, en hausse de 10,9 % par rapport à 2010.

➤ **La Chine**

Possédait, à la fin 2011, une capacité électrique issue des énergies renouvelables supérieure à toutes les autres nations, avec, au total, selon les estimations, 282 GW, dont un quart (70 GW) d'énergie non liée à l'hydroélectricité. Les énergies renouvelables représentaient plus d'un tiers de la nouvelle capacité électrique installée durant l'année (90 GW), tandis que les énergies renouvelables non liées à l'hydroélectricité assumaient un cinquième de ce total.

Plusieurs pays et États ont satisfait à un nombre de demandes en électricité accru entre 2010 et 2011, en ayant recours à l'énergie éolienne, notamment le [27] :

➤ **Danemark**, où l'énergie éolienne a assumé près de 26 % de la demande électrique, l'Espagne (15,9 %) et le

➤ **Portugal** (15,6 %).

➤ Quatre Länder allemands ont satisfait à plus de 46 % de leurs besoins en électricité en utilisant l'énergie éolienne,

- l'État de l'**Australie** du Sud a satisfait ainsi 20 % de ses demandes
- et les **États américains** du **Dakota du Sud** et de l'**Iowa** ont respectivement produit 22 % et 19 % de leur électricité en ayant recours à l'énergie éolienne.

### 7.3. La classification des pays en matière de capacité électrique renouvelable

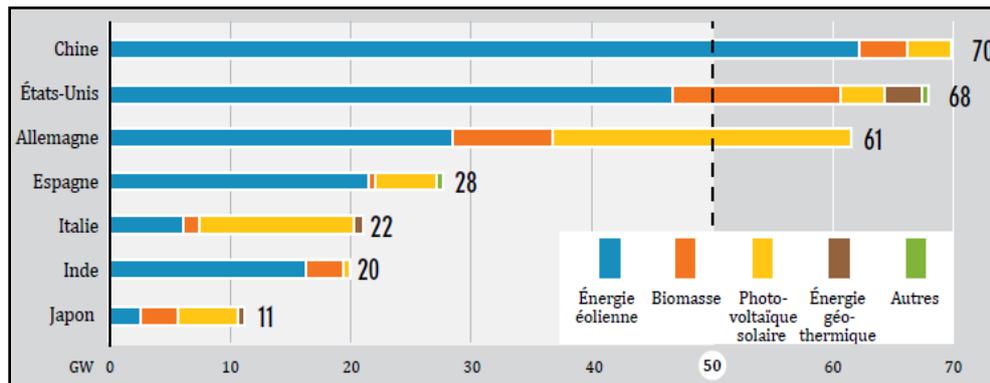


Figure N° 15: Capacité électrique basée sur les énergies renouvelables des sept pays de tête en 2011[27]

Selon les données de la figure N° 15, les sept pays de tête en matière de capacité électrique renouvelable non liée à l'hydroélectricité – la Chine, les États-Unis, l'Allemagne, l'Espagne, l'Italie, l'Inde et le Japon – assumaient environ 70 % de la capacité mondiale totale. Ce classement diffère sensiblement lorsque le critère porte sur le montant par habitant. Il place alors l'Allemagne à la première place, devant l'Espagne, l'Italie, les États-Unis, le Japon, la Chine et l'Inde. Dans le classement par région, c'est l'UE qui accueille près de 44 % de la capacité mondiale en énergies renouvelables non liées à l'hydroélectricité à la fin 2011, contre près de 26 % pour les nations BRICS (Brésil, Russie, Inde, Chine et Afrique de sud) dont la part a augmenté ces dernières années, même si la majeure partie de la capacité se trouve en Chine, en Inde et au Brésil.

### 7.4. La situation actuelle du marché des énergies renouvelables dans le monde:

#### 7.4.1. L'énergie éolienne

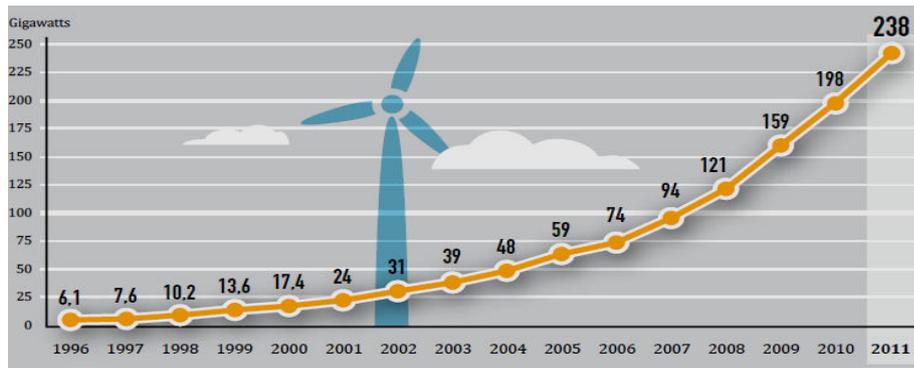


Figure N° 16: La capacité mondiale totale de l'énergie éolienne en 1996-2011 [27]

La figure N°16 montre l'évolution de la capacité de production de l'énergie éolienne a augmenté de 20 % en 2011, pour atteindre environ 238 GW en fin d'année, représentant ainsi la plus importante capacité ajoutée en matière de technologies basées sur les énergies renouvelables.

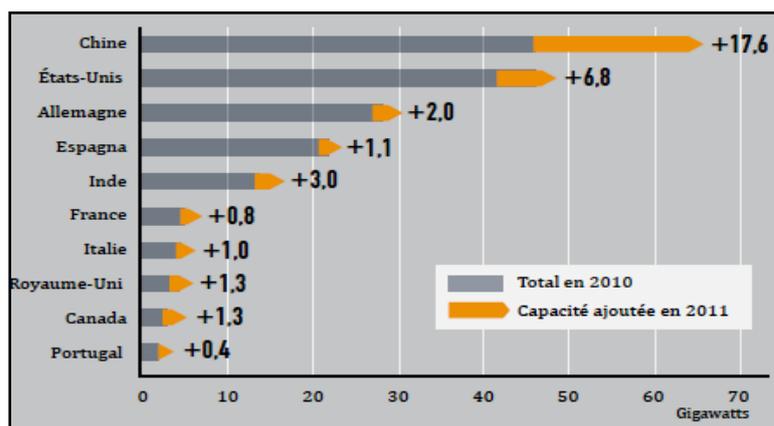


Figure N° 17 : La capacité de l'énergie éolienne des dix pays de tête en 2011[27]

En 2010, les capacités ajoutées ont été plus nombreuses dans les pays en développement et sur les marchés émergents que dans les pays de l'OCDE (figure N° 17). La Chine a assumé près de 44 % du marché mondial, devant les États-Unis et l'Inde, l'Allemagne restant le principal marché en Europe. Malgré sa part de marché relativement modeste, le secteur de l'énergie éolienne offshore a continué de croître. La dynamique de l'accroissement de la taille des projets éoliens et des turbines afférentes s'est poursuivie. De même, l'utilisation de turbines de petite taille s'est accrue et l'intérêt porté aux projets communautaires d'énergie éolienne se consolide dans plusieurs pays.

7.4.2. L'énergie solaire :

a. L'énergie solaire photovoltaïque :

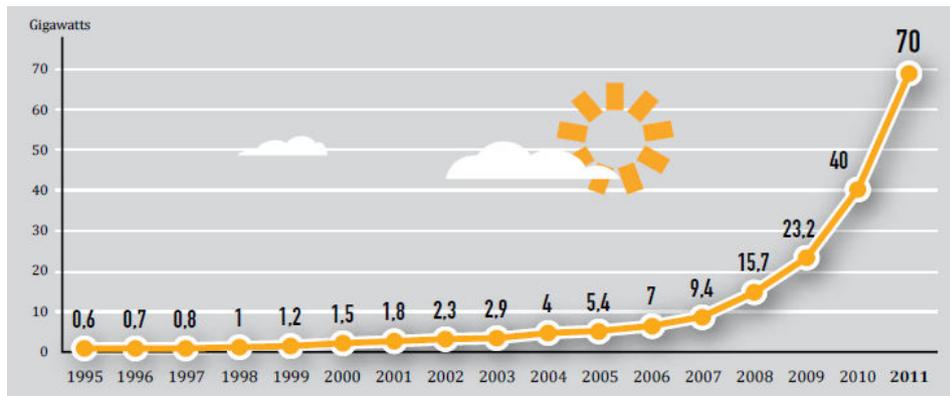


Figure N° 18 : La capacité mondiale totale du photovoltaïque solaire en 1995-2011 [27]

L'énergie photovoltaïque solaire a connu une nouvelle année de croissance exceptionnelle. La capacité opérationnelle ajoutée a représenté près de 30 GW, et accru ainsi la capacité totale de 74 %, à près de 70 GW. La dynamique en faveur des systèmes placés au sol à large échelle s'est poursuivie tandis que les systèmes à petite échelle placés sur les toits conservaient leur bon positionnement comme nous montre la figure N°18.

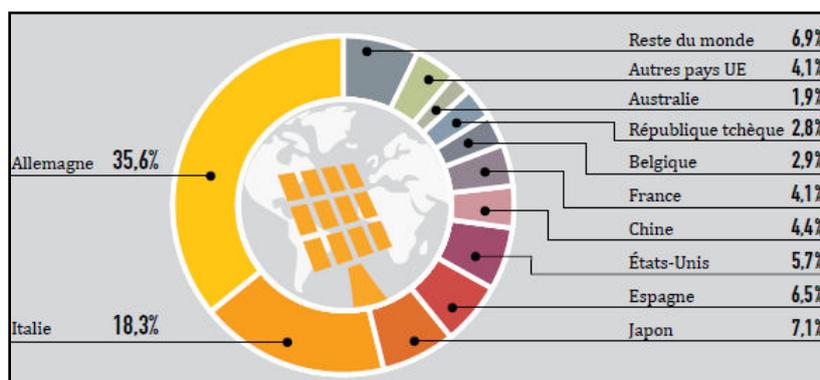


Figure N°19: La capacité opérationnelle du photovoltaïque solaire pour les 10 pays de tête en 2011 [27]

Pour la première fois, l'énergie photovoltaïque solaire a suscité, dans l'Union européenne, un volume de capacités ajoutées supérieur à toutes les autres technologies. Si l'UE continue de dominer le marché mondial, sous le leadership de l'Italie et de l'Allemagne comme nous montrons la figure N° 19, la Chine devenant rapidement un acteur prédominant en Asie. Nous remarquons que l'année 2011 ait été favorable aux consommateurs et aux installateurs, les fabricants ont difficilement réalisé des bénéfices, quand ils n'ont pas dû

survivre, en raison de stocks excédentaires, de la chute des prix, du recul des soutiens publics, du ralentissement de la croissance du marché pendant plusieurs mois, et de la consolidation des fabricants industriels. La fabrication des modules a continué de s'orienter vers l'Asie, aux dépens des entreprises européennes.

**b. Le solaire thermique :**

La capacité du chauffage solaire a augmenté, selon les estimations, de 27 % en 2011, pour atteindre environ 232 GW (th). La Chine est, une fois encore, au premier rang mondial pour les installations solaire thermique, devant l'Europe qui occupe, à une certaine distance, la deuxième place. L'année 2011 a été difficile pour plusieurs secteurs de cette industrie en raison de la situation économique des pays méditerranéens, et des perspectives assombries dans un grand nombre de pays européens. Pour plus de détail, voir la figure N° 20.

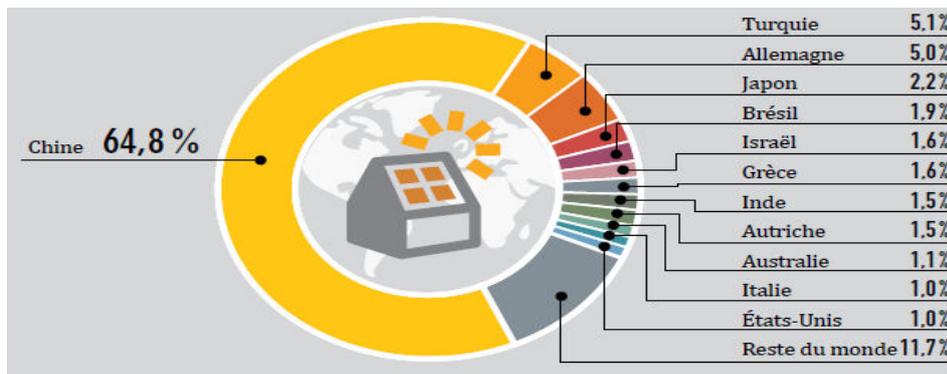


Figure N° 20: La capacité mondiale totale du chauffage solaire pour les 12 pays de tête en 2010[27]

**c. L'énergie solaire thermique à concentration (Thermodynamique)**

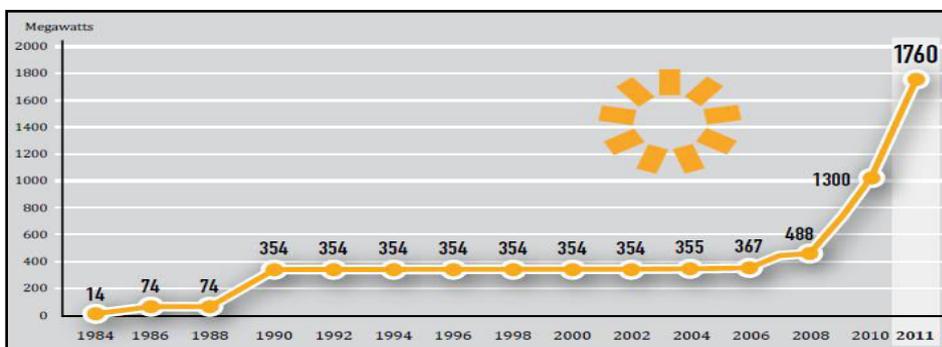


Figure N° 21 : La capacité mondiale totale de l'énergie thermique à concentration en 1984-2011[27]

La capacité d'énergie thermique à concentration installée en 2011 a dépassé le seuil de 450 MW, portant la capacité mondiale à près de 1 760 MW (voir la figure N° 21). L'Espagne a assumé la majeure partie des capacités ajoutées, devant plusieurs pays en développement ayant lancé leurs premières stations d'énergie thermique à concentration.

Bien que l'énergie solaire thermique à concentration rencontre des difficultés suite à la chute rapide des prix des capacités photovoltaïques, et au Printemps arabe qui a ralenti le développement en cours dans la région du Moyen-Orient et de l'Afrique du Nord, de nombreuses capacités étaient en cours de construction.

### 7.4.3. La biomasse :

L'utilisation accrue de la biomasse pour le chauffage, l'électricité et les carburants de transport a entraîné l'accroissement des échanges commerciaux internationaux sur les carburants issus de la biomasse ces dernières années, les agglomérés de bois, le biodiesel et l'éthanol constituant les principaux carburants échangés sur les marchés internationaux avec une forte augmentation entre 2000 et 2011 comme il est mentionné dans la figure N° 22.

Une autre dynamique se déploie également, principalement en Europe, et concerne l'utilisation du biométhane (biogaz purifié) qui peut être directement injecté dans le réseau du gaz naturel et servir en tant que moyen de chauffage et d'électricité, et carburant pour véhicules. Le biogaz produit par les digesteurs de taille domestique est de plus en plus utilisé pour la cuisson, et, dans une moindre mesure, le chauffage et l'éclairage en Chine, en Inde et dans plusieurs autres pays.

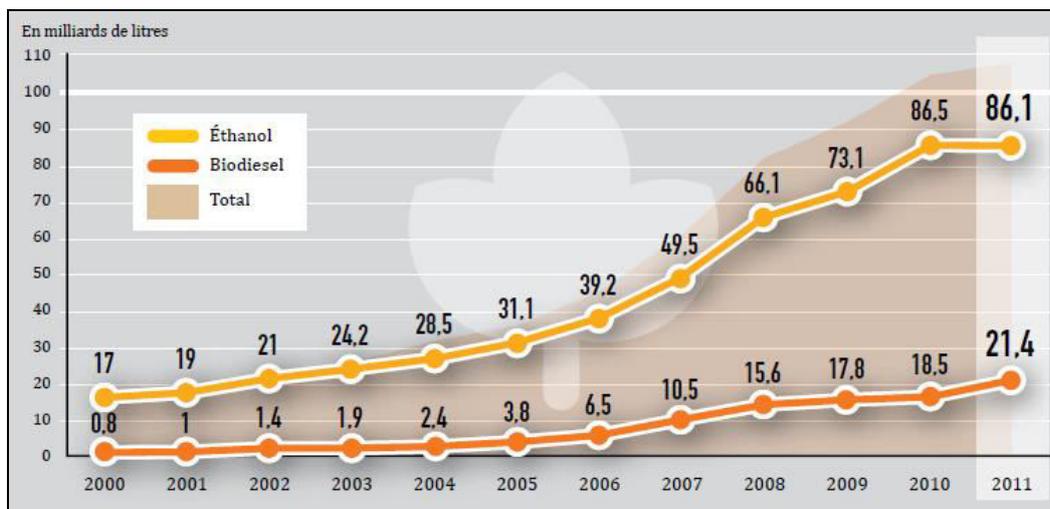


Figure N° 22 : Production d'éthanol et de biodiesel en 2000-2011[27]

La capacité de l'énergie issue de la biomasse a augmenté de quelque 66 GW en 2010, pour atteindre près de 72 GW à la fin 2011. Les États-Unis ont été, dans le monde, au premier rang des producteurs d'électricité issue de la biomasse, devant les pays de l'UE, le Brésil, la Chine, l'Inde et le Japon. La plupart des pays africains producteurs de sucre ont produit de l'électricité et assuré le chauffage en ayant recours à la production combinée chaleur-force.

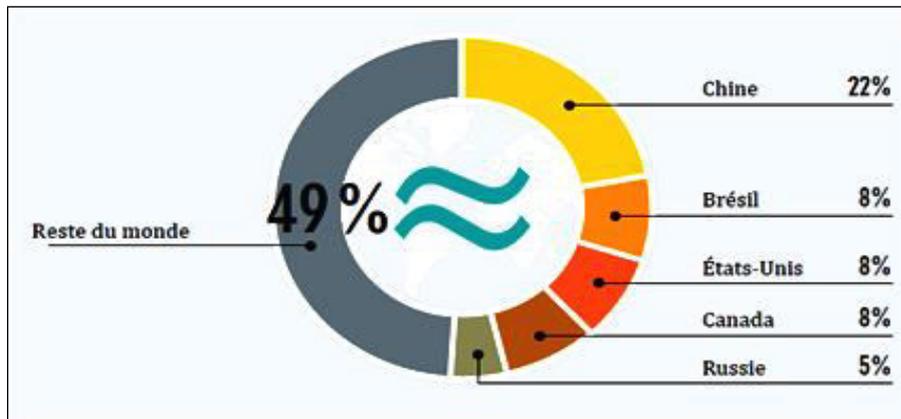
L'éthanol et le biodiesel sont les principaux carburants issus des énergies renouvelables dans le secteur du transport. Durant 2011, la production d'éthanol est demeurée stable, quand elle n'a pas légèrement décliné, pour la première fois depuis plus de dix ans. La production de biodiesel a, en revanche, poursuivi sa progression dans le monde [27].

#### **7.4.4. L'énergie géothermique :**

L'énergie géothermique a produit, selon les estimations, 205 TWh (736 PJ) en 2011, dont un tiers sous forme d'électricité (avec une capacité estimée à 11,2 GW) et deux tiers sous forme de chaleur. Pas moins de 78 pays ont utilisé l'énergie géothermique directe en 2011. La majeure partie de la croissance enregistrée dans l'utilisation directe a reposé sur les pompes à chaleur géothermiques, lesquelles assurent le chauffage et le refroidissement et connaissent un taux de croissance annuel de 20 % en moyenne [27]. L'électricité géothermique n'a que peu progressé en 2011, mais son taux d'expansion devrait s'accélérer grâce aux projets en cours d'élaboration.

#### **7.4.5. Hydroélectricité :**

Une capacité ajoutée de 25 GW, selon les estimations, est apparue en 2011, suscitant un accroissement de la capacité mondiale installée de près de 2,7 %, à environ 970 GW. L'hydroélectricité continue de produire plus d'énergie que toute autre ressource renouvelable, avec une production estimée à 3 400 TWh durant 2011[27].



**Figure N° 23 : Capacité hydroélectrique mondiale totale pour les cinq pays de tête en 2011[27]**

Selon la figure N°23, l'Asie a été au premier rang des régions les plus actives dans l'élaboration de projets.

## Conclusion du chapitre

Nous constatons à travers ce chapitre que les risques d'épuisement des ressources ainsi que de réchauffement climatique, face à une croissance continue de la demande, avec une instabilité politique dans plusieurs pays producteurs font clairement apparaître le modèle énergétique actuel comme non durable.

Nous devons engager une transition vers un modèle plus durable. Il n'existe pas toutefois d'alternative immédiate aux combustibles fossiles, qui vont encore continuer à jouer un rôle essentiel pendant encore de nombreuses années. La transition énergétique va ainsi se dérouler sur une longue durée, au cours de laquelle des mesures urgentes devront être mises en place pour répondre à la demande énergétique, tout en limitant les risques de changement climatique.

Pour y arriver, nous pensons à un ensemble de solutions tel que la réduction de la consommation, diversification des sources d'énergie, réduction du contenu carbone du mix énergétique, captage et stockage de CO<sub>2</sub>. Les options hybrides vont s'avérer particulièrement adaptées. Pour franchir avec succès ce cap de la transition, il sera essentiel d'innover dans le domaine technique, mais aussi dans celui de l'organisation économique et sociale ainsi que des politiques publiques.

## Chapitre 4 : La situation énergétique actuelle de l'Algérie

### Introduction

Quinzième producteur mondial de pétrole et troisième en Afrique (derrière la Libye et le Nigeria) et dixième producteur de gaz naturel et deuxième en Afrique, l'Algérie, 51 ans après son indépendance, reste prisonnière d'une économie de rente.

Ainsi, 97% de ses entrées en devises proviennent de l'exportation des hydrocarbures. Le pays dépend donc aujourd'hui et plus que jamais, pour son fonctionnement, de l'étranger: il importe quasiment tout, des produits manufacturés en passant par les services, jusqu'aux quelques dérivés de pétrole tel que l'essence et le gasoil.

Ce chapitre va répondre à la question suivante : Pourquoi l'Algérie doit développer les énergies renouvelables? Nous présentons la situation énergétique actuelle de l'Algérie en se basant sur ces faiblesses afin d'avoir une vision globale, claire et détaillée qui nous permet de relever les défis énergétique de notre pays.

### 1. La problématique du réchauffement climatique

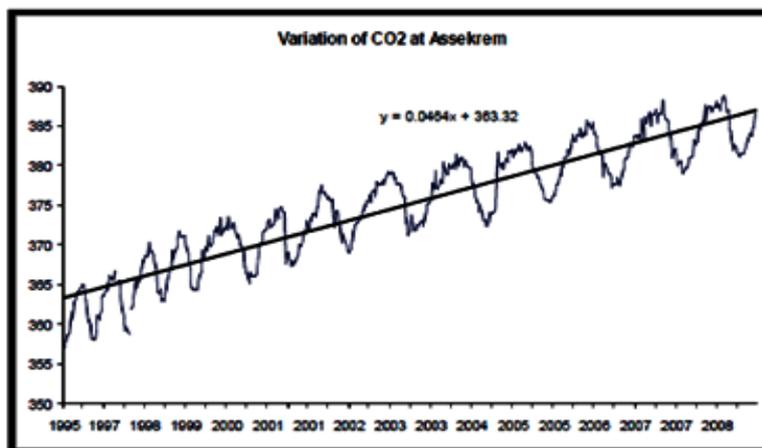
Les études d'atténuation des émissions de GES réalisées en Algérie ont mis en évidence l'existence d'un potentiel assez important, estimé à 40 milliers de teq. CO<sub>2</sub>. Le tableau suivant, présente une répartition sectorielle de ce potentiel dont la majeure quantité de CO<sub>2</sub> a été émise par le secteur de l'industrie énergétique (Tableau N° 06).

**Tableau N° 06 : Le bilan des émissions par secteur en 2008**

Secteur	Consommation en Ktep	Emissions GES (teq CO <sub>2</sub> )
Agriculture & hydraulique	1 130	1 538
Industrie & BP	3 226	3 881
Résidentiel & tertiaire	7 047	6 312
transport	5 536	9 574
Industries énergétiques	5 889	18 544
<b>Bilan des émissions</b>		<b>40 000</b>

*Source : Ministère de l'énergie et des mines*

D'après la figure N° 24, La mesure de ces gaz, montre que le CO2 est en croissance régulière, en passant de 360 ppm en 1995 à 380 ppm en 2007, avec une augmentation annuelle de 2 ppm/an. Ces concentrations sont passées à 385 ppm en 2008 avec une variation saisonnière.



Source : station d'Assekrem

Figure N°24 : L'évolution temporelle du CO2 à la station Assekrem (Tamanrasset)

## 2. Une forte consommation énergétique intérieure

Une forte consommation intérieure du fait du bas prix de l'énergie, un des plus bas au niveau du monde.

### 2.1.La consommation d'énergie par habitant

La consommation d'énergie par habitant en 2010 a évolué considérablement depuis l'indépendance. Elle a été de 1,2 tep/h en 2010, soit 3 fois supérieure à celle enregistrée dans les années 70 comme le décrit le tableau N° 07 suivant :

Tableau N° 07 : La consommation d'énergie par habitant

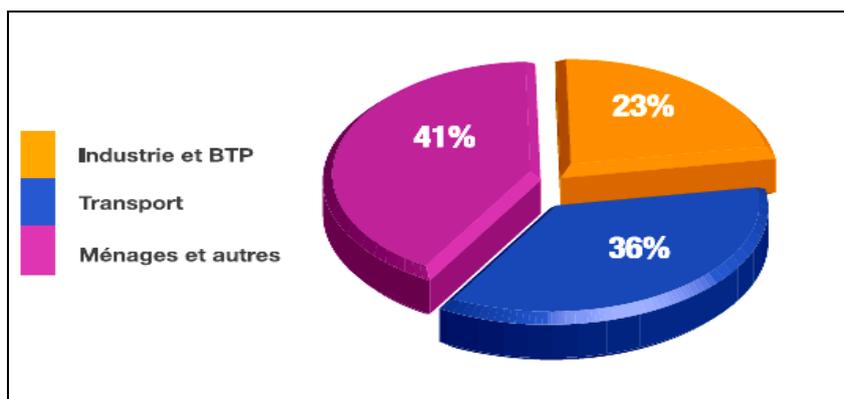
	1962	1970	1980	1990	2000	2010
<b>Energie totale (TEP/h)</b>	-	0,37	0,74	0,97	0,99	1,2
<b>Electricité (KW/h)</b>	92	111,6	283,8	514,4	682,9	994,4
<b>Gaz naturel (m<sup>3</sup>/h)</b>	4,9	21,7	84,8	117,3	134,4	233,8
<b>Carburant (T/h)</b>	-	0,14	0,28	0,32	0,26	0,39
<b>Dont GPL (T/h)</b>	-	0,01	0,04	0,05	0,05	0,05

Source : ministère de l'énergie et des mines

Elle est supérieure par rapport à celle de nos pays voisins (0,48 tep/habitant au Maroc et 0,77 en Egypte), mais reste toutefois faible comparée à celle de pays méditerranéens de l'UE, ou elle est en moyenne de 3 tep/habitant [28].

## 2.2. La consommation d'énergie par secteur d'activité :

Par secteur d'activité, et selon la figure N°25 les secteurs qui consomment plus d'énergie sont :



Source : ministère de l'Energie et des mines 2011

### Figure N° 25 : Consommation d'énergie finale par secteur d'activité

- Le secteur des transports est en hausse consommation due à la croissance de la consommation du transport routier (+11,2%) ;
- La consommation du secteur «Ménages et autres» a atteint 13,7 M.TEP en 2011, tirée par le sous-secteur résidentiel avec une croissance de 10,6%, cette forte consommation est due à l'amélioration de la qualité des citoyens.

## 2.3. La consommation d'énergie :

### 2.3.1. La consommation pétrolière:

Nous enregistrons un rythme de la consommation interne, de plus en plus croissant, l'Algérie a consommée d'environ 344506,466 de baril par jour en 2011, soit une progression de 2% par rapport à 2010.

### 2.3.2. La consommation gazière:

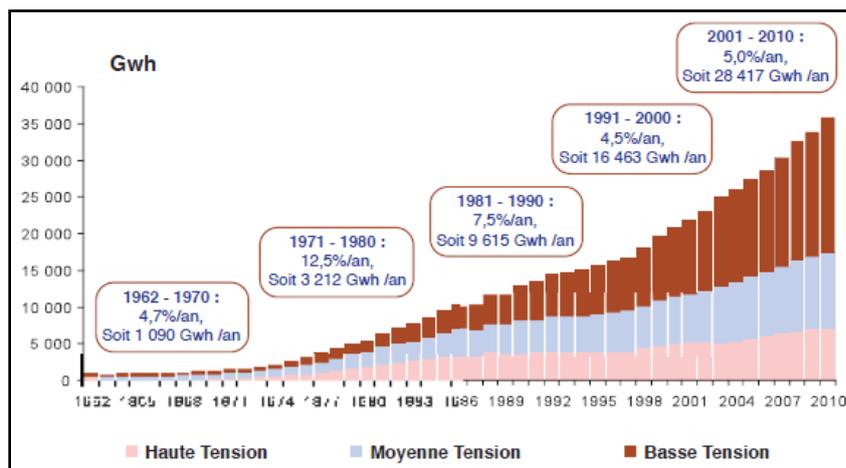
La consommation nationale du gaz naturel a démarré en 1961 avec seulement 0,14 millions de m<sup>3</sup> pour atteindre 18,243 Gm<sup>3</sup> en 1990, soit une progression annuelle sur cette

période de 23%. La part du gaz naturel dans le bilan de consommation énergétique nationale a évolué de 45% en 1976 à 61% en 1998, 64,9% en 2010 et 68,7% fin 2011[30].

Du fait de la décision de ne pas modifier les prix intérieurs de l'électricité, il y a risque d'aller vers 70-75 milliards mètres cubes gazeux horizon 2017-2020 de consommation intérieure. En effet, si l'on prend les extrapolations d'exportation de 85 milliards mètres cubes gazeux et 70-75 milliards de mètres cubes gazeux de consommation intérieures, il faudrait produire dès 2017 entre 155-160 milliards de mètres cubes gazeux supposant d'importants investissements dans ce domaine, limitant le financement des secteurs hors hydrocarbures. Cela accélérera l'épuisement de cette ressource non renouvelable [31].

#### 2.3.4. La consommation nationale d'électricité:

La consommation d'électricité a fortement augmenté entre 1962-2000 avec une croissance moyenne de près de 8%, elle est passée de 993 GWh en 1962 à 20 761 GWh en 2010 (voir figure N° 26) [30].



Source : ministère de l'énergie et des mines

Figure N° 26: La consommation nationale d'électricité (en Gwh)

Durant la période (2001-2010), la consommation nationale d'électricité a enregistré une hausse moyenne de 5% par an pour atteindre 35 800 GWh à fin 2010.

#### ➤ Forte croissance de la consommation d'électricité à partir de 2011

L'Algérie produit 10.000 MW d'électricité pour une consommation annuelle moyenne de 7.000 à 8.000 MW, mais qui atteint des pics de 9.000 MW durant l'été. La consommation nationale a connu une croissance de 14,5% en 2012 et 14% en 2011, alors que

les prévisions de Sonelgaz tablaient sur une croissance de 6% seulement. Le monopole public n'a pas prévu cette hausse de la consommation de l'électricité due à la réalisation de plus d'un million de logements depuis 2001, la mise en service du tramway et du métro d'Alger, et le boom de la climatisation domestique [32].

#### ❖ **L'explosion des ventes de climatiseurs**

Depuis le début de l'été, les ventes de climatiseurs ont littéralement explosé en raison de la canicule qui sévit dans le pays. Les maisons sont équipées souvent de plusieurs climatiseurs. Outre la canicule, les ventes de ces appareils sont favorisées aussi par leurs prix abordables (à partir de 200 euros) et le coût faible de l'électricité, subventionné par l'Etat. En Algérie, les climatiseurs consomment 1.000 mégawatts, l'équivalent d'une fois et demie la consommation d'Alger.

A cet effet, L'Algérie veut renforcer ses investissements dans la production et le transport de l'électricité, pour répondre à une demande tirée vers le haut par les ménages, il a été décidé la construction de 10 centrales électriques totalisant une puissance de 9.250 MW, 300 postes très haute et haute tension, près de 10.000 km de réseau de transport très haute tension et 500 km de réseau de transport de gaz destiné à l'alimentation des centrales. Ainsi, Sonelgaz financera via le Trésor public environ 27 milliards de dollars d'ici à 2016-2017 pour une capacité supplémentaire de 12 000 MW. Tous ces investissements fonctionneront en majorité en turbines de gaz, et pour le Sud au diesel (Comme le diesel connaît un prix international très élevé, à quel coût produira donc le KWH ?) [31].

#### ❖ **Augmentation de la consommation électrique suite à l'implantation des stations de dessalement de l'eau de mer :**

Le Secteur de l'Energie et des Mines a été chargé de mettre en œuvre un programme pour la réalisation de 14 stations de dessalement d'eau de mer [33]. Le coût énergétique du dessalement doit être comparé aux autres dépenses énergétiques, pour mieux évaluer son importance. Prenons un exemple. Une usine de dessalement d'eau de mer à osmose inverse (même technologie utilisée en Algérie) de petite taille produit environ 25 000 mètres cubes par jour d'eau douce. Pour cela, elle consomme 100 000 kilowattheures par jour. Si on considère que la dépense quotidienne en eau s'élève en moyenne à 130 litres par personne. Pour cela, elle dépensera l'équivalent de la consommation électrique journalière de 8 100 foyers de quatre personnes. Dans les communautés où l'usine est l'unique source de fourniture d'eau douce, le dessalement peut ainsi accroître la demande énergétique dans des proportions allant jusqu'à 15 %. [34].

## 2.3.5. La consommation des carburants fossiles :

Tableau N°08 : Consommation de carburants fossiles en Algérie

Produits	1964-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2010
Essences	4,80%	10,40%	5,10%	(-1.7%)	3,50%
Gasoil	10,50%	11,50%	11,50%	0,30%	7,80%
<b>GPL/C</b>	-	-	<b>35,10%</b>	<b>25,40%</b>	<b>3,70%</b>

*Source : Ministère de l'énergie et des mines*

D'après le tableau N°08, on enregistre une consommation en hausse constante accentuée par :

- Un parc automobile en pleine croissance (Le parc automobile s'est renforcé de 568 610 véhicules en 2012 sur total de plus de 5,27 millions de véhicules), soit une hausse de 12%.
- Une augmentation de la consommation des carburants par les engins suite à la réalisation du projet de l'autoroute est-ouest, le projet qui rend l'Algérie importatrice de gasoil.
- Des retards dans la réhabilitation et la modernisation des raffineries existantes. Gaspillage et contrebande également une demande que les capacités actuelles de raffinages ne puissent satisfaire.

Cette augmentation qui va peser sur la demande en carburants au cours de cette année. L'Algérie a consommé en 2012 quelques 14 millions de tonnes de carburants. Soit, une hausse de 14 % par rapport à la consommation de l'année 2011 qui avoisinait les 12 millions de tonnes

➤ **Les importations des carburants :**

En 2012, l'Algérie a enregistré un déficit de production des carburants de plus de 2,4 millions de tonnes de carburants<sup>1</sup>. D'où le recours à l'importation, a cet effet, le groupe SONATRACH importait 2,5 millions de tonnes de carburants dont deux millions de tonnes de gasoil. Les importations du gasoil passeront ainsi de 1,23 million de tonnes en 2011 (tableau N° 09) à 2 millions de tonnes en 2012 d'une valeur de 3 milliards de dollars.

<sup>1</sup> Selon Abdelhamid Zerguine, PDG de la Sonatrach,

Tableau N° 09 : Les importations des carburants en Algérie

Carburant (En K Tonne)	2010	2011
Gasoil	380	1230
Essences	-	390

*Source : ministère de l'énergie et des mines*

L'Algérie sera contrainte d'importer encore plus, non seulement parce que la demande va augmenter sensiblement mais aussi parce que le programme de renforcement de la production nationale en carburant n'a pas été concrétisé.

### 3. Le risque d'épuisement des réserves fossiles :

Comme annoncé par l'ex premier ministre algérien et bon nombre d'experts, l'Algérie pourrait commencer à importer du pétrole à partir de 2020 et du gaz à partir de 2030 pour satisfaire la demande locale. La hausse récente des recettes est due essentiellement à la hausse du prix du pétrole, et non à l'accroissement de la quantité. « C'est une erreur que de penser à gagner beaucoup d'argent en un temps réduit en épuisant les réserves, notamment dans la conjoncture actuelle, les réserves de Hassi Messaoud s'amenuisent et les nouvelles découvertes ne font que couvrir cette faiblesse pour un temps. Avec le maintien de sa dépendance aux hydrocarbures, l'Algérie peut se réveiller un jour sur une situation très douloureuse» [35]

Un rapport récent élaboré par le Club arabe de l'énergie à Beyrouth, indique que le remplacement des réserves de gaz de la zone MENA a chuté à son plus bas niveau, de 16 fois les réserves initiales en 1992 et 13 fois les réserves initiales en 2002 à seulement 2 fois les réserves initiales en 2010. Le remplacement des réserves de gaz naturel par pays situe l'Algérie en territoire négatif à côté de l'Iran qui a remplacé près de 4 fois ses réserves initiales [31].

#### 3.1. Les réserves pétrolières :

L'analyse de l'épuisement des réserves de pétrole pour l'Algérie est souvent évoquée dans les rapports internationaux, l'Algérie pouvant se réveiller un jour dans une situation très douloureuse, plus rapidement pour le pétrole, devenant importateur d'hydrocarbures au moment où la population atteindra 50 millions d'habitants.

L'Algérie est la troisième plus grande réserve en Afrique (derrière la Libye et le Nigeria).

### 3.2. Les réserves gazières

**Tableau N° 10 : Les réserves de gaz naturel de l'Algérie** (Milliards de mètres cubes)

Année	1960	1970	1980	1990	2000	2004	2007	2010	2011
Volume	600	2875	3200	3250	4520	4550	4520	4500	4500
Ratio (R/P)*	-	-	225,3	65,9	53,4	55,4	54,4	56,1	57,7

*Source* : reconstruit à partir de différents rapports annuels de CEDIGAZ et de différentes *Statistical Review of British Petroleum. 2011.*

\* : R/P : Réserves/Production en année.

On constate du tableau N° 10 que les réserves de gaz naturel ont beaucoup progressé depuis 1960 jusqu'à 2004, selon des taux d'évolution différents. Cette augmentation des réserves est due principalement à des réévaluations des potentiels de gisements découverts et au développement des partenariats dans l'exploration. Le taux moyen de renouvellement des réserves s'est situé entre 40 à 50% durant ces dix dernières années [36].

Le ratio réserves/production est passé de 225,3 en 1980 à 54,4 en 2007, cette baisse est expliquée par l'augmentation continue de la production pour satisfaire la demande internationale et la demande nationale croissante qui coïncide avec l'adoption du choix «gaz» comme énergie principale couvrant les besoins énergétique actuels.

La durée de vie des réserves est située entre 25 à 30 ans. Si la fourchette des prix est de 6/7 dollars le million de BTU, la durée de vie est à diviser par deux, soit environ 15/16 ans. Si le prix est de 4/5 dollars, comme cela se passe sur le marché spot ou bien celui du gaz non conventionnel américain, la durée de vie serait entre 10 et 12 ans.

## 4. Une forte augmentation de la production des énergies fossiles

### 4.1. La production pétrolière :

L'Algérie est le quatrième producteur de pétrole en Afrique, après le Nigeria, la Libye et l'Angola. L'Algérie a produit en moyenne 1,173 millions de barils par jour (Mb/j) de pétrole brut en 2011, contre 1,189 en 2010. Ceci est dû en partie à l'augmentation de la capacité de production et des quotas dicté par l'OPEP.

D'après la revue statistique de British Petroleum (publiée en 2004), l'Algérie deviendrait un pays importateur de pétrole dans 16 ans, «l'Algérie est le premier pays producteur qui risque de devenir un pays importateur de pétrole » [37].

## **4.2. La production gazière :**

Le gaz naturel joue un rôle prépondérant dans le progrès socioéconomique en Algérie. Cette source d'énergie constitue, d'une part, le choix fondamental de l'Algérie en matière de couverture des besoins énergétiques surtout pour la production de l'électricité, et d'autre part, une source de devises importante pour le pays via l'exportation dont son principal débouché est le marché européen.

Cependant l'arbitrage entre la consommation locale, de plus en plus grandissante et les exportations se complique davantage vu la stagnation de la production et la baisse des prix qui peut compromettre la rentabilité des réserves ainsi les installations.

### **➤ La production de GNL :**

Pour honorer ses engagements de vente de GNL, SONATRACH a lancé la réalisation de plusieurs complexes de liquéfaction de gaz naturel et de récupération de GPL. Les nouveaux trains de GNL de Skikda et Arzew permettront un apport additionnel de 14 milliards de m<sup>3</sup>/an en 2012 [28].

### **➤ La séparation de GPL (Butane + Propane) :**

L'outil de séparation est composé de deux complexes au niveau d'Arzew (GP1Z et GP2Z) d'une capacité totale de 8,6 millions de tonnes. La mise en exploitation de la nouvelle usine de séparation à Arzew, d'une capacité de 3 millions de tonnes /an prévue pour 2011, permettra de porter les disponibilités à l'exportation à 10 millions de tonnes/an [28].

## **4.3. La production de l'électricité :**

### **4.3.1. La production d'électricité par type de producteur**

La Sonelgaz est le groupement algérien chargé de la production, le transport et de la distribution de l'électricité et du gaz dans le pays. En 2002, la loi n° 02-01 du 05 février 2002 relative à l'électricité et la distribution du gaz par canalisations, ouvre les activités de production de l'électricité à la concurrence, conformément à l'article 06 de la dite loi, mettant ainsi fin à son monopole dans ce domaine. La société a pu garder uniquement la gestion du réseau de transport de l'électricité conformément à l'article 29 de la même loi.

Tableau N° 11 : L'évolution de la puissance installée de production d'électricité

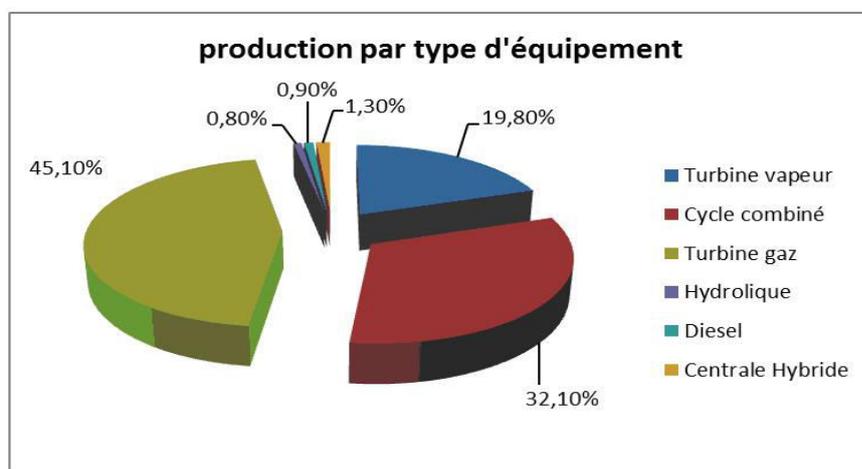
Capacité de production (MW)	1980	1990	2001	2007	2008	2009	2010	2011
Sonelgaz (SPE)	1 852	4 567	5 600	6 752	6 381	8439	8446	8503,8
Tiers indépendants	-	-	-	1 660	1 660	2886	2886	2886
<b>Total</b>	<b>1 852</b>	<b>4 567</b>	<b>5 600</b>	<b>8 412</b>	<b>8 041</b>	<b>11325</b>	<b>11332</b>	<b>11389,8</b>

Source : ministère de l'Energie et des mines

La libéralisation du secteur électrique en Algérie est faible comme montre le tableau N° 11. En effet, des écarts enregistrés par rapport à ce qui est prévu dans la loi 02/01 du 05 février 2002, ces écarts ont trait à un déficit en termes d'investissement privé dans le secteur mis à part les partenariats avec l'opérateur historique Sonelgaz. Les raisons de ce déficit sont en relation avec l'environnement des investissements, en général, et avec les spécificités du secteur électrique en particulier.

**4.3.2. La Production par type d'équipement:**

La capacité installée en thermique en 2010 s'élève à 10 859 MW, soit 96% de la capacité totale installée en 2010 qui est 11 332 MW. Le reste (4%) est produit à partir d centrales hydraulique et diesel, comme le montre la figure N° 27 que la capacité installée en 2010 par type d'équipement de production.



Source : ministère de l'Energie et des mines

Figure N° 27 : La production électrique par type d'équipement

**➤ La production d'électricité d'origine nucléaire**

Pour que l'Algérie diversifie ses sources d'énergie afin de faire face à l'après-pétrole, l'énergie nucléaire est la seule source énergétique qui pourrait remplacer le pétrole et le gaz, sa matière première est abondante dans le pays, il suffit de la valoriser.

Depuis de longues années, l'Algérie a beaucoup investi dans le nucléaire. Elle dispose de deux réacteurs nucléaires : le réacteur nucléaire de Draria sur les hauteurs d'Alger d'une capacité de 3 mégawatts (MW) et construit par les Argentins en 1984, et le réacteur d'Aïn Oussara à 250 km au sud d'Alger construit par les Chinois, d'une capacité de 15 MW. Ces deux réacteurs sont régulièrement inspectés par l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) dont l'Algérie est membre.

Selon certaines sources, l'Algérie dispose d'une réserve de 26 000 tonnes d'uranium et compte se doter d'une centrale nucléaire tous les cinq ans après sa première centrale dont l'acquisition est prévue probablement en 2020

## **5. Une forte dépendance à l'égard des exportations d'hydrocarbures**

### **5.1. Les exportations pétrolières:**

L'Algérie est un important exportateur de pétrole. Ces exportations nettes de pétrole (tous liquides compris) auraient atteint 1,8 Mb/j (millions de barils jour) en 2009. Les États-Unis ont importé environ 488 000 barils/j à partir de l'Algérie en 2009 ce qui représente environ 26 % du totale des exportations de pétrole de l'Algérie comme nous montre la figure N° 28. Les USA seraient les plus gros importateurs du pétrole algérien.

Selon les données de l'Agence internationale de l'énergie, environ 1,12 Mb/j ont été importé par les pays membres de L'Organisation de coopération et de développement économique (OCDE) en 2009, soit 62 % du total des exportations comme le montre la figure suivante. Environ 482 000 barils/j ont été importées par les pays européen de l'OCDE, dont la France, l'Allemagne, l'Italie, et le Royaume-Uni ont été les principaux importateurs. 149 000 barils/j sont allé au Canada, tandis qu'environ 61 000 barils/j sont allé aux autres pays de l'OCDE (Incluant le Japon et la Corée du Sud).

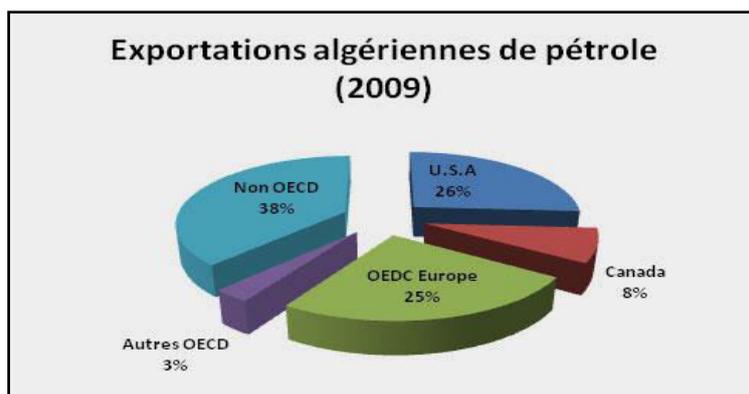


Figure N° 28: Les exportations algériennes de pétrole (Source :AIE)

## 5.2. Les exportations gazières :

Le tableau N 12 présente le volume du gaz naturel algérien exporté durant les périodes 2002 et 2011

Tableau N° 12 : Exportations gazières de l'Algérie (En millions de tep)

Période	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Algérie	57,864	59,85	59,637	65,27	61,56	58,37	58,83	52,67	57,359	52,017

Source : OPEP

L'Algérie est l'un des premiers pays exportateurs de gaz. Elle est pionnière non seulement dans l'exportation du GNL (Unité Camel, 1964), mais aussi dans la mise en service du premier gazoduc transcontinental (Transmed, 1983) en eau profonde, reliant le continent africain (CapBon en Tunisie) à l'Europe (Sicile). Elle est, en fait, l'un des rares pays possédant des infrastructures d'exportation du gaz sous ses deux formes : gazeuse et liquéfiée. L'Algérie dispose actuellement d'un portefeuille de 20 clients répartis au sein de 12 pays.

L'Algérie est un acteur majeur de l'approvisionnement gazier de l'Union Européenne. Ses exportations gazières couvrent plus de 10% des besoins du marché européen. Actuellement l'Italie et l'Espagne sont les deux plus gros importateurs du gaz algérien avec une part de 49% et 22% respectivement.

La compagnie nationale Sonatrach a acquis des participations dans les deux projets de gazoducs sous-marins qui relieront à terme l'Algérie à l'Espagne (projet Medgaz mis en service en 2011) et l'Algérie à l'Italie (projet Galsi) [38].

### ➤ Les contrats d'exportation de gaz à long terme sont menacés:

D'après l'ancien ministre algérien de l'Energie, les contrats d'exportation de gaz à long terme des pays producteurs sont confrontés une menace réelle, puisque l'offre gazière dépasse la demande et les prix du gaz dans les marchés des contrats spot et à terme, ont reculé à de faibles niveaux, et une menace réelle existe pour les contrats d'exportation de gaz à long terme. «Les consommateurs préfèrent acheter le volume minimum stipulé dans les contrats et acquérir le reste sur les marchés spot où l'offre dépasse la demande et où les prix sont bas.»<sup>1</sup>. D'autre part, le ministre de l'Energie et des Mines, M. Youcef Yousfi, a reconnu que l'Algérie, à l'instar d'autres pays producteurs de gaz, fait face à de grandes pressions" de la part de ses clients, en vue de réviser ses contrats gaziers à long terme. « Nous faisons face à de grandes pressions de la part de nos clients, en vue de modifier les contrats à long terme en contrats à court terme ». Les contrats à court terme ne profitent ni aux producteurs, ni aux consommateurs.

## 6. L'économie Algérienne est plus rentière que productive

L'analyse de la structure de l'économie algérienne démontre une forte dépendance à la rente pétrolière et gazière. Cette économie est plus rentière qu'elle n'est productive et efficace. L'économie algérienne est une économie à faibles performances dont les finances dépendent essentiellement des recettes d'hydrocarbures, outre sa contribution directe à la formation du PIB, le secteur des hydrocarbures représente 97% des recettes d'exportation et 70% des recettes de l'Etat via la fiscalité pétrolière et plus du tiers du PIB (31,39% en 2011 et 50 % en 2008 comme il est mentionné dans la figure N°29; mais seulement 2% de l'emploi.

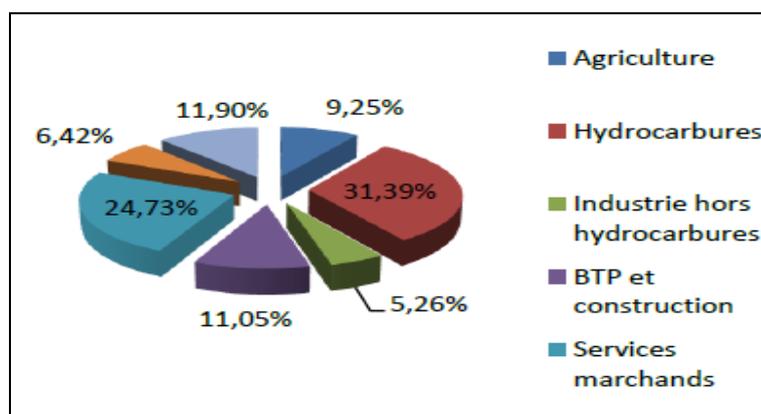


Figure N° 29 : La répartition sectorielle du PIB en 2011 (Sources : FMI)

<sup>1</sup> L'ancien ministre de l'énergie et des mines KHELIL Chakib a estimé qu'une réaction du FPEG est nécessaire. Journal Es Sabil février 2010

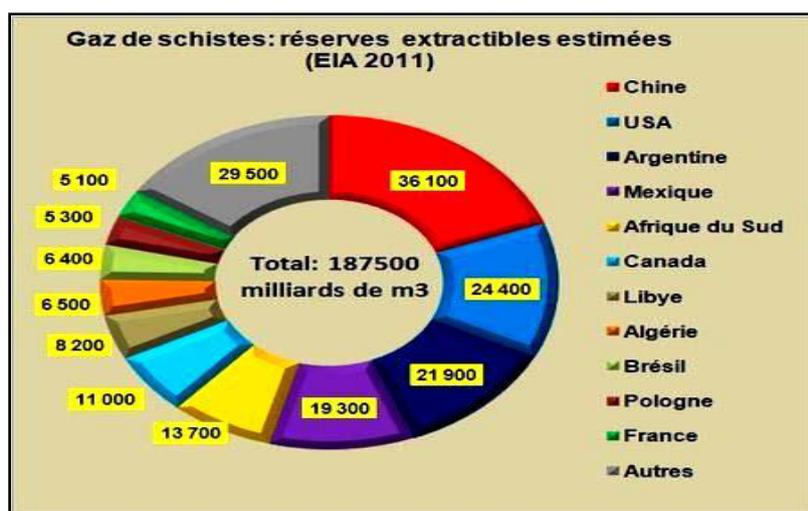
L'Algérie doit en tout cas cesser d'être une économie rentière, un simple pipe-line acheminant pétrole et gaz vers les marchés internationaux et développer les énergies alternatives (solaire notamment) afin de dégager des ressources pour financer un véritable développement durable en mettant fin à l'économie de rente.

Nous remarquons que certains anciens pays pétroliers ont tenu ce pari et se sont développés comme l'Indonésie, qui a même réussi à devenir un dragon de l'Asie du Sud-est alors que ce pays avait dans les années 1970 le même niveau de dépendance que l'Algérie à l'égard des hydrocarbures. L'agriculture, l'industrie, le tourisme sont des secteurs créateurs de richesses qui peuvent se substituer au pétrole, ainsi que le développement des ressources humaines, de la recherche et de la haute technologie pour faire face à la mondialisation, rattraper les retards et rejoindre les pays émergents.

## 7. Le Gaz de schiste en Algérie (ressource non conventionnelle) :

### 7.1. Les réserves :

La déclaration du ministre de l'Energie, selon lui les réserves algériennes de gaz de schiste sont équivalentes à celles des USA, mais selon les dernières estimations établies par l'Agence internationale de l'énergie (AIE) en 2011 (voir la figure N° 30), nous avons les réserves mondiales de gaz de schistes suivantes (en milliards de mètres cubes gazeux) : Chine : 36.120, USA : 29.500, Argentine : 21.900 ; idem pour le Mexique, Afrique du Sud : 13.700, Libye : 8.200, Algérie : 6.500 et non pas les réserves des USA). [39].



Source : Rapport AIE 2011

Figure N° 30: Les réserves de gaz de schiste dans le monde en 2011

## **7.2. Le cadre réglementaire :**

La loi n° 13-01 du 20 février 2013 relative aux hydrocarbures a été publiée au Journal Officiel n° 11 du 24 février 2013. Ce nouveau texte qui vient compléter et modifier l'ancienne loi n° 05-07 de 2005 fixent les grandes lignes de l'exploration et l'exploitation des énergies non conventionnelles ou gaz de schiste : «L'exercice des activités relatives à l'exploitation des formations géologiques argileuses et/ou schisteuses imperméables ou à très faible perméabilité (gaz de schiste ou huile de schiste) utilisant les techniques de fracturation hydraulique est soumis à l'approbation du Conseil des ministres».

## **7.3. L'exploitation de gaz de schiste en Algérie [31] :**

L'Algérie du fait de l'impact sur l'environnement et sans maîtrise technologique pouvant détruire les nappes phréatiques du désert, étant donné que l'Algérie est un pays semi-aride, le problème de l'eau étant un enjeu stratégique au niveau méditerranéen et africain, un milliard de mètres cubes gazeux nécessitant 1 million de mètres cubes d'eau douce, sans compter la nécessaire entente avec des pays riverains se partageant ces nappes non renouvelables dont le Maroc, la Libye et la Tunisie.

L'exploitation du gaz de schiste a entraîné l'utilisation de "plus de 2.500 produits pour la fracturation hydraulique, contenant 750 substances chimiques dont 29 sont connues pour être cancérigènes ou suspectées telles ou présentant des risques pour la santé et l'environnement"<sup>1</sup>.

La durée courte de la vie de ces gisements, environ 5 années pouvant récupérer une moyenne de 20/25% contre 85/90% pour les gisements de gaz conventionnel. Aussi, à l'heure actuelle, le prix de revient du gaz de schiste est de 7-8 dollars par million de BTU, un prix très bas n'encourage pas son développement.

## **8. La menace des concurrents et les énergies de substitutions**

Si certains experts prévoient cette année l'augmentation du prix du baril de pétrole, du fait de la forte consommation mondiale mais également de la faiblesse de l'offre mondiale face à l'épuisement des réserves fossiles traditionnels, il faut en analyser les conséquences comme cela s'est passé le siècle passé par la substitution des hydrocarbures au charbon. Avec

---

<sup>1</sup> Selon un rapport rédigé par la commission de l'énergie et du commerce de la Chambre des représentants américaine.

un baril à plus de 110 dollars le charbon devient rentable et dès 2017 selon l'AIE sera la première source d'énergie avant le pétrole, et cela concerne également d'autres sources d'énergie. Toutes ces questions posent le devenir stratégique de l'Algérie mono-exportatrice.

L'Algérie n'est pas seule sur le marché énergétique avec de nombreux concurrents tels que : la Russie recelant un tiers des réserves, le Qatar, l'Iran et les pays du Golfe proche de l'Asie avec des capacités supérieures à l'Algérie et les importantes découvertes de gaz en Afrique.

Du nucléaire, des énergies renouvelables dont le solaire qui produit à grande échelle ne feront que réduire leurs coûts et entreront forcément en concurrence avec le gaz conventionnel algérien ? Par ailleurs le dernier rapport de l'AIE montre que les USA grâce à la révolution du gaz schiste seront exportateur de pétrole et de gaz dans les 10 années à venir ce qui entraînera un véritable bouleversement mondial si le gaz de schistes est développé en Chine, Inde, la Pologne en Europe. Or 35% des recettes de Sonatrach en valeur viennent des USA [31].

## **9. Une part infime des énergies renouvelables dans le bilan énergétique actuel**

### **9.1. Les sources de production de l'électricité dans quelques pays de l'Afrique du nord :**

Dans les pays d'Afrique du Nord, la production énergétique est principalement basée sur les combustibles fossiles (voir figure N°31). L'Algérie présente la plus faible part d'énergies renouvelables (hydraulique) dans la structure de sa production électrique par rapport à l'Egypte, le Maroc et la Tunisie [40].

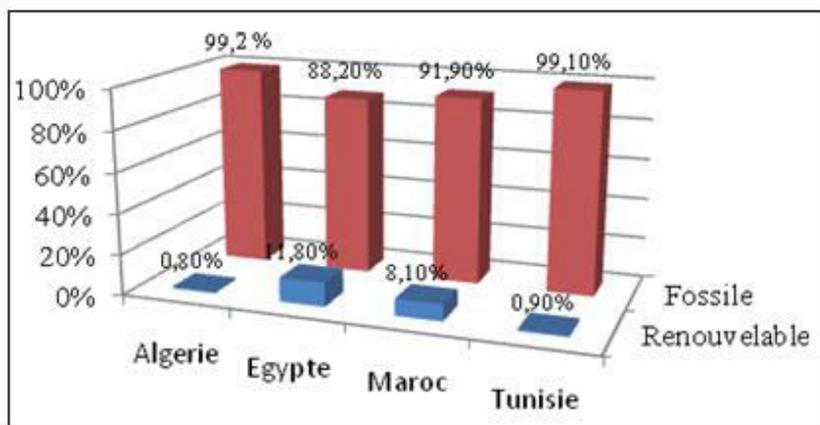


Figure N° 31 : La part des énergies renouvelables et fossiles dans la production d'électricité dans quatre pays de l'Afrique du nord (2008) (Source:AIE)

Les combustibles fossiles et parmi eux majoritairement le gaz naturel dont le pays dispose en quantités importantes, constituent la première source de production d'électricité en l'Algérie. Ils assurent à eux seuls 99,2 % de la production totale du pays.

## 9.2. La part les énergies renouvelables dans le bilan énergétique actuelle

Les énergies renouvelables en Algérie sont utilisées seulement dans la production de l'électricité avec un faible taux dans le bilan énergétique national avec une légère progression comme le décrit le tableau suivant, elles constituent qu'environ 0,02 %.

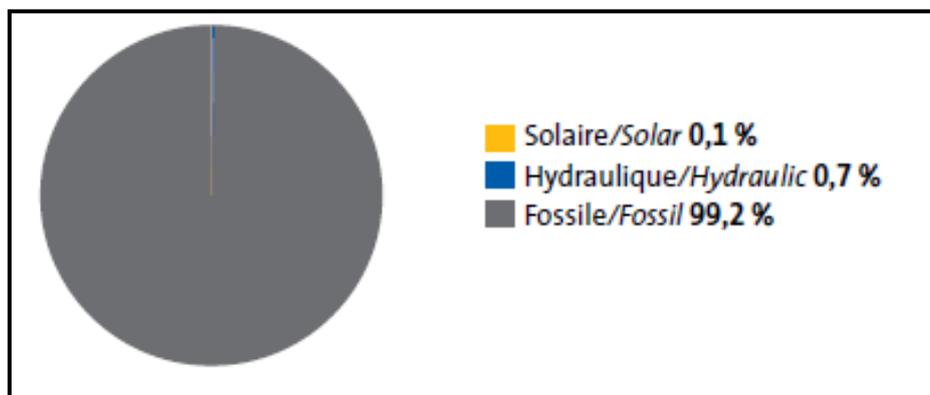
Tableau N° 13 : Production électrique en Algérie par source

Production électrique par source/Electricity production by source							
TWh	2001	2008	2009	2010	2011	TCAM/AAGR 01/11	TC/GR 10/11
Solaire/Solar	-	0,003	0,004	0,004	0,039	124,4 % *	827,3 %
dont photovoltaïque/photovoltaic share	-	0,003	0,004	0,004	0,004	6,8 % *	0,0 %
dont thermodynamique/CF share	-	-	-	-	0,035	-	-
Hydraulique/Hydraulic	0,069	0,283	0,342	0,174	0,380	18,6 %	118,5 %
Fossile/Fossil	28,7	42,3	44,8	48,1	51,8	6,1 %	7,8 %
Tot. renouvelable/renewable	0,069	0,286	0,346	0,178	0,419	19,8 %	135,1 %
Tot. conventionnelle/conventional	28,7	42,3	44,8	48,1	51,8	6,1 %	7,8 %
Total production	28,8	42,6	45,2	48,2	52,2	6,1 %	8,3 %
Part renouvelable/Renewable share	0,2 %	0,7 %	0,8 %	0,4 %	0,8 %		

(Source :AIE)

Selon le figure N°32, Les sources renouvelables ne représentent que 0,8 % du mix en 2011, et 98 % de la production renouvelable est d'origine hydraulique. D'après les données précédentes, la part des énergies renouvelables dans le bilan énergétique national

demeure insignifiante. Elles ne représentent qu'un taux de 0,8%, soit quelques mégawatts qui sont notamment des barrages hydrauliques construits pendant la colonisation qui représente 90,8 % de la production renouvelable.

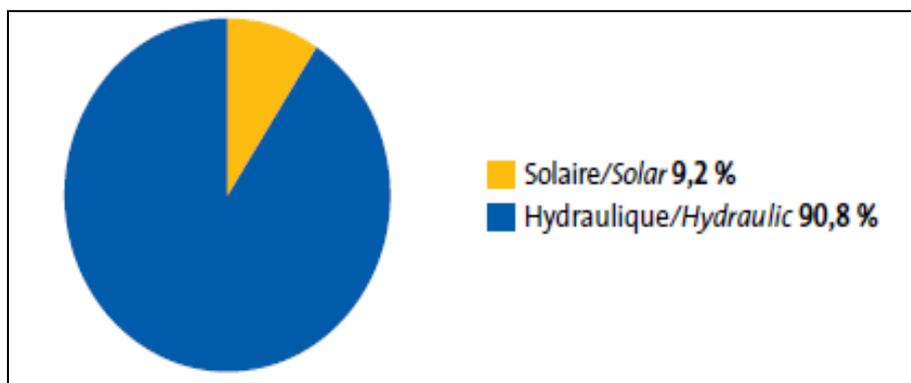


**Figure N° 32: La part des énergies renouvelables dans le bilan électrique nationale en 2011 (Source :AIE)**

Si l'on parle du solaire, de l'éolien, de la géothermie ou de la biomasse, elles ne constituent qu'environ 0,02 % dans le bilan énergétique national, elles n'apparaissent pas dans la figure ci-dessus vue leurs faible taux. Le solaire représente 9,2 de la production renouvelables totale avec l'entrée en production de la centrale hybride de Hassi R'mel (capacité de 150 MW dont 25 MW en solaire). Cette production d'électricité solaire a été de 124 GWh (y compris la production des villages solaires).

### 9.3. La structure de la production électrique d'origine renouvelable

La structure de la production électrique d'origine renouvelable de l'année 2011 est présentée dans la figure suivante :



Source :AIE

**Figure N° 33 : La structure de la production électrique d'origine renouvelable – 2011**

La filière hydroélectrique algérienne affiche une capacité de 245 MW, pour une production de 380 GWh en 2011, soit plus du double du niveau de 2010 (174 GWh), grâce à une pluviométrie plus favorable.

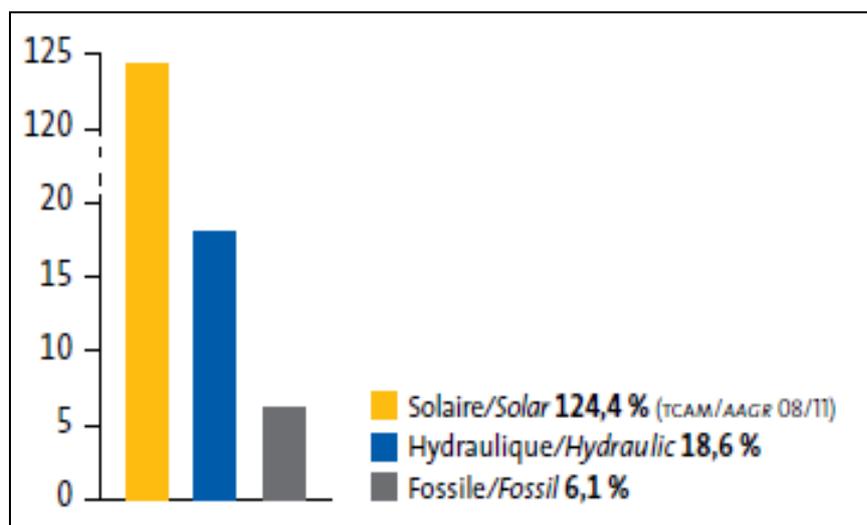


Figure N° 34: Taux de croissance annuel moyen 2001-2011 (Source :AIE)

## 9.4. Quelques réalisations dans le domaine des énergies renouvelables

### 9.4.1. Dans la steppe

- Electrification de plus de 4000 foyers d'une puissance de 600 kwc.
- 160 pompes solaires d'une puissance de 240 kwc.
- 80 pompes éoliennes d'une puissance de 120 kw.

### 9.4.2. Au nord

- Centrale photovoltaïque de 10 kwc connectée au réseau national électrique (ce projet entre dans le cadre de la coopération, algéro-espagnole) CDER.
- Station de services de Naftal alimentée en énergie solaire (Staoueli d'une puissance de 7 kwc).
- Installations pilotes au profit de la gendarmerie nationale : alimentation en énergie photovoltaïque des postes de surveillances routières

### 9.4.3. Au grand sud

- Electrification au solaire de 18 villages
- Electrification de plus de 1000 foyers
- Electrification de 15 mosquées

- Electrification de 15 écoles
- Electrification de 20 postes de sécurité (gendarmerie, gardes communales...)
- Une centrale hybrides solaire/gaz : de 150 MW est le premier du genre au monde avec 130 MW cycle combiné gaz et 25 MW champ solaire avec un cout total de 315,8 Millions d'Euros. Le procédé technologique utilisé est celui des miroirs géants paraboliques sur une superficie de 180000 m<sup>2</sup> avec des panneaux solaires de 100 mètres. 224 collecteurs solaires dans une superficie de 130 ha dont le champ solaire occupera 90 ha.
- Alimentation de plus de 100 sites e télécommunication (puissance de 650 KWc)
- Projet d'électrification à l'énergie solaire d'un village de Torset
- Projet de Motorisation de 14 Puits d'Eau de Parcours

Quelque projet avec petites capacités, “Nous avons accusé un retard considérable pour l'exploitation des énergies renouvelables”<sup>1</sup>, Pourtant, l'Algérie recèle des potentialités énormes telles que 3 000 heures d'ensoleillement par année, une irradiation solaire de 6 kilowatts/heure/m<sup>2</sup> au sud et 4 à 5 Kilo-Watts/heure/m<sup>2</sup> au nord. La consommation énergétique européenne peut être satisfaite 15 fois plus, rien qu'avec les capacités existantes au sud du pays.

L'avenir de l'Algérie ne doit pas dépendre uniquement de l'énergie solaire mais il faut développer davantage le potentiel géothermique estimé à plus de 200 sources géothermales, il faut, prendre en considération les potentialités de chaque région suivant les diverses énergies renouvelables recensées.

---

<sup>1</sup> Déclaration de M. Salim Kehal, directeur du Centre de développement des énergies renouvelables (Cder).

## **Conclusion du chapitre**

Manque d'efficacité énergétique, forte consommation intérieure, une économie rentière plus que productive, une forte dépendance aux recettes des hydrocarbures et un risque d'épuisement des réserves fossiles, cause du réchauffement climatique..., autant de points faibles de la politique énergétique actuelle de l'Algérie.

Le développement de l'extraction d'énergies fossiles dites « non conventionnelles » en Algérie, telles que les gaz de schistes, peuvent repousser le peak oil, sans pour autant modifier le caractère épuisable de ces ressources. D'une manière générale.

L'Algérie doit développer en urgence un modèle de consommation énergétique, un modèle qui permettra de freiner la consommation d'énergies fossiles et optimisera celle des énergies renouvelables fortement disponibles dans notre pays. Elle doit passer d'une politique énergétique construite sur une énergie essentiellement fossile, polluante, abondante, et peu chère, à une politique où l'énergie est renouvelable, abondante, chère mais moins polluante, ayant pour objectif, le remplacement à terme des énergies de stock (pétrole et gaz) par les énergies de flux (éolien, solaire, hydraulique, géothermique et biomasse).

---

# **Partie 3**

## **L'expérience de l'Espagne et du Maroc dans le domaine des énergies renouvelables**

---

Chapitre 5 : L'expérience espagnole

Chapitre 6 : L'expérience Marocaine

## **Introduction de la troisième partie**

Le développement des énergies renouvelables ne répond pas seulement à un enjeu environnemental, l'apport de ces énergies à la diversification et à la sécurité d'approvisionnement en énergie ou en matières premières, les enjeux industriels qui s'y rattachent et la création d'emplois qu'elles impliquent en font un facteur de développement durable central, notamment au niveau de ce que l'on peut appeler les territoires durables.

Différents pays et régions ont utilisé une gamme de dispositifs pour encourager le développement d'une capacité en énergie renouvelable. Ils exploitent une gamme étendue de techniques. Une partie considérable des discussions parmi les politiciens, les universités et d'autres acteurs, notamment associatifs, s'oriente vers la conclusion que la combinaison des dispositifs est nécessaire pour que les buts des politiques des énergies renouvelables soient atteints.

Parmi les pays qui ont procédé à l'introduction des énergies renouvelables dans leur bilan énergétique, l'Espagne et le Maroc, à travers la mise en place des plans de développement de ces énergies. Dans cette partie, nous aborderons avec détail, l'expérience de ces deux pays.

## Chapitre 5 : L'expérience espagnole

### Introduction du chapitre

Ce chapitre fait le point sur la situation énergétique de l'Espagne, un pays qui continue à émettre beaucoup plus de gaz à effet de serre que ne l'en autorise le protocole de Kyoto, un pays qui présente une efficacité énergétique plutôt faible mais un pays qui a fortement parié sur le développement des énergies renouvelables, à tel point que celles-ci ont représenté en 2010 près d'un tiers de sa source d'électricité.

## 1. Le cadre général des énergies renouvelables en Espagne

### 1.1. Le contexte énergétique espagnol [41]

La politique énergétique espagnole a suivi ces grands axes communs mais s'est aussi attaché à traiter ses problèmes spécifiques:

- Une intensité énergétique trop forte (voir figure N°35): Pour produire une même unité de produit intérieur brut, l'Espagne consomme plus d'énergie que la moyenne des pays européens. Pour corriger cette tendance, d'importants efforts ont été réalisés ces dernières années en matière d'économie d'énergie et d'efficacité énergétique. Après six années d'amélioration constante (-13% sur la période 2004-2009, voir figure suivante), l'intensité énergétique s'est à nouveau dégradée en 2010 (+2,4% par rapport à 2009).

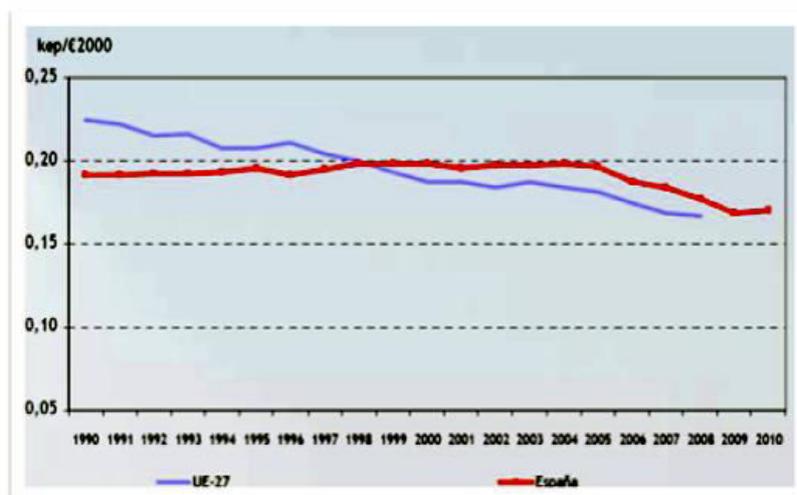
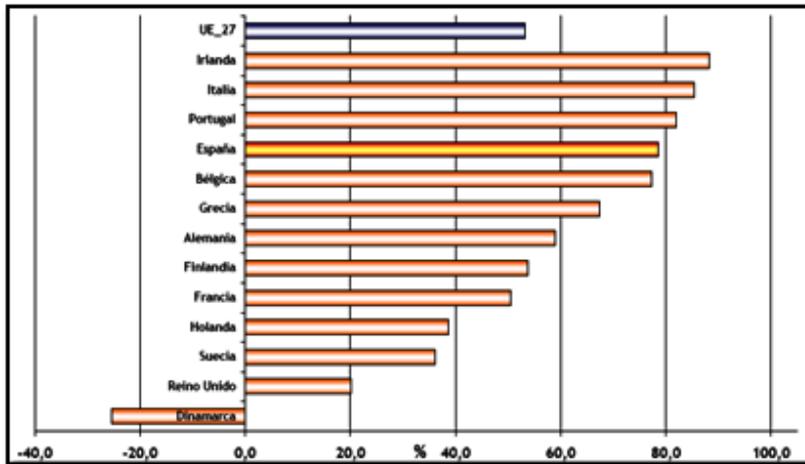


Figure N° 35: L'intensité d'énergie primaire (Source : IDAE)

- Une dépendance énergétique forte (voir figure N°36). La faible présence d'énergie primaire fossile sur le territoire implique une forte dépendance énergétique, comme on peut le voir sur la figure au dessous. Cette grande dépendance implique des risques pour l'industrie, en termes de garantie d'approvisionnement et de volatilité du prix de l'énergie.



Source : IDAE, PANER 2010-2020

Figure N° 36: La dépendance énergétique UE27 2007/2008

- Une forte émission de gaz à effet de serre. La forte croissance de ces dernières décennies a augmenté la demande en transport et la production d'énergie électrique, ce qui fait de l'Espagne un pays fortement émetteur de gaz à effet de serre.

Afin de répondre à ces spécificités, la politique énergétique espagnole a suivi trois axes [41]:

- Augmenter la sécurité de l'approvisionnement,
- Améliorer la compétitivité de l'économie,
- Garantir un développement économique, social et environnemental durable.

Dans ce contexte, les autorités espagnoles ont fortement soutenu le développement des énergies renouvelables, source d'énergie propre et locale.

## 1.2. Les résultats de la politique mise en place

### 1.2.1. Le PER 2005-2010 : ses objectifs, son coût et ses réalisations [41]

Le Plan des Energies Renouvelables PER 2005-2010, qui est une actualisation du PER 2000-2010, était la feuille de route des objectifs fixés pour 2010, à savoir : couvrir 12% de la

consommation totale d'énergie du pays en énergie renouvelable, générer 29,4% de l'électricité à partir de sources renouvelables et utiliser jusqu'à 5,75% de biocarburants dans les combustibles consacrés au transport.

Objectifs pour la plupart atteints et même parfois dépassés. Avec 3 138 MW de puissances renouvelables supplémentaires installées au cours de l'année 2010 (2605 MW électriques et 533 MW thermiques), la part des énergies renouvelables dans le bouquet énergétique espagnol a augmenté pour atteindre 13,2% de l'énergie finale, soit presque un point de plus qu'en 2009 (12,3%) pour une part d'énergie primaire de 11,3%.

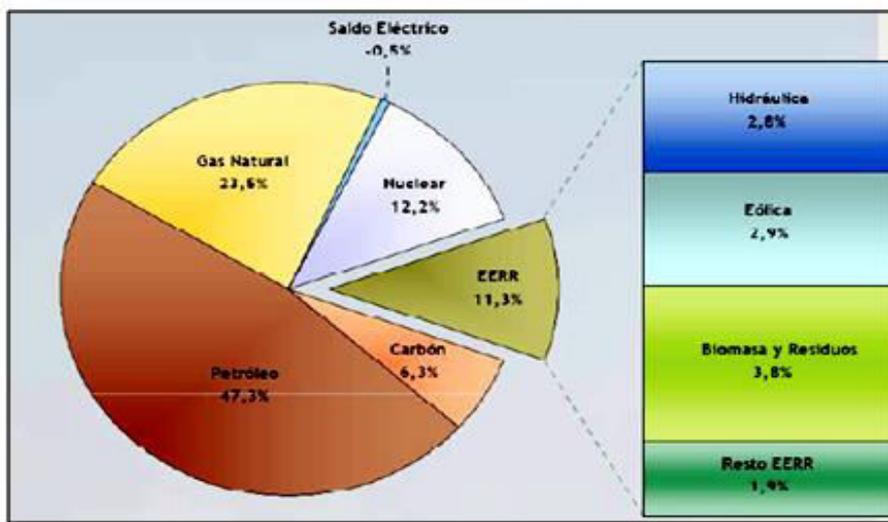


Figure N 37: La consommation d'énergie primaire en 2010 (Source IDAE)

Selon la figure N°37, nous remarquons qu'en 2010, les énergies renouvelables ont ainsi représenté près du tiers (32,6%) de la génération brute d'électricité, 7 points de plus qu'en 2009, grâce notamment à l'éolien et l'hydraulique qui ont produit à eux seuls 81,7% de l'électricité d'origine renouvelable. Au cours du mois de mars 2011, l'éolien a même dépassé la contribution du nucléaire dans la génération d'électricité, en couvrant 21% de la demande en énergie électrique.

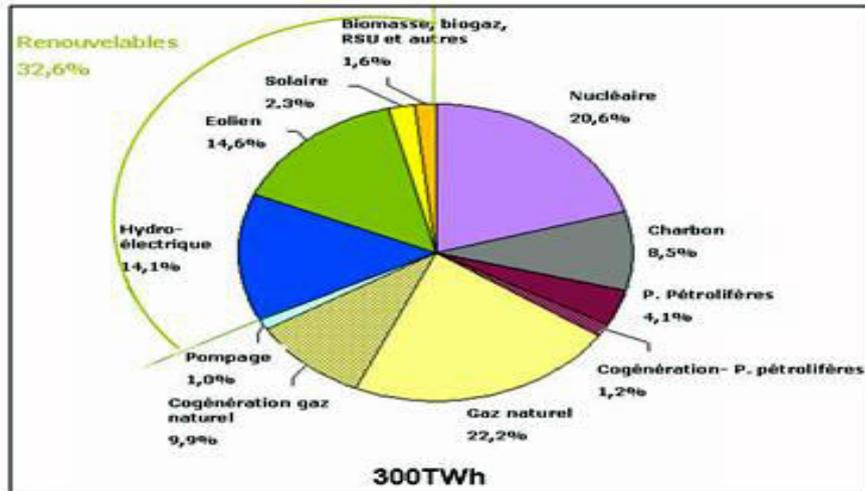


Figure N° 38 : La production brute d'électricité 2010 (Source : IDAE)

▪ Le bilan du PER 2005-2010

La mise en place de ce plan a impliqué un investissement de 23,6 milliards d'euros sur la période 2005-2010, dont 8,5 milliards pour soutenir les énergies renouvelables, desquels 3,5 milliards proviennent d'aides publiques au sens strict (aide à l'investissement, incitations fiscales à la production de biocarburant) et 4,9 milliards sont versés sous forme de primes aux producteurs d'électricité. Les objectifs du PER 2005-2010 ont pour la plupart été atteints comme on peut le voir sur le tableau suivant :

Tableau N° 14 : Comparatif entre objectif du PER et résultats 2010

	Objectif PER 2005-2010	Résultats fin 2010
<b>Electricité d'origine renouvelable</b>	29,4%	32,6%
<b>Biocarburant</b>	5,75% d'incorporation de biocarburant 2 200 ktep de production	4,83% d'incorporation 3 874 tep de capacité de production de biodiesel et 296 ktep de bioéthanol
<b>Eolien</b>	20 155 MW installés	20 750 MW installés
<b>Photovoltaïque</b>	400 MW installés	3 787 MW installés
<b>Thermoélectrique</b>	500 MW installés	732 MW installés
<b>Biomasse solide</b>	1317 MW installés	Consommation de 3 655 ktep thermique et 533 MWe
<b>Solaire thermique</b>	4,9 millions de m <sup>2</sup> installés	2,3 millions de m <sup>2</sup> installés
<b>Biogaz</b>	235 MW	177 MW

Source : réalisation propre à partir des données du PER et de l'IDAE 2011

■ Une diminution de la dépendance énergétique

Nous pouvons voir sur la figure ci-dessous, la part croissante des énergies renouvelables dans la production d'énergie a permis un accroissement de la production nationale d'énergie et donc une diminution de la dépendance énergétique du pays. Avec un niveau d'auto-approvisionnement de 25,7% de la consommation énergétique finale en 2010, la capacité d'auto-approvisionnement a augmenté de 2,9 points en un an. Nous pouvons ainsi noter une nette diminution de l'utilisation du charbon national en 2010,

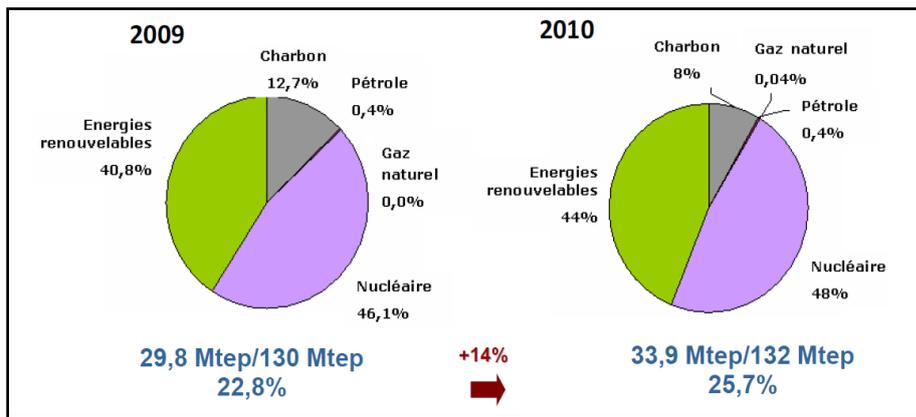
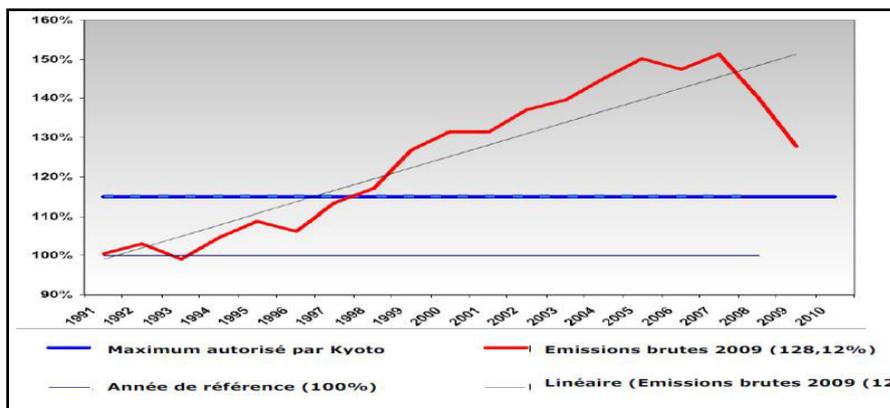


Figure N° 39: La production d'énergie en Espagne (Source : MITYC)

1.3.2. L'Espagne et le protocole de Kyoto [41]:

Nous constatons de la figure N° 40 qu'avec la crise, les émissions de gaz à effet de serre ont chuté de manière drastique comme on peut le voir sur la figure suivante : -6,5% entre 2007 et 2008, -8,7% entre 2008 et 2009.



Source : CCOO2

Figure N° 40: Les émissions de gaz à effet de serre entre 1990 et 2009 en Espagne

## **2. Le CO<sub>2</sub>, un nouvel outil de financement des énergies renouvelables [41]**

L'idée est de faire supporter le coût des renouvelables par tout le système énergétique. Cet impôt devrait affecter le chauffage des foyers et les carburants consacrés aux transports. Les grandes industries soumises à la directive du commerce des émissions en seront exemptées puisqu'elles payent déjà pour le CO<sub>2</sub> émit.

## **3. Les problèmes de la politique énergétique espagnole :**

### **3.1. Un besoin urgent d'interconnexion entre les pays et de solutions de stockage énergétique performantes**

Les besoins nocturnes de l'Espagne sont d'environ 8 000 mégawatt heures. L'Espagne se voit obligé de déconnecter certains parcs éoliens les nuits de vent intense. Pour éviter un tel gâchis, les solutions sont l'exportation et le stockage.

Concernant le stockage, la solution actuelle est le pompage dans les centrales hydrauliques réversibles (rechargement des barrages par remontée d'eau). A moyen terme, le développement des voitures électriques qui se rechargeraient la nuit pourrait aussi servir de forme de stockage. La R&D travaille sur d'autres pistes comme le stockage via la production d'hydrogène. L'idée est transformée en hydrogène l'électricité produite en surplus et de convertir l'hydrogène en électricité lorsqu'il y a pénurie de vent ou de soleil.

Pour ce qui est de l'exportation comme autre solution pour profiter des surplus d'électricité verte, celle-ci nécessite une bonne interconnexion du réseau électrique espagnol avec ses voisins. L'hypothèse d'une interconnexion Maroc-Espagne permettant l'échange de 2 000 MW a été émise afin de favoriser au maximum l'intégration d'énergie solaire marocaine dans le bouquet énergétique européen. Deux nouvelles connexions électriques Espagne-France sont planifiées d'ici à 2014 afin de porter la capacité d'échange entre les deux pays à 1 700 MW en situation de pointe, été comme hiver, et à 2 700 MW en période creuse.

### **3.2. Le déficit tarifaire**

Le déficit tarifaire de l'énergie apparu au début des années 2000 n'a cessé d'augmenter au fil du temps et a atteint en 2010 un montant cumulé de 20 milliards d'euros. Ce déficit créé par la différence entre revenus de l'électricité (factures d'électricité) et coûts de

génération. Les deux dernières lois concernant le déficit tarifaire prévoient qu'à partir du 1<sup>er</sup> janvier 2013 il ne soit plus possible de générer plus de déficit et que le péage d'accès au réseau électrique payé par les producteurs suffise à couvrir les coûts.

L'argent des factures d'électricité sert actuellement à payer les primes au régime spécial (énergie renouvelables et cogénération), le transport de l'énergie ainsi que la distribution et la gestion commerciale.

Le système de primes a été mis en place en 1997 afin d'aider le développement des énergies renouvelables dans leur phase de lancement et compenser les coûts futurs engendrés par les énergies traditionnelles comme par exemple les conséquences du changement climatique. Les exploitants d'énergies renouvelables reçoivent comme prime la différence entre le prix actuel de l'énergie et celui fixé pour elle par le gouvernement (régime spécial). Plus le prix de l'énergie diminue, plus les primes sont importantes.

En 2009, 6,2 milliards d'euros de subventions ont été distribués aux énergies renouvelables. Afin de réduire le déficit tarifaire, le ministère de l'industrie avait décidé de diminuer l'aide aux énergies renouvelables au travers de plusieurs décrets publiés fin 2010 et a proposé, début 2011, de financer les énergies renouvelables à partir d'une taxe sur le CO<sub>2</sub>, pour soulager la facture d'électricité.

Un autre décret paru le 7 décembre 2011 prévoit une diminution de 35% du tarif de rémunération de l'éolien pour la période 2011-2012 ainsi qu'une limitation du nombre d'heures annuelles subventionnées par le gouvernement pour l'éolien comme pour l'énergie thermique. Suite à la décision de supprimer le déficit tarifaire d'ici fin 2013, de nouvelles mesures ont été adoptées concernant le photovoltaïque, limitant le nombre d'heures de fonctionnement éligible au tarif spécial. De plus, depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2011, tous les producteurs d'électricité, qu'ils dépendent du régime spécial ou de l'ordinaire, doivent payer 0,50 centimes d'euro par MWh injecté dans le réseau. Le but de cette taxe est de contribuer à la maintenance et au développement du réseau électrique espagnol.

#### **4. Les investissements dans les énergies renouvelables**

Les incertitudes sur les primes aux renouvelables ont été préjudiciables aux financements de nouveaux projets dans le pays. Suite au frein du gouvernement en matière de financement de ces énergies, l'Espagne est passée du quatrième rang en 2008 au huitième rang

des pays les plus attractifs en matière d'investissements dans les renouvelables en 2010, place qu'elle conserve en 2011 selon la classification d'Ernst & Young « Energy Country Attractiveness Indices ». Le ministère de l'industrie présente les énergies renouvelables comme la principale cause du déficit tarifaire.

Les réductions des primes, notamment au solaire photovoltaïque, ont été bien perçues y compris par les propres producteurs, car la rémunération généreuse avait attiré des investissements spéculatifs, créant une bulle photovoltaïque dangereuse. Cependant, l'effet rétroactif des mesures a diminué de manière drastique la rentabilité des projets et créé un climat d'incertitude. Seul le solaire thermoélectrique a vu ses projets prospérer grâce à une garantie des tarifs jusqu'en 2013.

Une chose est sûre, le marché espagnol des renouvelables a été fortement ébranlé par toutes les incertitudes planant sur la rémunération de ces énergies, incertitudes qui ne sont jamais du goût des investisseurs. Mais l'Espagne reste un pays à fort potentiel pour le développement de ces énergies comme nous attestons le tableau suivant :

**Tableau N°15 : Le potentiel des sources d'énergies renouvelables en Espagne, pour la génération d'électricité**

Thermoélectricité	> 1 000 GW
Eolien (onshore + offshore)	340 GW
Géothermie (zones étudiées)	2,5 GW
Géothermie (zones non étudiées)	20 GW
Vagues	20 GW
Hydroélectrique	13GW
Pompage	13 GW
Biomasse	8GW
Résidu Solide Urbain (RSU)	1,8 GW
Biogaz	1,2 GW

*Source : IDAE, présentation du PER 2011-2020*

## 5. Les énergies renouvelables et le futur

L'Espagne prévoyait une participation à hauteur de 22,7% des énergies renouvelables dans la génération globale d'énergie et de 42,3% dans la génération brute d'électricité à l'horizon 2020. Le décret royal 661 du 25 mai 2007 qui régule la production d'énergie électrique en régime spécial, prévoit l'élaboration d'un nouveau Plan des Energies Renouvelables PER 2011-2020. Le PER reprend les grandes idées du PANER auquel il incorpore des analyses environnementales, des analyses de coût ainsi que des analyses

sectorielles afin d'évaluer avec plus de précision les chiffres annoncés dans le PANER et présenter un programme concret.

Dans un premier temps, en 2012, date de fin de la Stratégie d'économie et d'efficacité énergétique 2004-2012, le gouvernement espagnol a réduit la dépendance énergétique, en 2011 proche de 80%, à 75%. Par la suite, un nouveau plan d'efficacité énergétique devrait être élaboré, visant à une amélioration de l'intensité énergétique de 2% par an d'ici à 2020.

Des mesures spécifiques notamment dans les secteurs des transports (promotion du véhicule électrique) et du bâtiment (révision du code technique du bâtiment en 2012), ou encore des éclairages, devraient permettre d'économiser quelques 3,2 Mtep/an.

Le ministère de l'industrie propose un nouveau bouquet énergétique et prévoit une augmentation de la demande en électricité à l'horizon 2020.

La croissance du renouvelable compensant largement la décroissance du charbon nationale, la capacité d'auto-approvisionnement du pays devrait augmenter petit à petit, comme nous montre la figure suivante :

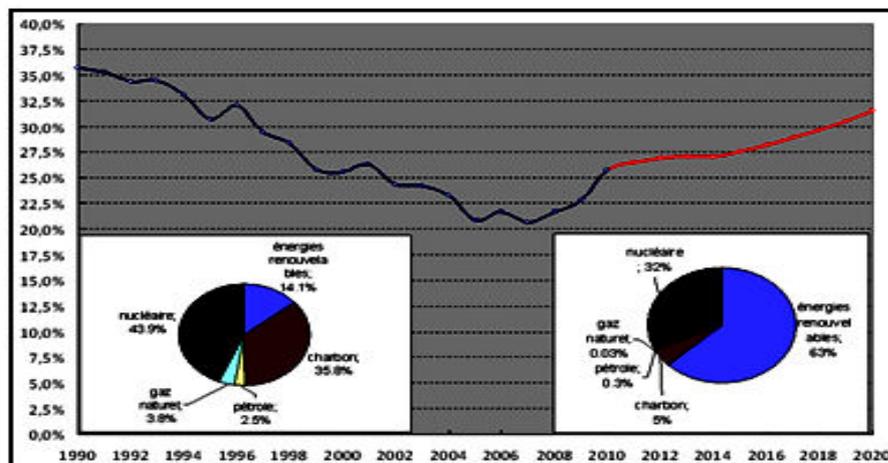


Figure N° 41 : L'évaluation du taux d'auto-approvisionnement (Source : IDAE)

Au sein du bouquet renouvelable, l'éolien devrait conserver sa forte prédominance dans la génération d'électricité, comme le montre la figure suivante, avec 49% de la génération nationale d'électricité prévu pour 2020. Cependant, la contribution de l'énergie hydraulique devrait petit à petit diminuer en faveur d'une plus grande participation des énergies solaire photovoltaïque, solaire thermoélectrique et biomasse.

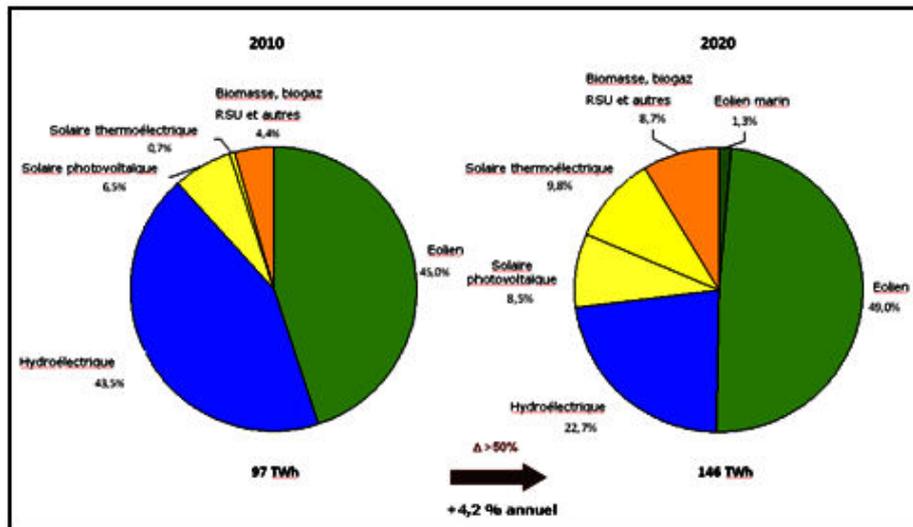


Figure N° 42: L'évolution de la génération d'énergie électrique à partir d'énergie renouvelable (Source : IDEA)

Ce nouveau PER devrait engendrer 62,7 milliards d'euros d'investissement en prenant en compte la participation du secteur privé. Il devrait coûter à la communauté 20,1 milliards d'euros avec des retombées à hauteur de 25,9 milliards en économie de gaz, de pétrole ou encore d'émission de CO<sub>2</sub>, ce qui lui confère un bilan positif.

## 6. Les énergies renouvelables en Espagne

### 6.1. L'énergie éolienne

#### ➤ Etat des lieux

Malgré un ralentissement dû à la conjoncture économique et à la diminution du tarif d'achat, l'Espagne a conservé en 2010 sa place de second pays européen, derrière l'Allemagne, en terme de capacité éolique installée (20 750 MW) et arrive quatrième dans le classement mondial.

L'Espagne a dépassé les objectifs du PER 2005-2010 qui visaient à l'installation de 20 155 MW. Pour l'année 2010, le pays a installé 1 752 nouveaux MW. En moyenne, la production d'énergie éolique a couvert 16% de la demande d'énergie électrique sur l'année 2010. [41]

Au mois de mars 2011, l'énergie éolique est devenue ponctuellement pour la première fois la première source d'énergie électrique du pays, couvrant 21% de la demande, dépassant ainsi l'apport de l'énergie nucléaire (19% de la demande), de l'hydraulique (17,3% de la demande) et du cycle combiné de gaz (17,2% de la demande). On peut aussi noter que l'Espagne possède 8 MW en éolienne de petite puissance, essentiellement dans des zones isolées du réseau général.

➤ **Politique suivie**

Entre 2008 et 2009, les installations éoliennes ont progressé de 52,8%. Mais avec la création d'un registre des pré-affectations mis en place par le décret royal 6/2009 le marché a diminué de presque 29% entre 2009 et 2010.

Avec cette nouvelle procédure, le gouvernement central doit préalablement donner son aval aux projets éoliens pour qu'ils puissent bénéficier du système d'aide à la production. Il retire ainsi aux gouvernements régionaux la prérogative d'accorder des licences d'exploitations. L'objectif du gouvernement est de limiter la croissance de son marché éolien et de faire face à l'afflux de nouveaux projets liés à la révision prochaine de l'actuel système d'incitation valable jusqu'en 2012, le nombre de projets en attente représentant déjà environ 14 GW.

Entre 2005 et 2010 les installations éoliennes mises en marche ont reçu 2,6 milliards d'euros de primes dont 815 millions d'euros pour la seule année 2010.

A l'horizon 2020, l'objectif est d'installer 15 000 MW de puissance éolique supplémentaire dans le pays pour atteindre une puissance cumulée de 35 750 MW répartie de la manière suivante : 34 700 MW en éolienne terrestre, 300 MW d'éolienne de petite puissance et 750 MW d'éolienne marine.

Pour faciliter le développement des éoliennes marines, le nouveau PER prévoit une procédure administrative simplifiée pour les installations de R&D d'une puissance maximale de 30MW et limitées à deux éoliennes.

➤ **Le potentiel de l'énergie éolique marine**

La feuille de route énergétique conçue par le gouvernement pour l'horizon 2020 à travers le nouveau PER, prévoit l'installation de 750 MW de capacité éolique offshore.

L'énergie éolienne marine est une des énergies les plus rentables du futur. Le coût d'implantation des éoliennes en mer est certes très supérieur à celui sur terre mais la période de vie utile est augmentée en mer. Le marché offshore, en relayant le marché terrestre, devrait permettre de dynamiser la croissance européenne.

Selon EWEA, d'ici à 2030, la moitié de l'énergie éolique sera générée en mer et bien que l'Espagne soit leader en énergie éolique terrestre.

## **6.2. L'énergie Solaire**

### **6.2.1. Le solaire thermique basse température**

#### **➤ Etat des lieux**

Les capteurs solaires thermiques sont essentiellement utilisés pour la production d'eau chaude sanitaire et le chauffage des bâtiments. Après avoir augmenté très fortement en 2008, le marché européen du solaire thermique n'a pas résisté à la crise économique et a chuté de 9,6% en 2009.

En Espagne, la crise immobilière a particulièrement affecté le marché du solaire thermique qui a chuté de manière plus forte que la moyenne européenne.

Cette crise a limité l'efficacité du nouveau code de la construction qui oblige toute nouvelle construction ou réhabilitation à couvrir entre 30 et 70% de la demande domestique d'eau chaude sanitaire grâce à une installation solaire thermique. En 2009, seules 240 000 constructions neuves ou réhabilitations ont été soumises à ce nouveau code. Ce nombre a tombé à 190 000 réalisations en 2010.

Le Plan Energies Renouvelables 2005-2010 visait l'installation de 4,9 millions de mètres carrés de panneaux solaires pour 2010, et fin 2010 c'est à peine la moitié de l'objectif qui a été atteint avec 2,3 millions de mètres carrés installés dont 348 000 m<sup>2</sup> pour l'année 2010 comme nous montrons dans la figure ci-dessous.

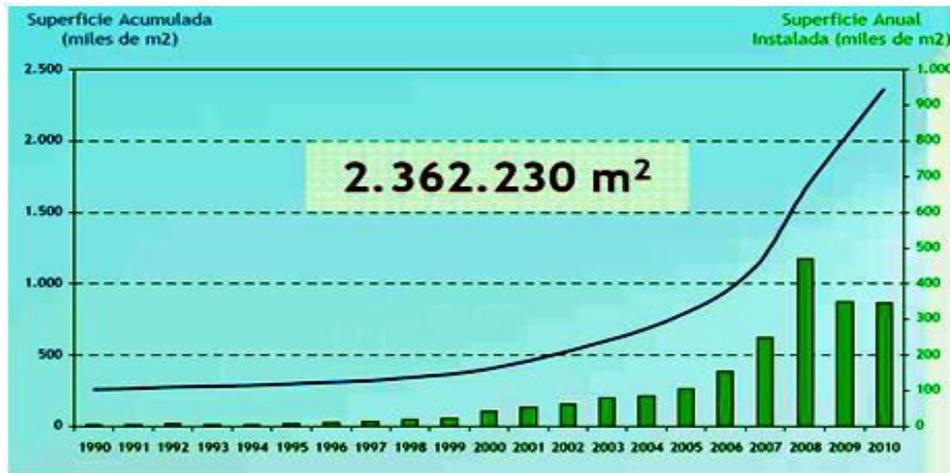


Figure N° 43: Résultats 2010 du secteur solaire thermique (Source : IDAE)

### ➤ La politique suivie

L'objectif fixé par le nouveau PER est de produire en 2020 12% de l'énergie consacrée au chauffage et à la climatisation à partir d'énergies renouvelables, soit 7 488 GWh, 3,5 fois plus qu'en 2010. Pour cela, il faudrait qu'à la fin de la décennie, le pays cumule environ 10 millions de m<sup>2</sup> de panneaux solaires thermiques, soit plus de quatre fois la superficie actuellement existante.

Pour cela, le PER prévoit entre autre de promouvoir l'exemplarité des bâtiments publics et de standardiser les demandes pour simplifier le processus d'obtention des autorisations.

## 6.2.2. Le solaire thermique haute température ou thermodynamique

### ➤ Etat des lieux

L'Espagne est toujours, et de loin, leader sur le marché européen en matière d'énergie thermodynamique et a largement dépassé les 500 MW installés prévus dans le Plan des Energies Renouvelables 2005-2010. En ces temps de crise, il y a eu un vrai effet d'aubaine provoqué par un tarif d'achat alléchant (26,9 c€/kWh en 2007), qui a attiré de nombreux projets. Selon un rapport publié par CSP Today et Altran fin 2009, le pays concentrait 32% de la capacité mondiale en fonctionnement et 89% des projets en construction.

Le PER 2011-2020, prévoit lui, que 10% de la production électrique de 2020 provienne de sources thermoélectriques, soit presque 14 400 GWh, ce qui représente 20 fois

plus que l'énergie générée en 2010 par les centrales thermoélectriques. Un boom est donc à prévoir dans ce secteur mais il ne faudra pas oublier qu'un nouveau cadre régulateur est prévu à partir de 2013.

➤ **Les différentes technologies**

Pour produire de l'électricité à partir de l'énergie solaire thermique, quatre technologies sont actuellement utilisées et en cours de développement.

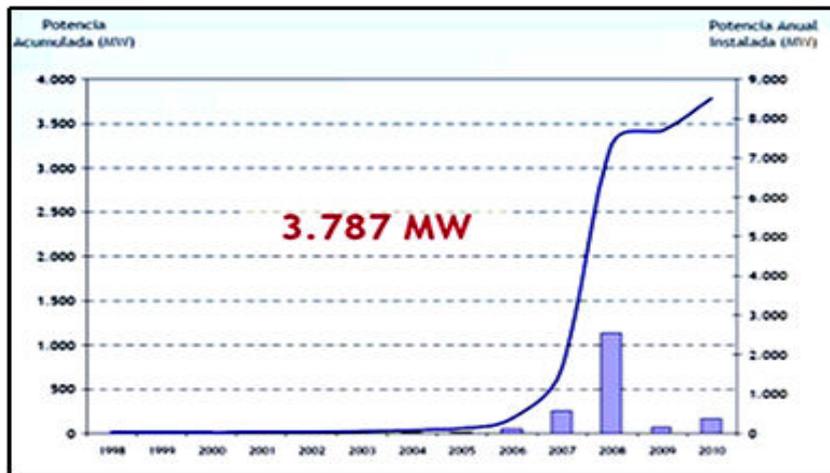
- ♦ Les centrales à collecteurs cylindro-paraboliques
- ♦ La technologie de récepteur central ou de tour
- ♦ La tour centrale :
- ♦ La technologie des réflecteurs linéaires de type Fresnel ou celle des disques paraboliques avec moteur Stirling

### **6.2.3. L'énergie photovoltaïque**

➤ **Etat des lieux**

L'Espagne, grâce à son ensoleillement et aux importantes subventions accordées par le gouvernement entre 2007 et 2008, représentait un des meilleurs pays d'Europe pour l'implantation d'installations photovoltaïques. Des importantes subventions accordées par le gouvernement espagnol ont généré un boom : en seulement 3 ans (2006-2007-2008), le nombre d'installations était supérieur aux prévisions faites pour 2020 et nous pouvons voir cette forte croissance sur la figure N° 41. Afin de régulariser le secteur dont les projets se sont multipliés de manière excessive et non contrôlée, le gouvernement a diminué depuis septembre 2008 les subventions des projets à venir et a limité la possibilité d'implantation de nouvelles installations à 500 MW par an avec une augmentation de 10% annuel.

L'industrie espagnole du photovoltaïque a terriblement souffert de l'effondrement de son marché national (2 687 MW installés en 2008 pour seulement 99 MW installés en 2009). En 2010, le marché photovoltaïque espagnol a légèrement augmenté par rapport à 2009 avec 369 MW installés pendant l'année. L'ensemble du parc photovoltaïque cumule actuellement 3 787 MW comme on peut le voir sur le bilan de la figure suivante :



**Figure N° 44: Le bilan 2010 du secteur photovoltaïque - puissance cumulée et puissance annuelle installée en MW (Source : IDAE)**

➤ **La Politique actuelle**

Le marché du solaire photovoltaïque espagnole est caractérisé par :

▪ **Un nouveau risque pour les banques**

Les projets photovoltaïques installés en masse en Espagne se sont financés entre 80 et 90% grâce à des prêts bancaires. Si les entreprises ne peuvent pas rembourser ces prêts, les banques devront assumer la charge de parcs photovoltaïques en plus d'un parc immobilier invendu d'une valeur estimée à 59,7 milliards d'euros et issu de la crise immobilière...

▪ **Une nouvelle baisse des primes**

Le ministre de l'industrie a proposé à travers le décret RD 1565/2010 du 19 novembre 2010, une nouvelle baisse des primes attribuées au secteur photovoltaïque en utilisant comme argument majeur la forte diminution du prix de la technologie liée à un afflux de silicium sur le marché, à l'amélioration des techniques industrielles et aux économies d'échelle aujourd'hui réalisables.

▪ **Le coût du photovoltaïque et proposition de relance du marché**

Le coût de l'énergie photovoltaïque a diminué de 70% en seulement deux ans grâce à une plus grande efficacité des cellules, à la diminution du besoin en silicium et autres matériaux coûteux pour la réalisation des cellules et surtout aux progrès constants de R&D.

Plus précisément, le PER 2011-2020 prévoit que 8,5% de l'énergie électrique renouvelable provienne du secteur photovoltaïque en 2020, ce qui implique la production de 1063 ktep d'énergie photovoltaïque, deux fois la puissance produite en 2010.

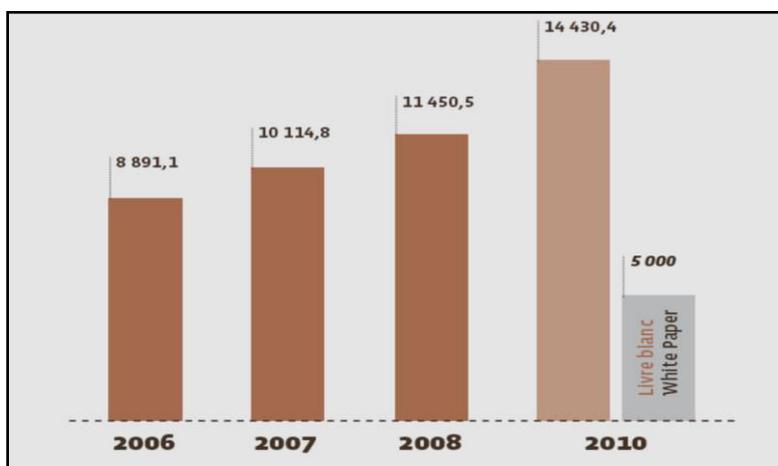
### ➤ Les acteurs et les axes de développement

Grâce au fort développement du photovoltaïque entre 2007 et 2008, l'Espagne peut compter aujourd'hui sur une trentaine de centres de R&D travaillant sur le solaire photovoltaïque ainsi que sur 500 entreprises.

## 6.3. La géothermie

### ➤ Etat des lieux

Le marché européen est en croissance régulière (+9,5% entre 2007 et 2008) et plus de 100 000 unités ont été installées annuellement ces dernières années. D'après la figure N° 45; les objectifs du livre blanc de l'Union Européenne pour la production de chaleur géothermique sont d'ailleurs largement dépassés.



Source : Eurobar'ER 2009

**Figure N° 45: Comparaison de la tendance actuelle avec les objectifs du livre blanc pour la production de chaleur géothermique (en MWth)**

Cependant, l'Espagne n'a pratiquement pas développé l'utilisation de cette technologie. L'Espagne cumulait seulement 22,3 MW de puissance géothermique fin 2008, exclusivement destinée à un usage thermique dans des stations balnéaires, pour le chauffage de serres ou celui de résidences .

Nous pouvons résumer le manque d'intérêt pour cette énergie comme suit :

- Tout d'abord la douceur du climat espagnol permet aux particuliers comme aux entreprises de ne pas consommer excessivement d'énergie en chauffage. Des systèmes réversibles permettant le chauffage en hiver et le rafraîchissement en été seraient les plus adaptés pour ce pays.
- Le manque de soutien institutionnel et l'absence de réglementation incitative.

➤ **Innovations et axes de développement**

- La géothermie n'avait d'ailleurs pas été incluse dans le PER 2005-2010. Cependant, au niveau du PANER 2011-2020, elle est (rapidement) évoquée à travers les solutions disponibles pour les réseaux de chauffages et de rafraîchissement et sera incluse dans le PER 2011-2020. L'objectif 2020 serait d'atteindre 50 ktep d'énergie thermique en 2020, soit 3 fois plus que l'énergie disponible en 2010.
- La géothermie haute température (ou profonde) est en phase de développement au niveau mondial. Il n'existe actuellement aucune installation de géothermie profonde en Espagne.

## **6.4. La biomasse**

### **6.4.1. La biomasse solide**

L'objectif fixé par le PER 2005-2010 était d'atteindre 1 370 MW. Fin 2008, l'Espagne avait réalisé 32% de son objectif et se plaçait en 6ème position des producteurs d'énergie primaire à partir de biomasse et en 10ème position pour la production d'électricité à partir de biomasse (1,8 TWh)

Selon les chiffres avancés dans la présentation du PER 2011-2020, l'Espagne a consommé en 2010 3,65 Mtep d'énergie thermique issue des résidus agricoles et forestiers et 533 MW d'énergie électrique, principalement issue des résidus industriels.

### **6.4.2. Les biocarburants**

Le PER 2011-2020 a fixé les objectifs de consommation de biocarburant des années à venir (voir tableau ci-dessous) et prévoit différentes mesures pour développer le secteur dans la prochaine décennie, parmi lesquelles nous relèverons:

- La création d'un programme national de développement technologique des biocarburants,
- La définition d'une liste d'établissements autorisés à réaliser les mélanges de biocarburant,
- L'établissement d'un mécanisme pour réduire l'impact des pratiques commerciales abusives,
- L'augmentation de la présence de biocarburants dans les hydrocarbures,

**Tableau N° 16 : Objectifs de consommation de biocarburant dans les transports en Espagne (en ktep/an)**

	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2020</b>
Bioéthanol	232	281	400
Biodiesel	1 816	1 878	2 313
Total biocarburant	2 048	2 159	2 713

*Source* : PER

### 6.4.3. Le Biogaz

#### ➤ Etat des lieux

La principale application du biogaz est la production d'électricité bien qu'une petite partie soit utilisée pour un usage thermique. Le PER 2005-2010 visait une production électrique à partir de biogaz de 1 417 GWh. En 2008, l'Espagne produisait déjà 584,5 GWh à partir de cette énergie. La consommation actuelle de biogaz est de 34 ktep d'énergie thermique et 177MW d'énergie électrique.

Selon le PER 2011-2020, le potentiel énergétique à partir de biogaz s'élèverait à 1 818 ktep en Espagne et pour 2020, l'objectif est de produire 100 ktep thermique et d'avoir une puissance électrique disponible de 400 MW.

#### ➤ Innovation et axes de développement

De nouvelles applications qui permettraient de profiter de manière plus efficace du biogaz que la transformation en électricité ou en chaleur existent. Après avoir fait passer le biogaz par différents procédés d'épuration, il est possible par exemple, d'obtenir un gaz comparable au gaz naturel, le biométhane, qui peut être injecté dans le réseau de gaz naturel ou être utilisé comme combustible pour véhicule ou il sera destiné à l'usage thermique.

## **6.5. L'hydraulique**

### **6.5.1. Les barrages hydroélectriques et centrales mini hydrauliques**

#### **➤ Etat des lieux**

Fort de 150 ans d'expérience, le secteur hydraulique a acquis une grande maturité technologique, et bien qu'il existe déjà en Espagne une puissance installée de 18 573 MW, le potentiel de cette énergie encore exploitable est supérieur à 1 000 MW selon les estimations du PER 2011-2020.

En 2009, la puissance hydraulique installée était répartie ainsi : 13 521 MW à travers des usines de plus de 50 MW, 3 077 MW grâce aux centrales d'une puissance comprise entre 10 et 50 MW, et 1 920 MW grâce aux mini-centrales de moins de 10 MW, soit un total de 18 518 MW. En 2010, ce total atteignait 18 573 MW qui a permis de produire 42 215 GWh, soit 14,5% de la demande en électricité du pays.

#### **➤ Innovation, axes de développement**

L'Espagne possède des entreprises fabricant l'équipement des centrales et l'innovation dans ce secteur déjà mûr se cantonne à apporter de petites améliorations aux turbines. Les efforts futurs devraient porter sur le développement de stations de transfert d'énergie par pompage.

### **6.5.2. Les énergies marémotrices et houlomotrices**

L'Espagne dispose d'un grand potentiel en terme d'énergie issue de la mer mais ce marché est encore très jeune et les technologies, en phase de développement.

Cependant plusieurs initiatives ont vu le jour ces dernières années et le PER

2011-2020 inclut pour la première fois l'énergie marine au sein des énergies renouvelables à développer en Espagne. 100 MW d'énergie marine installés. Le but est d'arriver en 2020 en phase de commercialisation de cette énergie. Voici quelques exemples d'initiatives en cours dans le pays.

## **Conclusion du chapitre**

Les objectifs du PER 2005-2010 ont pour la plupart été atteints et même dépassés dans plusieurs cas, comme celui de l'éolien, du photovoltaïque ou de thermosolaire et l'Espagne a jusqu'ici réussi avec brio le pari de l'incorporation croissante des énergies renouvelables.

Par ailleurs l'Espagne est le pays développé qui s'éloigne le plus des objectifs fixés par le protocole de Kyoto (avec +52,3% d'émissions de gaz à effet de serre en 2007 par rapport à 1990, au lieu d'un maximum de +15% accordé pour 2012) [42]

A cet effet, un autre Plan des Energies Renouvelables 2011-2020 a été mis en place, prévoit des investissements à hauteur de 62 milliards d'euros sur les 10 ans à venir ainsi qu'un peu plus de 18 milliards de subventions pour atteindre d'ici à 2020, 20,8% de la consommation finale d'énergie d'origine renouvelable. C'est un plan dont l'ambition affichée est en ligne avec celle du plan précédent et qui fait de l'Espagne, un pays à suivre avec intérêt pour son volontarisme en la matière.

## Chapitre 6: L'expérience marocaine

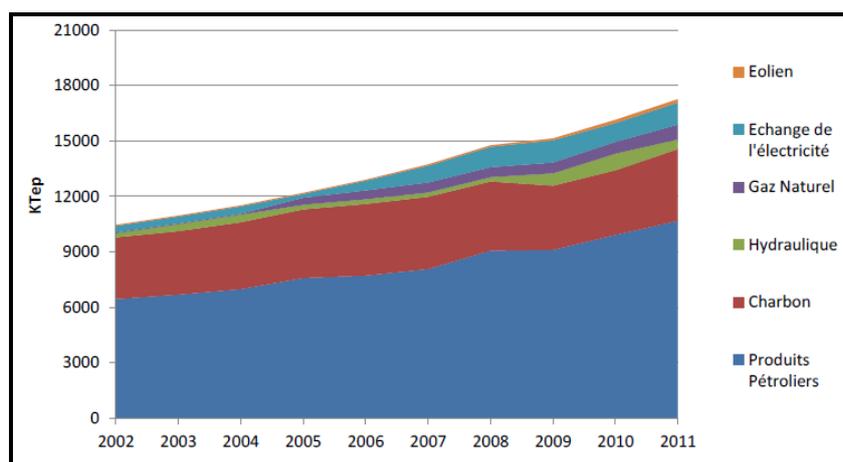
### Introduction du chapitre

Dépourvu de ressources en hydrocarbures, le Maroc demeure largement dépendant des importations pétrolières. Celles-ci avoisinent 30 % des importations générales du Royaume, affectant énormément le budget de l'État, car les subventions accordées pour le soutien des prix intérieurs des produits pétroliers avoisinent l'équivalent des dépenses d'investissement du Budget général, Cette situation nuit à la croissance économique de la population marocaine. Elle appelle des efforts de l'État qui ne peut pas réellement intervenir sans puiser dans les réserves budgétaires du pays

Nous présentons dans ce chapitre la politique énergétique mise en place par le royaume du Maroc afin d'augmenter la part des énergies renouvelables dans le bilan énergétique marocain.

### 1. Les caractéristiques du secteur énergétique marocain [43]

Le Maroc, peu doté en ressources énergétiques conventionnelles, dépend quasi totalement de l'extérieur pour son approvisionnement en sources d'énergies modernes pour satisfaire sa demande croissante inhérente à son essor économique et à sa progression démographique.



*Source : Ministère de l'énergie, des mines, de l'eau et de l'environnement marocain 2013*

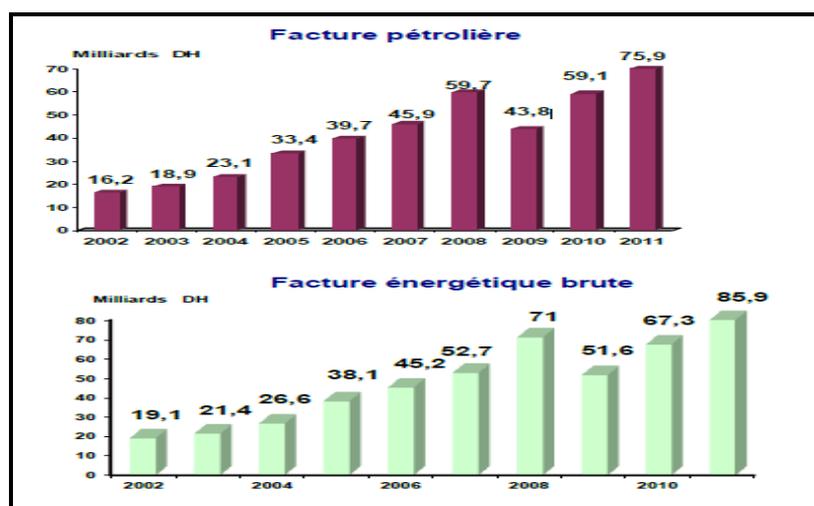
**Figure N°46: L'évolution de la consommation d'énergie primaire au Maroc**

Le secteur énergétique marocain est caractérisé par :

- Les produits pétroliers restent prépondérants comme nous pouvons voir dans la figure N°46,
- la part du charbon s'est appréciée en raison notamment de son utilisation massive dans la génération électrique.
- La part du gaz naturel progresse, Sa consommation a augmenté notamment en raison de la mise en service de la centrale Aïn Bni Mathar.
- Les énergies renouvelables représentent en 2011 4,1 % de la consommation nationale en énergie primaire. L'apport de l'hydroélectricité, tributaire des aléas climatiques représente 3% en 2011. Quant à l'énergie éolienne, qui fait son apparition, sa contribution s'élève à 1,1% de la consommation énergétique de 2011.

Les échanges d'électricité avec l'Espagne et l'Algérie (essentiellement l'Espagne) sont estimés à 6,9 % en 2011. Une hausse de 16,9 % a été observée en 2011. La demande marocaine en énergie électrique a évolué, durant la première moitié de décennie écoulée, à un rythme très soutenu, de l'ordre de 7,5% par an en moyenne. En 2011, cette demande a progressé à 8,4 %, pour atteindre 28.752 GWh.

Comme le montre la figure N° 47, et en raison de forte hausse des cours du pétrole sur le marché international, la facture énergétique globale du Maroc est passée de 21 milliards DH en 2003 à près de 71 milliards DH en 2008 (dont près de 85,7 % pour les importations de pétrole) et atteint 85,9 milliards de DH, dont 88,4 milliards de DH pour les produits pétroliers.



Source : Ministère de l'énergie, des mines, de l'eau et de l'environnement marocain

Figure N° 47: La facture énergétique au Maroc

Pour sauvegarder le pouvoir d'achat des citoyens et la compétitivité de l'économie, l'Etat marocain a soutenu les prix des produits pétroliers à hauteur de 43 milliards de DH en 2011 contre seulement 0,7 milliards de DH en 2003, ce qui a constitué une lourde charge pour le budget.

## **2. Les acquis des réformes engagées depuis 1990 :**

Depuis 1990 des réformes ont été engagées en matière de libéralisation, de restructuration des secteurs pétrolier et électrique et de participation du secteur privé à la réalisation de grands projets.

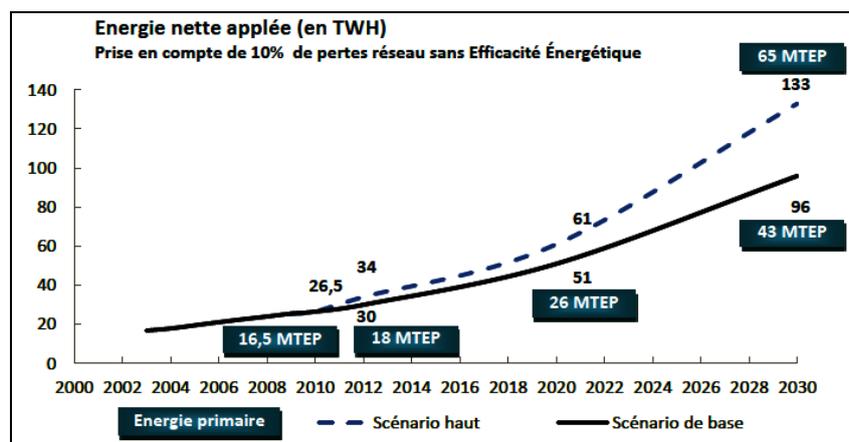
- La privatisation du secteur pétrolier aval
- La fiscalité pétrolière a été réformée
- Le développement de la production électrique indépendante

## **3. La nouvelle stratégie énergétique [43]**

Le Maroc connaîtra dans les années à venir un véritable bond en avant dans son développement économique et social avec la réalisation de grands chantiers déjà lancés ou programmés. Les besoins en diverses formes d'énergie vont croître à un rythme annuel soutenu de 5% en moyenne. En raison de cet essor sans précédent de l'économie marocaine et de la progression démographique couplée à l'élévation du niveau de vie de la population, avec un triplement de la demande énergétique primaire qui passerait de près de 16,15 Mtep en 2010 à 43 Mtep à l'horizon 2030 et un quadruplement de celle de l'électricité qui bondirait de 26 500 GWh à 96 000 GWh pendant la même période, nécessitant une puissance installée globale de 12 000 MW contre 6 407 MW à fin 2011.

Dans un scénario de rupture, la consommation culminerait en 2030 respectivement pour l'électricité à 133 000 GWh pour une puissance installée de 20 000 MW et à 65 Mtep pour l'énergie primaire.

### 3.1. La puissance à installer à l'horizon 2030



Source : Ministère de l'énergie, des mines, de l'eau et de l'environnement marocain 2013

Figure N°48: Puissance à installer à l'horizon 2030

Dans la volonté d'assurer une meilleure adéquation entre l'offre et la demande d'électricité, le Maroc étudie deux plans d'équipement électrique à horizon 2020, reposant sur des scénarios favorisant respectivement l'utilisation du Gaz naturel et du charbon propre (voir figure N° 48. [43]

### 3.2. La capacité électrique existante et nouvelles capacités [43]

Tableau N° 17: La capacité électrique existante

Nous présentons dans le tableau suivant la capacité électrique existante :

<b>Puissance installée en MW</b>	<b>2012</b>
<b>Production Thermique privée</b>	<b>1704</b>
<b>Jorf Lasfar (Charbon)</b>	<b>1320</b>
<b>Tahaddart (gaz naturel)</b>	<b>384</b>
<b>Production Thermique ONEE</b>	<b>1537</b>
<b>Gaz naturel</b>	<b>472</b>
<b>Charbon</b>	<b>465</b>
<b>Fuel</b>	<b>600</b>
<b>Energie renouvelables</b>	<b>1586</b>
<b>Eolien</b>	<b>280</b>
<b>Usines Hydrauliques</b>	<b>1306</b>
<b>STEP</b>	<b>464</b>
<b>Turbines à gaz</b>	<b>1432</b>
<b>Total</b>	<b>6723</b>

Source : Ministère de l'énergie, des mines, de l'eau et de l'environnement marocain 2013

Le programme d'équipement de production d'électricité jusqu'à 2016 est donné comme suit :

- Pour la période 2012-2016, le plan d'équipement est composé d'unités de production engagées ou en cours de réalisation, totalisant 5200 MW.
  - **Charbon** : Unités de Jorf Lasfar 5&6 (2x350 MW), SAFI (2x660 MW dont une unité en 2016 et la deuxième en 2017) et Jerada (350 MW)
  - **Fuel**: Groupes diesels de Tiznit et Dakhla (90 MW)
  - **Hydraulique** : Complexe Mdez El Menzel (170 MW) et STEP de Abdelmoumen (350 MW)
  - **Eolienne** : Parcs de Tarfaya, Taza , Koudia Al Baida (Repowering et extension) Tanger II et Parcs Eoliens Privés (1320 MW)
  - **Solaire** : Centrales de Ouarzazate et de Ain Béni Mathar (900 MW)

#### 4. Les objectifs et les orientations stratégiques [43]

C'est en intégrant toutes ces données dans leurs dimensions internationale et nationale que le Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement, acteur responsable du développement énergétique du pays a élaboré une nouvelle stratégie énergétique nationale pour relever ces défis, avec pour objectifs majeurs d'assurer [43]:

- La sécurité d'approvisionnement et la disponibilité de l'énergie,
- L'accès généralisé à l'énergie à des prix raisonnables,
- La maîtrise de la demande ;
- La préservation de l'environnement.

Pour atteindre ces objectifs, les orientations stratégiques adoptées et déclinées en plans d'action à court, moyen et long terme ont défini les lignes forces à mettre en œuvre pour satisfaire la demande énergétique croissante :

- Construire un bouquet électrique optimisé
- Développer les énergies renouvelables
- Eriger l'efficacité énergétique en priorité :
- Mobiliser les ressources fossiles
- S'intégrer dans le système énergétique régional africain et eur -méditerranéen

## 5. Les plans d'actions dans le domaine des énergies renouvelables [43]

### 5.1. A court terme:

#### ➤ La promotion des chauffe-eau solaires

A connu en 2010 l'installation d'environ de plus de 300 000 m<sup>2</sup>. Des mesures d'accompagnement sont en cours de développement pour la mise en œuvre d'un programme en vue de généraliser les chauffe-eau solaires et pour installer 440 000 m<sup>2</sup>.

#### ➤ Le programme national d'efficacité énergétique

- **L'efficacité énergétique dans le secteur résidentiel et tertiaire**  
Installation des solaires thermiques basse température (1 360 000 m<sup>2</sup> d'ici 2020)
- **L'efficacité énergétique dans le secteur industriel**  
Installation des kits PV et pompes solaires

### 5.2. A moyen et long terme

La montée en puissance des énergies renouvelables : Le Maroc dispose d'un énorme potentiel en énergies renouvelables, notamment en énergie éolienne dont le potentiel global est estimé à 25 000 MW avec 6000 MW réalisables à des vitesses de vent dépassant 9m/s à 40 mètres de hauteur dans plusieurs régions et en solaire avec une irradiation de ~5 kWh/m<sup>2</sup>/an et 3000 h/an d'ensoleillement, soit une moyenne équivalente à l'Europe du sud, a une capacité de production théorique de plus de 20 000 GW. La valorisation de ce potentiel se fera par :

#### ➤ Le Projet Marocain Intégré d'Énergie Solaire à Ouarzazate

Lancé le 02 novembre 2009 à, sous la présidence effective du Roi Mohammed VI ; d'une puissance de 2 000 MW (38% de la puissance installée actuelle), et un coût estimé à 9 Milliards de Dollars, ce projet sera mise en service en 2019. Le projet économise annuellement 1 million de TEP avec 3,7 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> par an d'émission à éviter [44].

La Banque mondiale a annoncé le 17 novembre 2012 avoir approuvé un total de 297 millions de dollars de prêts au Maroc pour aider à financer la construction de ce complexe de production d'électricité solaire.

Au cours de l'année 2012, il a été procédé à l'annonce, le 24 Septembre 2012, du groupe qui sera chargé de la réalisation de la première tranche de la centrale d'Ouarzazate avec une capacité initiale de 160 MW.

➤ **Le projet marocain intègre d'énergie éolienne**

Lancé le 28 juin 2010 à Tanger sous la présidence effective du Roi Mohammed VI

- Réalisation de parcs éoliens d'une puissance installée de 2000 MW (38% de la puissance installée actuelle) d'une production énergétique annuelle 6600 GWh (26 % de la production nationale actuelle) avec un coût estimé à 3,5 Milliards de Dollars
  - En plus des projets réalisés ou en cours de développement, cinq nouveaux sites choisis pour leur gisement éolien exceptionnel : Sendouk (Tanger), Koudia Baida II (Tétouan), Taza (Taza), Tiskrad (Laâyoune), Boujdour (Boujdour)
  - Impacts: Economie annuelle de 1,5 millions de TEP et émission évitée de 5,6 millions de tonnes de CO2 par an
  - Le premier parc éolien sera mis en service en 2014 et la totalité du programme en 2020.
- ❖ Ces deux grands projets visent à renforcer l'offre à partir des ressources nationales, à réduire la dépendance énergétique et à préserver l'environnement. L'objectif est d'augmenter la contribution des énergies renouvelables dans la consommation en énergie primaire de près de 5% en 2009 à 8% en 2012 pour atteindre 10 à 12% en 2020 et 15 à 20% en 2030. Leur part dans la production électrique atteindra 42 % en 2020 (voir tableau N°18).

**Tableau N° 18: Evolution de la puissance électrique installée par source à l'horizon 2020**

en %	2009	2015	2020	Part des EnR <sup>1</sup>
Charbon	29%	35%	27%	
Fuel	27%	19%	10%	
Gaz	11%	8%	21%	
Hydraulique	29%	21%	14%	} <b>42%</b>
Solaire	0%	5%	14%	
Eolien	4%	12%	14%	

Source : Ministère de l'énergie, des mines, de l'eau et de l'environnement marocain 2011

### 5.3. Les capacités électriques cumulées d'origine renouvelable [43]

Les puissances électriques vont progresser à un rythme accéléré pour atteindre pour :

- **L'éolien** : 280 MW en 2010, 2.000 MW en 2020 et 5520 MW en 2030.
- **Les centrales à concentration solaire (CSP)**

20 MW en 2010, 125 MW lancés à \* Ouarzazate. Les projections pour 2020 et 2030 seront clarifiées après les résultats des appels d'offres des autres centrales du plan solaire. Avec les avancées technologiques et la baisse des coûts attendues, cette filière, outre la production électrique, pourra être utilisée pour le dessalement de l'eau de mer afin de combler le déficit en eau potable prévu à l'horizon 2020-2030 dans plusieurs régions côtières du Royaume. Cette source, vouée à un grand avenir pour produire de l'électricité en masse, pourra être développée par des partenariats intégrés dans le cadre régional à travers le Plan Solaire Méditerranéen, le projet Desertec et le projet MedGred.

A ces projets destinés à satisfaire la demande électrique intérieure, des installations pour l'exportation d'électricité d'origines éolienne et solaire pourront se réaliser à travers des conventions avec des promoteurs dans le cadre de partenariats régionaux.

- **Le photovoltaïque connecté au réseau**

200 MW en 2020 et 400 MW en 2030, son expansion étant liée à l'adaptation du réseau.

- **Le photovoltaïque décentralisé**

30 MW en 2012, 40 MW en 2020 et 80 MW en 2030.

- **Les usines de grande hydroélectricité**

La plupart des sites étant équipés, ne progresseront guère à partir de 2013 avec une puissance cumulée installée de 1339 MW, hors STEP (840 MW). Leur production sera mieux régulée par la construction de nouvelles STEP à raison de 400 MW chaque 7 ou 8 ans et le découplage des fonctions de turbinage et d'irrigation par l'installation de bassins de rétention.

- **Les 200 sites identifiés pour la micro hydroélectricité**

Seront équipés pour fournir localement de l'électricité hors réseau, en raison de leur faible puissance.

#### 5.4. Pour les usages non électriques, il est prévu de réaliser :

- **Le solaire thermique pour chauffer l'eau (CES)**

Sera largement utilisé dans les bâtiments administratifs, les installations touristiques, les établissements scolaires, les habitations collectives et individuelles avec le déploiement de panneaux cellulaires qui passeront d'une surface de 240 000 m<sup>2</sup> en 2008 à 440 000 m<sup>2</sup> en 2012 puis 1 700 000 m<sup>2</sup> en 2020 et 3 000 000 m<sup>2</sup> en 2030.

- **La biomasse**

Mieux exploitée produira en équivalent électrique 200 MW en 2020 et le double en 2030.

- **Les biocarburants**

Seront développés pour réduire la consommation en produits pétroliers à partir de plantes grasses et de micro algues si elles ne compromettent pas notre sécurité alimentaire pour les premières et ne s'avèrent pas dangereuses pour le milieu marin pour les secondes.

#### 5.5. L'intégration du Maroc dans l'espace euro méditerranéen

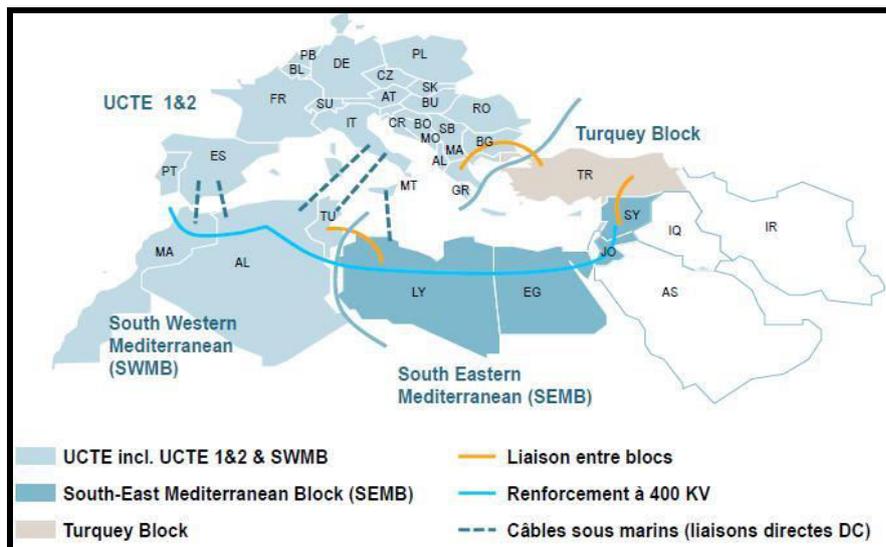
Le Maroc ambitionne d'intégrer pleinement son marché de l'énergie au marché européen de l'énergie (figure N°49), notamment pour l'électricité et le gaz, et ce à travers l'approfondissement et l'accélération de la convergence des politiques et des cadres législatif, institutionnel, de régulation et de gouvernance relatifs au secteur de l'énergie vers les dispositifs en vigueur au niveau communautaire à travers [45] :

- Son Statut Avancé signé avec l'Union Européenne le 13 octobre 2008,
- L'ampleur de ses projets de production électrique de sources renouvelables en harmonie avec le « **Plan Solaire Méditerranéen** », **projet phare de l'Union** pour la Méditerranée pour l'intégration électrique de l'espace euro méditerranéen,
- Son soutien au **projet DESERTEC** à travers l'adhésion de Nareva, filiale de l'ONA à l'Initiative Industrielle Desertec qui actuellement abandonné
- L'adhésion de L'Office Nationale de l'Electricité à l'initiative TRANSGREEN pour le transport et l'exportation de l'électricité verte produite au sud de la Méditerranée vers les pays de l'Union Européenne,

Le Maroc avec ses interconnexions avec l'Algérie et l'Espagne et son positionnement

géostratégique au carrefour de la boucle électrique méditerranéenne, possède tous les atouts pour jouer un rôle majeur d'avant-garde dans les échanges électriques dans l'espace euro méditerranéen.

- Interconnexion électrique Maroc – Espagne 1400 MW : Une troisième interconnexion est en cours entre la Maroc et l'Espagne pour porter la capacité à 2100 MW
- Interconnexion électrique Maroc – Algérie 1200 MW
- Gazoduc Maghreb Europe 12,5 bcm



Source : Ministère de l'énergie, des mines, de l'eau et de l'environnement marocain 2013

**Figure N° 49: Le Maroc, point focal de l'électricité régionale**

Il a appelé à la conclusion d'un Pacte énergétique euro-méditerranéen qui concerne à la fois le financement du plan solaire méditerranéen, l'achèvement de la boucle électrique méditerranéenne et l'organisation des coopérations technologiques visant la création d'un tissu industriel euro-méditerranéen des énergies renouvelables et des réseaux électriques.

Le Maroc prévoit de renforcer la coopération institutionnelle avec ses partenaires européens (France – Espagne – Portugal - Allemagne) permettant la valorisation de l'électricité, produite dans le pays à partir des sources d'énergies renouvelables, sur les marchés européens.

## **6. Les mesures prises pour réussir la nouvelle stratégie énergétique**

Une série de mesures a été prévue afin de soutenir, d'accompagner et de promouvoir le secteur énergétique national. Ces mesures peuvent être classées en 3 grandes catégories :

### **6.1. Les mesures d'ordre législatif et réglementaire**

- La loi 13-09 sur les énergies renouvelables
  - Ouverture de la production à la concurrence
  - Accès au réseau électrique
  - Exportation d'électricité verte
  - Construction de ligne directe pour l'export
- Loi 16-09 portant création de l'Agence de Développement des Energies Renouvelables et de l'Efficacité Energétique
  - Promotion des projets d'énergies renouvelables
  - Renforcement de l'efficacité énergétique
  - Atlas éolien et solaire
  - Démonstrateurs pour la recherche appliquée

Ont été publiés le 18 mars 2010 dans le Bulletin Officiel.

- La loi 47-09 sur l'efficacité énergétique a été promulguée le 17 novembre 2011.

### **6.2. Les mesures d'appui financier**

Le Roi Mohammed VI a décidé la création du Fonds de Développement Énergétique doté de 1 milliard de \$ US, provenant de dons du Royaume d'Arabie Saoudite et des Emirats Arabes Unis ainsi d'une contribution du Fonds Hassan II pour le Développement Economique et Social.

- Arabie Saoudite (500 M\$)
- Emirats Arabes – Unis (300 M\$)
- Fonds Hassan II pour le Développement Economique et Social (200 M\$)

Ce Fonds a pour principaux objectifs de renforcer et de préserver les capacités de production à partir des sources énergétiques locales et notamment renouvelables.

- Cependant, la grande majorité des investissements du secteur qui s'élèvent à plus de 90 milliards DH sur la période 2008 – 2015 sera réalisée par le secteur public, privé local ou

étranger dans le cadre de la production concessionnelle. Le secteur bancaire national, qui contribue déjà largement au financement des projets énergétiques, a manifesté sa ferme volonté de participer à la réalisation des projets programmés.

### **6.3. La Création d'organismes pour accompagner la mise en œuvre de la nouvelle stratégie énergétique marocaine**

- Moroccan Agency For Solar Energy (MAFSE)
- La création de la Société d'Investissements Energétiques (SIE)
- L'Agence Nationale pour le Développement des Energies Renouvelables et de l'Efficacité Energétique (ADEREE)
- L'Institut de Recherche en Energie Solaire et Energies Nouvelles (IRESEN)

### **6.4. L'offre énergie pour l'intégration industrielle comme accompagnement**

L'offre énergie pour l'intégration industrielle s'articule autour de 3 volets complémentaires :

#### **6.4.1. Les infrastructures :**

- Disponibilité du foncier : 2 000 ha déjà mobilisés
- Coût attractif : Garantie de prix par les aménageurs
- Plateformes Industrielles Intégrées : généralistes et sectorielles: offre immobilière diversifiée, offre logistique complète, offre de service sur site, statut de zone franche, sites idéalement positionnés, offres de formation sur site, guichet administratif unique.

#### **6.4.2. Le capital humain**

Ecoles et Instituts spécialisées : Mise en place d'un module de formation dédié à l'Ecole Nationale de l'Industrie Minière dès 2010 et l'élaboration en cours d'un plan de formation en Energies Renouvelables

#### **6.4.3. Les mesures incitatives :**

- Zones Franches
  - Statut attribué en fonction des zones (exonération des différents impôts et taxes)
  - Mise à la consommation locale : plafond fixé à 30%, Avantages liés au droit commun
- Application de l'article 17 de la charte d'investissement
- Aide à l'investissement
  - 10% de l'investissement en biens d'équipements neufs
  - Prise de participation de la SIE et contribution du FDE en fonction du projet, Aide à la

formation

- Contribution aux frais de formation des employés selon les profils à l'embauche (15,5 à 40 Kdhs/personne par an) et continue (5-20 Kdhs/personne/an)

### **6.5. La participation à l'effort d'innovation du secteur, notamment par le développement de compétences locales**

Avec IRESEN, le Maroc se dote d'un institut de recherche dédié à la recherche appliquée dans le domaine des énergies vertes et nouvelles. Pour ce faire, il [46]:

- Définira, mènera et coordonnera des travaux de recherche-développement dans les domaines des énergies renouvelables en général, et de l'énergie solaire en particulier ainsi que dans les domaines des énergies nouvelles au Maroc ;
- Validera la pré-compétitivité des résultats de recherche et des technologies mises au point par des installations pilotes et des plateformes de démonstration ;
- Transférera les résultats des recherches, des expériences et du savoir au secteur industriel et au secteur des services pour leur valorisation économique

## **7. Le bilan 2009-2011 et le GREEN NEW DEAL 2012-2020 [43]**

1.100 MW installés depuis 2009 pour un investissement de 12 milliards de Dhs 6 405 MW de capacités installées en mai 2011 et 6 405 MW de capacités installées en mai 2011 1 Mise en œuvre du programme de renforcement du réseau électrique

### **Objectifs :**

- Evacuation des nouveaux moyens de production
- Renforcement du Réseau National THT
- Augmentation de la capacité de transit de puissance
- Maintien de la sécurité
- Amélioration de la qualité de service du réseau
- Réduction des pertes techniques du réseau de transport
- Renforcement et la sécurisation de l'alimentation électrique des régions alimentées en antenne
- Programme marocain intègre d'énergie éolienne : 2.000 MW

- Futurs projets hydraulique de 550 MW pour un investissement de 4,5 mds DH
- Futurs projets thermiques de 3.492 MW pour un portefeuille d'investissement de 33 mds DH
- Programme marocain intègre d'énergie solaire : 2.000 MW
- Programme marocain intègre l'énergie éolienne : 2.000 MW
- Futurs projets hydraulique de 550 MW pour un investissement de 4,5 mds DH
- Futurs projets thermiques de 3.492 MW pour un portefeuille d'investissement de 33 mds DH

## **Conclusion du chapitre**

En adoptant ce modèle de développement, le Royaume du Maroc réaffirme sa forte adhésion à l'effort international de lutte contre le phénomène de réchauffement dû aux gaz à effet de serre. L'enjeu central est de concilier le développement économique et la préservation de l'environnement. C'est un défi majeur que le Maroc doit impérativement relever afin d'assurer un développement durable répondant aux besoins des générations présentes et préservant les droits des générations futures.

La vision du Maroc est, d'ailleurs, appuyée par plusieurs études qui affirment que le Royaume serait capable d'ici à 2025 à exporter 20 % de sa production énergétique. Plusieurs pays européens, en l'occurrence l'Allemagne, la France et l'Espagne ont manifesté leur intérêt au nouveau produit énergétique offert par le Royaume.

Conscient de cette situation, le Maroc s'est attelé pour encadrer l'exportation d'énergie en adoptant la loi 13-09 qui offre « la possibilité d'exporter de l'électricité d'origine renouvelable par l'utilisation du réseau électrique national de transport et des interconnexions ». De fait, le Maroc s'offre une nouvelle opportunité de renforcer ses relations économiques avec ses voisins africains.

De tous ces éléments, la réalisation du complexe solaire au sud du territoire marocain constitue un grand défi pour le pays. Celui-ci semble parier sur une stratégie à long terme se matérialisant par l'exploitation de l'énergie renouvelable dans la perspective de relever un triple défi : dépasser les problèmes de croissance, répondre aux besoins futurs en matière d'énergie et s'imposer comme un acteur énergétique incontournable sur la scène internationale.

---

# Partie 4

## La part des énergies renouvelables dans le bilan énergétique national à l'horizon 2030

---

Chapitre 7 : Prédiction de la demande énergétique de l'Algérie à  
l'horizon 2030

Chapitre 8 : La part des énergies renouvelables dans le bilan  
énergétique national à l'horizon 2030

## **Introduction de la quatrième partie**

Beaucoup de pays de monde sont fixés des objectifs stratégiques ambitieux et ont lancé des programmes intégrés d'envergure dont les bénéfices attendus portent sur la réduction des émissions de gaz à effet de serre, la diversification économique, la création d'emplois directes et indirects, le développement industriel local et l'amélioration du capital humain. Les énergies renouvelables offrent aussi l'occasion de desservir les régions isolées et très éloignées du réseau électrique national et d'améliorer ainsi l'accès des populations, notamment les plus pauvres, à l'énergie.

Reconnaissant l'importance de ces énergies, le ministère de l'énergie et des mines Algérien a lancé un ambitieux programme de développement des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique. Le programme s'est fixé comme objectifs principal de produire d'ici 2030, 40% d'électricité à partir de ressources renouvelables.

Cette partie est divisée en deux chapitres le premier sera consacré aux perspectives énergétiques mondiale et national à l'horizon 2030, le deuxième chapitre est une étude de la stratégie de développement des énergies renouvelables en Algérie à travers une analyse du programme nationale des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique. Nous analyserons le cadre législatif, réglementaire et financier puisque la dimension institutionnelle et les mécanismes de financement sont des déterminants essentiels du développement à grande échelle des énergies, aussi la recherche-développement (R&D) qui constitue un instrument fondamental pour un développement durable endogène des énergies renouvelables.

Dans cette partie, nous traitons aussi les barrières et nous suggérons des solutions pour un développement accéléré des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique au sein de notre pays.

## Chapitre 7 : Les perspectives énergétiques à l'horizon 2030

### Introduction du chapitre

Actuellement, les problématiques major de la politique énergétique mondiale, l'épuisement des énergies fossiles et le réchauffement climatique qui résident des grandes émissions des gaz à effet de serre a conduit les pays à prévoir des études prospective à court et long terme et s'intéressent a l'action de maitrise d'énergie et développement durable.

Nous devons définir le cadre de notre action dans le domaine du climat et de l'énergie à l'horizon 2030 le plus rapidement possible, afin de prévoir des investissements appropriés qui nous assureront une croissance durable, des prix de l'énergie abordables et compétitifs et une plus grande sécurité énergétique.

Les perspectives énergétiques pour l'Algérie à l'horizon 2030 s'articulent autour de plusieurs études établaient par des universitaires et des expert dans le domaine énergétique, des scénarios qui fournissaient une image cohérente de l'évolution à long terme du système énergétique Algérien : réserves, productions et consommations des énergies fossiles ainsi que le problème du réchauffement climatique. Parmi ces scénarios, on a choisis les études qui supposent la poursuite des tendances en cours ou la consommation énergétique et les exportations évoluent selon le rythme actuel (sans la mise en place d'une politique énergétique de substitution ou d'efficacité énergétique).

Nous considérons les observations dégagées de ce chapitre comme un "benchmark" pour l'évaluation des solutions de substitution, notamment en ce qui concerne les ressources, les technologies la politique environnementale. Il est fondamental de bien comprendre les problèmes à long terme pour pouvoir établir les futures priorités en matière de recherche et développement technologique dans le domaine de l'énergie et de l'environnement.

## 1. Les perspectives énergétiques mondiales à l'horizon 2030

### 1.1. La demande énergétique mondiale

La demande énergétique mondiale devrait augmenter d'environ 1,8% par an entre 2000 et 2030. L'impact de la croissance économique et de la croissance démographique (respectivement 3,1% et 1% par an en moyenne), est atténué par une diminution de l'intensité énergétique de 1,2% par an, due à l'effet combiné des changements structurels dans l'économie, des progrès technologiques et des hausses des prix de l'énergie. Dans les pays industrialisés, la croissance de la demande énergétique ralentit, par exemple dans l'UE à un niveau de 0,4% par an. Par contre, la demande énergétique des pays en développement s'accroît rapidement. En 2030, plus de la moitié de la demande énergétique mondiale émanera des pays en développement, contre 40% aujourd'hui [47].

La situation énergétique mondiale continuera à être dominée par les combustibles fossiles, qui représenteront quasiment 90% de l'approvisionnement énergétique total en 2030. Le pétrole restera la première source d'énergie (34%), suivi du charbon (28%). Près des deux tiers de l'augmentation de l'approvisionnement charbonnier, entre 2000 et 2030, proviendra de l'Asie. D'après les projections, le gaz naturel représentera un quart de l'approvisionnement énergétique mondial en 2030; cette augmentation provenant principalement de la production d'électricité. Dans l'UE, le gaz naturel constituera la deuxième source d'énergie, derrière le pétrole mais avant le charbon et le lignite. Le nucléaire et les énergies renouvelables représenteront ensemble un peu moins de 20% de l'approvisionnement énergétique de l'UE.

Étant donné que les combustibles fossiles restent prédominants, les émissions mondiales de CO<sub>2</sub> devraient augmenter plus rapidement que la consommation d'énergie (2,1% par an en moyenne). Au niveau mondial, les émissions de CO<sub>2</sub> auront plus que doublé en 2030 par rapport à 1990. Elles auront augmenté de 18% dans l'UE, et d'environ 50% aux États-Unis. Quant aux pays en développement, responsables de 30% du total des émissions dans le monde en 1990, ils en produiront plus de la moitié en 2030.

#### 1.1.1. Le pétrole

Les réserves de pétrole dans le monde entier sont suffisantes pour satisfaire la demande prévue dans les trois prochaines décennies. Toutefois, la baisse des réserves de

pétrole classique peut devenir préoccupante au-delà de 2030. Elle n'est que partiellement compensée par une augmentation des réserves de pétrole non classique. Les réserves de gaz naturel sont abondantes et devraient augmenter d'environ 10%. Les réserves de charbon ne posent pas de problèmes pour la période examinée.

D'après les projections, la production mondiale de pétrole augmentera d'environ 65% pour atteindre quelque 120 millions de barils par jour en 2030: comme trois quarts de cette augmentation viennent des pays de l'OPEP, cette dernière assurera 60% de l'approvisionnement total en pétrole en 2030 (contre 40% en 2000).

### **1.1.2. Le gaz**

La production de gaz devrait doubler entre 2000 et 2030. Cependant, les disparités régionales en ce qui concerne les réserves de gaz et les coûts de production devraient modifier la répartition de l'approvisionnement gazier entre les régions en 2030 : un tiers environ de la production totale proviendra de la CEI, tandis que les autres régions se partageront le reste de la production de manière à peu près égale.

### **1.1.3. Le charbon**

La production de charbon devrait également doubler entre 2000 et 2030, l'essentiel de la croissance se situant en Asie et en Afrique qui extraieront plus de la moitié du charbon en 2030.

## **1.2. Prix de l'énergie**

La tendance des prix du pétrole et du gaz est nettement à la hausse par rapport aux niveaux actuels : en 2030, le prix du pétrole devrait atteindre 35 euros le baril, et celui du gaz 28, 25 et 33 euros respectivement sur les marchés européen/africain, américain et asiatique. Les différences régionales des prix du gaz devraient sensiblement s'estomper, reflétant des conditions d'approvisionnement en gaz plus comparables. Le prix de charbon devrait rester relativement stable, à 10 euros le baril environ en 2030.

### 1.3. La demande finale d'énergie

Elle aura un rythme de croissance semblable à celui de la consommation intérieure brute. Comme tous les secteurs devraient connaître une croissance similaire, leur part dans la demande finale restera à peu près constante au niveau mondial : environ 35% pour l'industrie, 25% pour les transports et 40% pour les secteurs résidentiel et tertiaire. La répartition de la demande énergétique entre les différents secteurs varie selon les régions : dans les pays développés, c'est le secteur des services qui enregistre la croissance la plus rapide de la demande énergétique, tandis que dans les pays en développement, tous les secteurs connaissent une croissance soutenue de 2 à 3 % par an.

### 1.4. L'électricité

Elle poursuit sa pénétration dans toutes les régions, représentant presque un quart de la demande finale d'énergie ; le charbon diminue dans les pays industrialisés ; la biomasse traditionnelle est progressivement supprimée dans les pays en développement. Le pétrole reste le combustible dominant, avec une part variant de 40 à 50% en 2030 selon la région.

#### ➤ La production d'électricité

Augmente régulièrement, à un taux moyen de 3 % par an. En 2030, plus de la moitié de la production proviendra de technologies développées à partir des années 90, comme les turbines à gaz à cycle combiné, les technologies avancées d'utilisation du charbon et les énergies renouvelables.

La part du gaz dans la production d'électricité augmente de façon constante dans les trois principales régions productrices de gaz (CEI, Moyen-Orient et Amérique latine) et la part du charbon décroît dans toutes les régions, sauf en Amérique du Nord où elle se stabilise et en Asie où elle augmente sensiblement. Le développement de l'énergie nucléaire ne suit pas le rythme de la production d'électricité totale : sa part de marché baisse à 10% en 2030. Les nouvelles énergies renouvelables assurent 4% de la production (contre 2% en 2000), surtout grâce à la rapide progression de l'électricité d'origine éolienne.

### **1.5. L'impact des changements relatifs aux ressources en hydrocarbures et aux développements technologiques**

En cas de diminution des ressources en hydrocarbures, les prix du pétrole et du gaz seront beaucoup plus élevés que dans le scénario de référence, avoisinant 40 euros le baril de pétrole en 2030. Cette hausse des prix fait baisser la demande énergétique mondiale (-3%), ce qui favorise particulièrement le charbon et les énergies non fossiles, et réduit la demande de gaz naturel (-13%) et de pétrole (-6%). Il en résulte que les émissions mondiales de CO<sub>2</sub> diminuent de 2% par rapport au scénario de référence.

Inversement, un accroissement des ressources en gaz ferait chuter les prix du gaz à 16, 20 et 28 euros le baril en 2030 sur les marchés américain, européen et asiatique respectivement. Le prix du pétrole diminuera très peu, reflétant les faibles possibilités de substitution entre le pétrole et le gaz. Bien que la demande énergétique mondiale soit légèrement touchée (+1,5%), la répartition entre les différents combustibles se voit sensiblement modifiée en faveur du gaz naturel (+21%, et -9% pour le charbon, -3% pour le pétrole et -4% pour l'électricité primaire).

L'accélération des développements technologiques dans la production d'électricité modifie sensiblement la structure de la production d'électricité. Pour important qu'il soit, le secteur de la production d'électricité ne génère qu'un tiers des émissions mondiales de CO<sub>2</sub>. Les technologies qui concernent uniquement ce secteur ont donc un impact limité sur les émissions totales de CO<sub>2</sub>. Quoi qu'il en soit, la disponibilité de technologies avancées peut avoir des répercussions considérables sur le coût à payer pour atteindre les objectifs de réduction des émissions.

### **1.6. Le marché gazier de l'UE dans une perspective mondiale**

Le marché européen du gaz se développe rapidement et sa croissance devrait se poursuivre dans les deux prochaines décennies, entraînée par la "ruée sur le gaz" pour la production d'électricité. Ceci étant, la part de l'UE dans la consommation mondiale de gaz devrait baisser sans discontinuer.

Les réserves mondiales de gaz sont abondantes mais concentrées dans deux régions du monde, la CEI et le Moyen-Orient, où la production gazière devrait se développer

considérablement au cours des trente années à venir. Au contraire, les ressources européennes de gaz sont limitées et il est prévu que la production diminuera progressivement à partir de 2010, entraînant une dépendance croissante à l'égard de l'approvisionnement extérieur en gaz.

La demande de gaz naturel devrait également augmenter dans les autres régions du monde: certaines régions aux réserves limitées ou en baisse deviendront des importateurs nets, ce qui modifiera sensiblement les schémas des échanges mondiaux de gaz. Par exemple, la croissance rapide de la demande de gaz en Asie devrait avoir une certaine influence sur le schéma de l'approvisionnement gazier de l'UE en 2030 : alors que l'Asie devrait principalement compter sur un approvisionnement par le Moyen-Orient, l'UE et les pays candidats à l'adhésion pourront importer de la CEI plus de la moitié de leurs besoins en gaz naturel.

Ces conséquences peuvent se traduire par des risques accrus pour l'UE en matière d'approvisionnement. Il serait cependant possible de les limiter grâce à différentes actions décrites dans le Livre vert de la Commission européenne, telles que la multiplication des routes de transport du gaz, la meilleure intégration du réseau gazier européen, et un dialogue continu avec les pays producteurs de gaz. Les contrats à long terme d'approvisionnement en GNL devraient prendre une importance croissante, mais de manière plus modérée et au départ de sources plus diversifiées en Afrique et au Moyen-Orient.

### **1.7. Les répercussions des politiques en matière de changement climatique**

En attribuant une valeur spécifique au carbone (équivalent d'une taxe) pour l'utilisation des combustibles fossiles, les émissions de CO<sub>2</sub> en 2030 diminuent de 21% au niveau mondial par rapport au scénario de référence, et de 26% dans l'UE et les pays candidats à l'adhésion. Au niveau mondial et dans la plupart des régions, cette réduction provient de réductions égales de la demande énergétique et de l'intensité de carbone de la consommation d'énergie.

Dans un scénario de réduction de carbone, plus de la moitié de la baisse de la demande énergétique mondiale est réalisée dans le secteur industriel. La diminution de l'intensité de carbone vient principalement de l'utilisation du gaz et de la biomasse pour

remplacer le charbon, le lignite et, dans une moindre mesure, le pétrole. La demande de gaz reste à peu près stable étant donné qu'il est utilisé pour remplacer d'autres combustibles. En revanche, la consommation de biomasse augmente sensiblement et le nucléaire progresse considérablement, tandis que les grandes centrales hydrauliques et géothermiques restent stables. Enfin, la production des centrales éoliennes et solaires et des petites centrales hydrauliques grimpe en flèche, se multipliant par 20.

### 1.8. Perspectives des énergies renouvelables à l'échelle mondiale

Selon le scénario des politiques actuelles de l'AIE, la demande globale en énergie primaire augmenterait de 30 % sur la période 2010-2035, la Chine et l'Inde représenteraient la moitié de cette croissance. La plus grande part d'augmentation viendrait de la Chine et des autres pays en développement, comme le montre le graphique suivant :

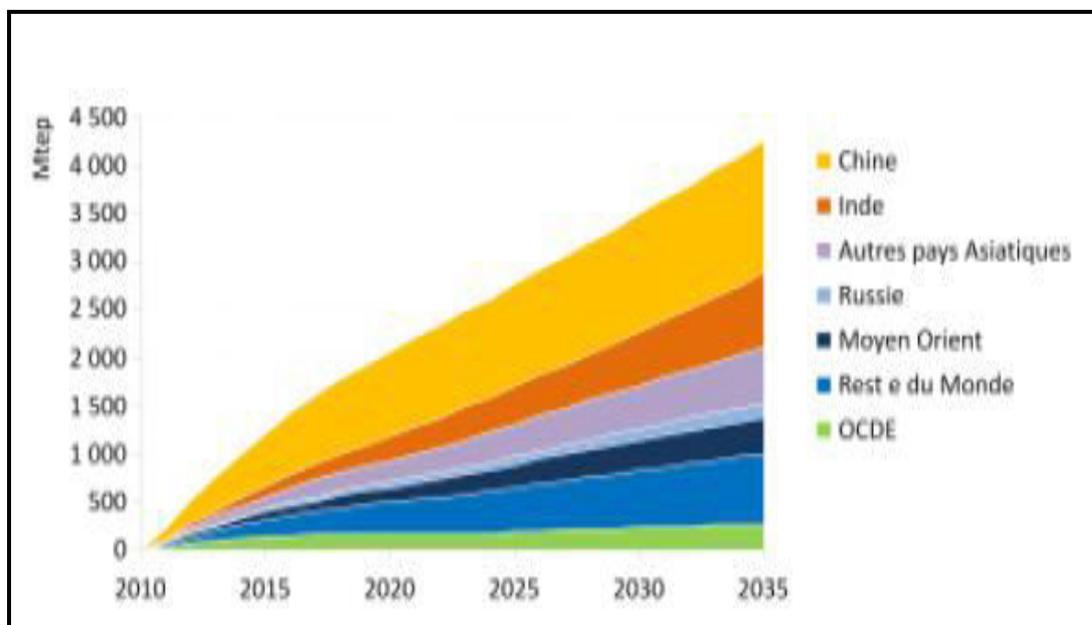


Figure N° 50: Prospective de la demande mondiale en énergie primaire selon le scénario des politiques actuelles (Source : AIE, 2011)

Selon la figure N°50, Les énergies renouvelables et le gaz représenteraient environ les deux tiers de la demande d'énergie additionnelle sur la période 2010-2035.

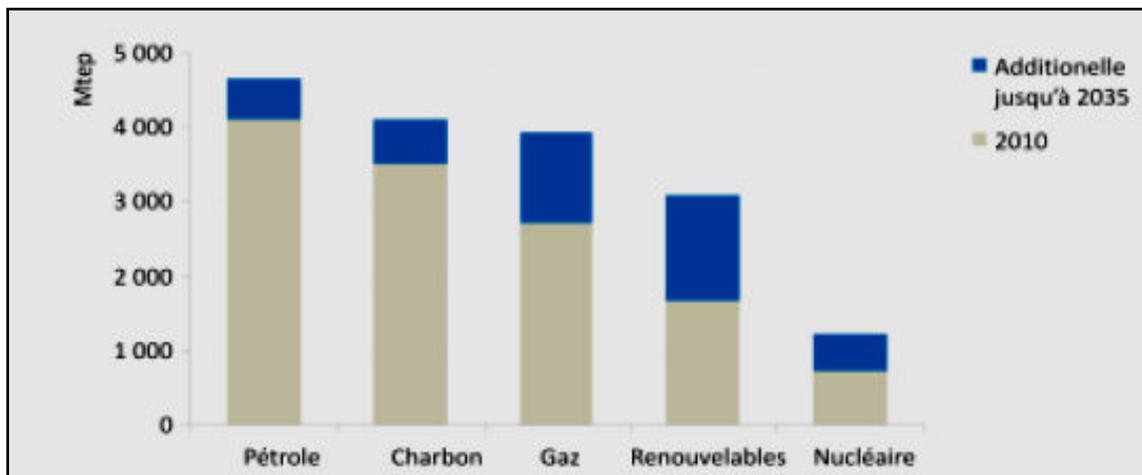


Figure N° 51: Prospective de la demande mondiale en énergie primaire par type d'énergie *Source : AIE, 2011*

Dans le cadre du scénario 450 de l'AIE qui devrait permettre de stabiliser l'augmentation de la température de la planète à moins de 2°C en 2100, la maîtrise de l'énergie représente 77 % du potentiel d'atténuation dont 21 % pour les énergies renouvelables, comme le montre le graphique suivant :

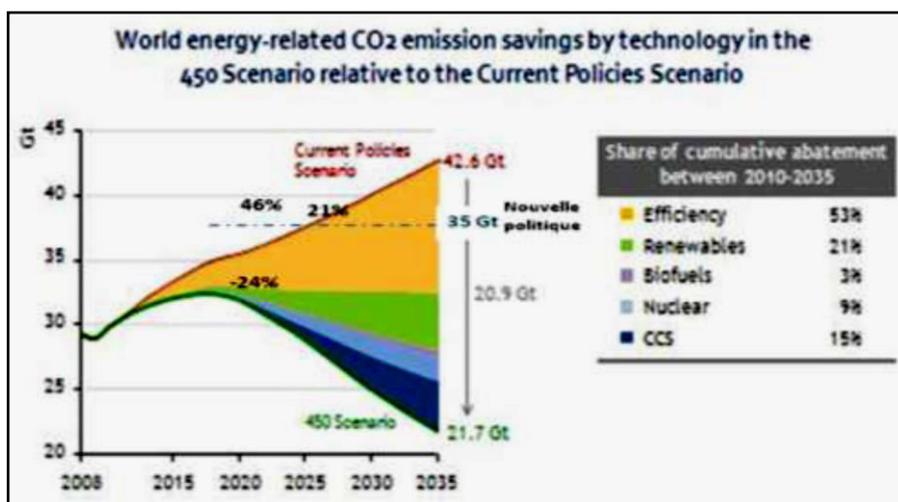


Figure N° 52: Potentiel de réduction des émissions mondiales de CO2 par type de mesures *Source : AIE, 2011*

Cela souligne l'importance des ER dans la transition énergétique espérée pour lutter efficacement contre les changements climatiques.

## 2. Prédiction de la demande énergétique de l'Algérie à l'horizon 2030

### 2.1. La production pétrolière face à l'épuisement des réserves en Algérie à l'horizon 2030 :

« La production pétrolière en Algérie connaîtra dès 2030 une baisse considérable en raison de l'épuisement de cette ressource »<sup>1</sup>. Selon la plupart des spécialistes algériens qui se sont exprimés publiquement sur le sujet, la production du pétrole est à la baisse et les puits vont s'assécher dans les vingt prochaines années et « Les plus gros gisements algériens qui contribuent à l'essentiel de la production, qu'ils soient en association ou opérés par Sonatrach seul, commencent à vieillir »<sup>2</sup>

Si la rente pétrolière continue de ne pas servir au développement durable du pays et à l'intérêt de la collectivité, l'Algérie, qui tire 98% de ses recettes en devises du pétrole et du gaz, aura ainsi hypothéqué l'avenir des générations futures et mis en danger l'existence même de la nation.

L'Agence internationale de l'énergie (AIE) a annoncé dans son rapport de 2012 le déclin de plusieurs pays pétroliers majeurs dont l'Algérie qui, selon elle, « fait face à des problèmes similaires (à ceux rencontrés par la Libye), problèmes accompagnés d'une chute des découvertes, qui ont entraîné un lent déclin de la production depuis 2007 ». L'AIE envisage une stagnation de la production de l'Algérie au moins jusqu'en 2020. Le taux de croissance n'a pas dépassé le seuil de 2% à 3% de 2006 à ce jour, alors qu'il était de 5% entre 2001 et 2006. La fin du pétrole en Algérie interviendra vers 2030.

Les mêmes prévisions sont fournies par Chems Eddine Chitour, professeur à Polytechnique, qui affirme que l'Algérie, avec 12 milliards de barils, a entamé ses réserves et qu'à partir de 2030, le pays ne sera plus exportateur de pétrole.

---

<sup>1</sup> Déclaration de l'ancien Premier ministre algérien Ahmed Ouyahia devant l'assemblée nationale.

<sup>2</sup> Selon Abdelmadjid Attar, ancien PDG de Sonatrach,

## 2.2. La demande Finale d'énergie

### 2.2.1. La demande Finale par secteur à l'horizon 2030:

La consommation totale d'énergie en Ktep tout secteur confondu pour le scénario tendanciel à l'horizon 2030 est représentée dans la figure suivante:

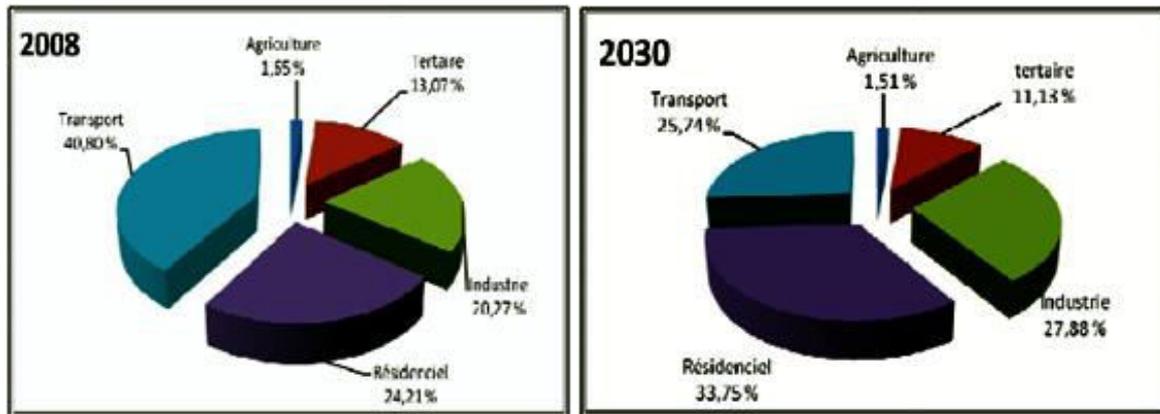


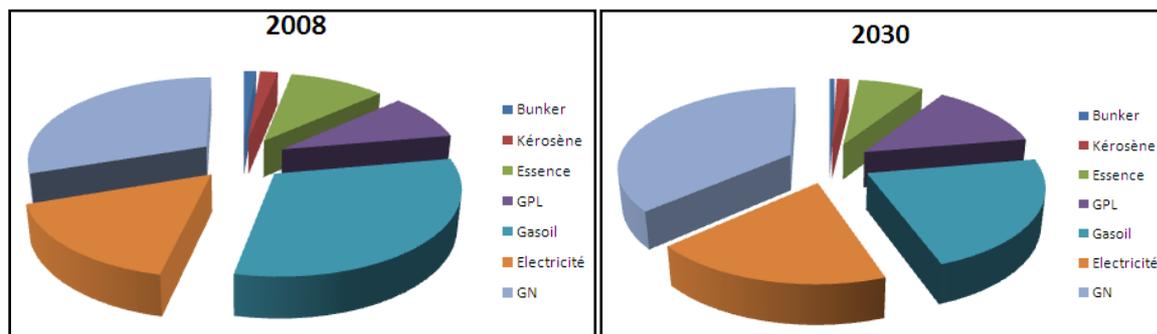
Figure N° 53: Evolution de la consommation finale par secteur à l'horizon 2030 [48]

Nous illustrons du graphe ci-dessous l'évolution sectorielle de la demande d'énergie finale sur la période de projection serait pilotée surtout par la croissance de la consommation d'énergie dans les secteurs industrie et résidentiel. Cette croissance absolue est de 7 Mtep et 11 Mtep respectivement avec un taux moyen de 0,25 % par an chacun.

A l'horizon 2030, les parts respectives du résidentiel, de l'industrie, du transport du tertiaire et du secteur agriculture dans la demande d'énergie seraient de 34,9 %, 22,56 %, 28,74%, 12,33 % et 1,67 %. Elles étaient de 23,4 %, 20,48 %, 41,24 %, 13,21 % et 1,66 % en 2008.

Ces évolutions sectorielle globales et de long terme, cachent des évolutions constatées tant pour les différents usages énergétiques au sein d'un même secteur ou pour différents branches industriel que pour les différents sous-périodes de projection.

## 2.2.2. La demande finale par produit



**Figure N° 54: L'évolution de la consommation finale par produit à l'horizon 2030 [48]**

La figure N° 54 montre bien l'évolution consommation finale par produit à l'horizon 2030 : au propos des produits, Le GN est la forme d'énergie dominante tous secteurs confondus avec 38 % de la demande finale en 2030. Avec un taux de croissance de 5,38 % et un rythme annuel moyen de 0,24 %, C'est le GN qui connaîtrait la plus forte progression. Le moteur principal de l'évolution de la demande du GN et son rôle dominant dans la demande finale totale d'énergie reste plus que jamais le secteur résidentiel et industriel. Plus au moins pour le secteur tertiaire ou sa part du GN est plus faible. La forte évolution de la demande du GN est le résultat de :

- D'une part de la forte demande en matière de chauffage et eau chaude sanitaire,
- Un fort programme de raccordement des logements en GN,
- La production d'électricité par les centrales à cycle combiné avec une forte consommation par l'industrie.

Le gasoil vient en deuxième place, passant de 33 % en 2008 à 22 % en 2030 % avec un taux annule moyen de 0,09 % et un taux de croissance de 2,08 %. Le secteur transport reste le premier consommateur avec environ 80 % de la consommation finale totale du gasoil en 2008 et 76 % en 2030. Pour les autres secteurs, la demande en gasoil est beaucoup plus faible.

Pour l'électricité qui connaîtrait aussi une forte croissance allant d'environ 3,7 Mtep en 2008 à 9,4 Mtep en 2030, avec un taux de croissance de 4,92 % et un rythme de croissance annuel de 0,22 %. Les parts de consommations de l'électricité passent de 17 % en 2008 à 20%

en 2030 vue sa forte utilisation sans exception dans tous les secteurs et tous les usages surtout dans le résidentiel.

### 2.3. Prospective sur les exportations gazières algériennes en l'Europe à l'horizon 2030

L'Europe s'inquiète récemment de la capacité de l'Algérie à honorer ses engagements internationaux en termes d'approvisionnement de gaz à l'importante consommation intérieure algérienne et du gaz non conventionnels qui bouleversera profondément durant les années à venir le paysage énergétique mondial.

➤ Scénario établie par l'institut français de pétrole :

**Tableau N° 19: Les perspectives d'exportation de gaz naturel vers l'Europe (Gm3)**

Pays	Exportations en 2010	Perspectives 2030
Russie	169,81	210
Norvège	99,26	95
Algérie	57,0	100
Nigéria	14,65	35
Lybie	9,75	15
Egypte	4,44	20
Moyen Orient	35,26	60
Asie Centrale	4,27	20
Trinidad Tobago	5,96	-
Totale (Gm <sup>3</sup> )	393,4	555

*Source: Etabli à partir de BP Statistical Review of World Energy 2011, et de WEO 2009. (2011)*

D'après le tableau N° 19, Il est important de noter que les investissements cumulés pour ajouter 200 Gm<sup>3</sup>/an de gaz sont estimés à plus de 300 Milliards \$. Ces projets coûteux se heurtent aujourd'hui à des problèmes de financements dus à la crise économique. D'ailleurs, les projets de réhabilitation et de construction des canalisations dans certains pays rencontrent des freins à leur développement, rendant leur faisabilité incertaine et leur mise en œuvre compromise à court terme, tel est le cas de South Stream et Nabucco. Par conséquent, le volume de 555 Gm<sup>3</sup> pourrait être difficile à atteindre à l'échéance 2030 [49].

Cependant, la forte évolution prévisible de la consommation gazière locale et les incertitudes sur l'évolution de ses réserves pèsent sur le volume de gaz à exporter, qui sera probablement 100 Gm<sup>3</sup> sans compter les exportations hors UE. La part futur de marché nationale soit 12,4%. Toutefois, l'exportation d'un volume supérieur de 100 Gm<sup>3</sup> reste possible dans le cas où l'Algérie arrive à maîtriser sa demande locale par des mesures d'encouragement d'efficacité énergétique.

## 2.4. Le réchauffement climatique

La figure ci-dessous nous illustre l'évolution des émissions des GES par secteurs d'activité à l'horizon 2030.

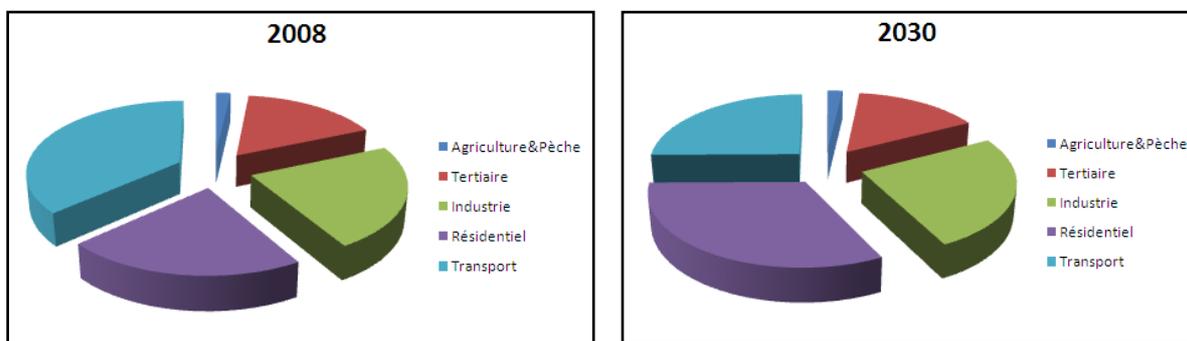


Figure N° 55: L'évolution des émissions des GES par secteurs d'activité à l'horizon 2030 [48]

les émissions de CO<sub>2</sub> progresseraient au taux annuel moyen de 0,19 % entre 2008 et 2030. Durant cette période, les émissions croient de 80,53 %, de 78,9 MTCO<sub>2</sub> en 2008 à 173 MTCO<sub>2</sub> à l'horizon 2030. En terme absolue, 95 MTCO<sub>2</sub> seront émis durant cette période 2008 et 2030. Pour les évolutions sectorielles, l'augmentations des émissions du CO<sub>2</sub> entre 2008 et 2030 est principalement due aux deux secteurs d'activité économique. L'industrie avec 38 % et le résidentiel avec 36%.

- Entre 2008 et 2015, la demande d'énergie dans l'industrie provoque 57% de croissance d'émissions du CO<sub>2</sub> contre 28 % pour le résidentiel. Après les émissions se stabilise l'horizon 2030.
- A l' horizon 2030, c'est l'industrie et le résidentiel qui émettent plus du C O<sub>2</sub> avec 31,95 % et 30,19 % respectivement.
- Le transport recule jusqu'à 22,37 % avec une stabilité pour le tertiaire qui représente 13,94 %.
- Le service agriculture reste le moins émetteur de CO<sub>2</sub> avec 1,74 % des émissions.

- La forte croissance des émissions du CO<sub>2</sub> provient principalement des usages thermique et spécifique dans les secteurs industrie et résidentiel responsable de 35 % et 40 % de totale des émissions.
- avec 25 % pour le GN et 19 % pour le gasoil. Les émissions du GPL restent plus faibles par rapport à d'autres produits avec 9 %, de même pour l'essence qui est à 5 %.

Les facteurs explicatifs de cette tendance sont premièrement, la forte pénétration du gaz naturel et la forte demande en électricité (forte production d'électricité de source fossile).

## **Conclusion du chapitre**

Le problème est que, en 2030, rien ne semble arrêter la course à la croissance : population, demande énergétique, tensions de tous ordres et désordre économique et social avec la disponibilité décroissante des sources d'énergie fossile, spécialement le pétrole que nous ne parviendrons pas à compenser par les autres sources d'énergies surtout dans le domaine de transport. Même en misant tout sur une substitution du pétrole par le charbon et ses dérivés liquides, même en ayant recours massivement au nucléaire avec tous les inconvénients créés par ces deux sources d'énergies, elles seront très insuffisantes pour compenser le déficit d'énergie laissé par le pétrole.

Si notre pays continue d'être un simple pipeline servant à l'exportation des hydrocarbures, pour financer les importations de biens de consommation et non au développement durable, sans créer une économie de substitution à l'économie rentière, le réveil sera dur pour les Algériens. Sans pétrole et sans gaz, sans sources de financement, les nouvelles générations auront des difficultés pour se nourrir et subvenir à tous leurs besoins.

«L'après-pétrole» évoqué depuis de longues années par les responsables politiques. Ils doivent redéfinir la politique énergétique algérienne, à même de sauvegarder les richesses du sous-sol, une transition énergétique qui table sur les énergies renouvelables et lutte contre le réchauffement climatique qui mette fin à la dépendance du pays à l'égard des hydrocarbures et qui garantisse un développement durable au profit de la collectivité nationale et sortir du système rentier actuel.

## **Chapitre 8 : La part des énergies renouvelables dans le bilan énergétique national à l'horizon 2030**

### **Introduction du chapitre :**

Notre pays présente un certain nombre de caractéristiques. L'Algérie est productrice de pétrole et de gaz. Elle dispose encore de réserves, mais celles-ci ne sont pas illimitées. Il y a donc une urgence évidente à penser à l'avenir énergétique du pays dès à présent. Les principales sources de substitution existantes sont les sources renouvelables : hydraulique, éolien et solaire, géothermique et biomasse et celle non renouvelable du nucléaire, même si les négociations sont en cours pour envisager l'utilisation de l'énergie nucléaire à des fins civiles, cette énergie est incontestablement réservée aux pays les plus riches, maîtrisant la technologie des systèmes complexes, réputés avoir une stabilité politique évitant pour le monde tout risque de détournement de cette énergie vers des utilisations militaires comme le cas du l'Iran et la Corée du Nord.

Les pouvoirs publics, à leur tête les responsables du secteur de l'Energie et des Mines, ont, en effet, mis en place en février 2011 un programme pour le développement des énergies renouvelables qui projette le pays vers une perspective de changement d'orientation en matière énergétique, afin de préparer- en quelque sorte - l'après-pétrole, qui devenu une évidence. D'ici 2030, 40% de la production d'électricité destinée à la consommation nationale sera d'origine renouvelable.

Dans ce chapitre nous présentons le potentiel des énergies renouvelables en Algérie et nous établirons une synthèse du programme des énergies renouvelables mis en place par le ministère de l'énergie et des mines, qu'à la fin, nous analysons ce dernier pour voir ces faiblesses et ses atouts et préciser la part des énergies renouvelables dans le bilan énergétique à l'horizon 2030.

## **1. La nécessité de développer les énergies renouvelables en**

### **Algérie :**

#### **1.1. La situation énergétique actuelle mondiale et algérienne oblige**

##### **l'Algérie de ce tourné vers le renouvelable :**

D'après le chapitre qui analyse la situation énergétique actuelle de l'Algérie et celui qui prévoit la forte demande énergétique à l'horizon 2030, on remarque que notre économie est plus que rentière que productives (le secteur des hydrocarbures représente 97% des recettes d'exportation et 70% des recettes de l'Etat via la fiscalité pétrolière et plus du tiers du PIB 31,39% en 2011 et 50 % en 2008) la consommation énergétique est en forte explosion (gaz, électricité et carburants fossiles) surtout dans l'avenir, au moment où les réserves fossiles sont entraînées de s'épuiser et la présence d'un potentiel important des gaz à effet de serre dans l'atmosphère.

En plus, et comme nous avons déjà vu dans le chapitre qui présente la situation énergétique mondiale, où la demande est en augmentation continue comme pour le cas de l'Algérie, mais à un rythme plus rapide, la production énergétique est dominée par les sources fossiles cause principale des gaz à effet de serre. A cela, s'ajoute l'instabilité politique de plusieurs pays producteurs. Cette situation oblige l'Algérie de changer sa stratégie énergétique actuelle par une stratégie qui assure la sécurité énergétique du pays et une source de devis (exportation d'énergie verte) à long terme.

#### **1.2. Un potentiel important des énergies renouvelables en Algérie**

L'Algérie doit diversifier ses sources d'approvisionnement énergétique, vu qu'elle possède un potentiel des énergies renouvelables importants surtout le solaire où l'Algérie dispose d'un gisement immense (170000 tWh /an, soit de 4000 fois la production électrique actuelle) et un potentiel appréciable en silice (sable) amont de la filière solaire photovoltaïque

##### **1.2.1. Le potentiel hydroélectrique**

Selon le tableau N° : La part de capacité hydraulique dans le parc de production électrique total est de 5%; soit 286 MW. Cette faible puissance est due au nombre insuffisant des sites hydrauliques et au non exploitation des sites hydrauliques existants [50].

**Tableau N° 20: Parc de production hydroélectrique en Algérie**

CENTRALE	PUISSANCE INSTALLEE (MW)
DARGUINA	71.5
IGHIL EMDA	24
MANSOURIA	100
ERRAGUENE	16
SOUKEL DJEMAA	8.085
TIZI MEDEN	4.458
IGHZERNCHEBEL	2.712
GHRIB	7.000
GOURIET	6.425
BOUHANIFIA	5.700
OUED FODDA	15.600
BENI BEHDE	3.500
TESSALA	4.228
TOTAL	269,208

*Source : ministère de l'énergie et des mines*

### 1.2.2. Le potentiel de biomasse

#### ➤ Potentiel de la forêt

L'Algérie se subdivise en deux parties :

- Les régions selvatiques qui occupent 25.000.000 hectares environ, soit un peu plus de 10% de la superficie totale du pays.
- Les régions sahariennes arides couvrant presque 90% du territoire.

Dans le nord de l'Algérie, qui représente 10% de la surface du pays, soit 2 500 000 hectares, la forêt couvre 1 800 000 hectares et les formations forestières dégradées en maquis 1 900 000 hectares. Le pin maritime et l'eucalyptus sont des plantes particulièrement intéressantes pour l'usage énergétique : actuellement elles n'occupent que 5% de la forêt algérienne [50].

#### ➤ Les déjections animales

La valorisation des déchets organiques et principalement des déjections animales pour la production du biogaz pourrait être considérée comme une solution économique, décentralisée et écologique avec une autonomie énergétique qui permettra un développement

durable des zones rurales. Les consistances du cheptel en Algérie sont indiquées dans le tableau N° 21

**Tableau N° 21 : Les consistances du cheptel en Algérie (année 1999)**

Animal	Ovine	Bovine	Caprine	Chevaline	Cameline	Mulassière	Asine
Quantité tête	18 200 000	1 650 000	3 400 000	46 000	154 310	49 690	220 000

*Source* : ministère de l'énergie et des mines

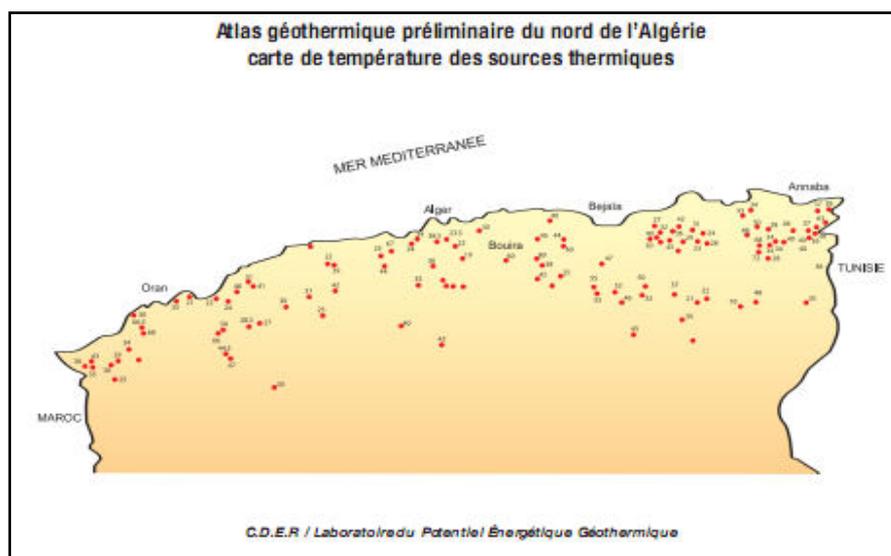
### 1.2.3. Le potentiel géothermique [50]

Les calcaires jurassiques du Nord algérien qui constituent d'importants réservoirs géothermiques, donnent naissance à plus de 200 sources thermales localisées principalement dans les régions du Nord-Est et Nord-Ouest du pays.

Ces sources se trouvent à des températures souvent supérieures à 40°C, la plus chaude étant celle de Hammam Meskhoutine (96°C).

Ces émergences naturelles qui sont généralement les fuites de réservoirs existants, débitent à elles seules plus de 2 m<sup>3</sup>/s d'eau chaude. Ceci ne représente qu'une infime partie des possibilités de production des réservoirs.

Plus au Sud, la formation du continental intercalaire, constitue un vaste réservoir géothermique qui s'étend sur plusieurs milliers de Km<sup>2</sup>. Ce réservoir, appelé communément « nappe albiennne » est exploité à travers des forages à plus de 4 m<sup>3</sup>/s. L'eau de cette nappe se trouve à une température moyenne de 57 °C. Si on associe le débit d'exploitation de la nappe albiennne au débit total des sources thermales, cela représenterait, en termes de puissance, plus de 700 MW (figure N°56).



**Figure N° 56: La carte de température des sources géothermiques** *Source* : CDER

#### 1.2.4. Le potentiel éolien :

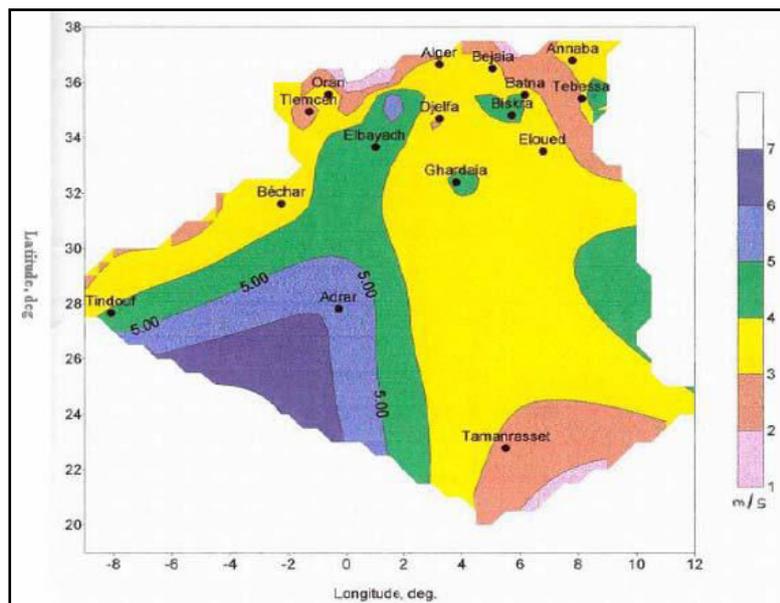
La ressource éolienne en Algérie varie beaucoup d'un endroit à un autre. Ceci est principalement dû à une topographie et un climat très diversifiés. En effet, notre vaste pays, se subdivise en deux grandes zones géographiques distinctes.

Le Nord méditerranéen est caractérisé par un littoral de 1200 Km et un relief montagneux, représenté par les deux chaînes de l'Atlas tellien et l'Atlas saharien. Entre elles, s'intercalent des plaines et les hauts plateaux de climat continental.

Le Sud, quant à lui, se caractérise par un climat saharien.

La carte représentée ci-dessous dans la figure N°57 montre que le Sud est caractérisé par des vitesses plus élevées que le Nord, plus particulièrement dans le Sud-ouest, avec des vitesses supérieures à 4 m/s et qui dépassent la valeur de 6 m/s dans la région d'Adrar.

Concernant le Nord, on remarque globalement que la vitesse moyenne est peu élevée. On note cependant, l'existence de microclimats sur les sites côtiers d'Oran, Bejaïa et Annaba, sur les hauts plateaux de Tiaret et Kheiter ainsi que dans la région délimitée par Bejaïa au Nord et Biskra au Sud [50].

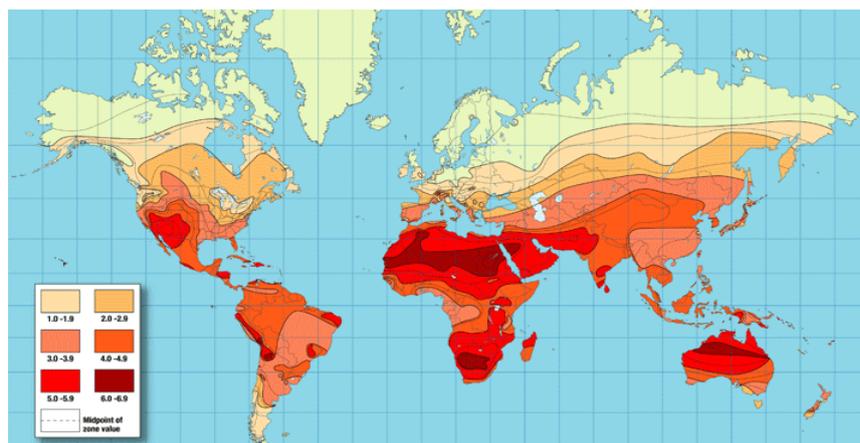


Source : Ministère de l'énergie et des mines

Figure N° 57: La carte de potentiel éolien en Algérie

#### 1.2.5. Le potentiel solaire

De par sa situation géographique, l'Algérie dispose d'un des gisements solaires les plus importants du monde.



Source : <http://www.altestore.com>

Figure N° 58 : La carte mondiale de l'ensoleillement annuelle

Selon la figure N°58, nous remarquons que la durée d'insolation sur la quasi-totalité du territoire national dépasse les 2000 heures annuellement et atteint les 3900 heures (hauts plateaux et sahara).

D'après le tableau N°22, l'énergie reçue quotidiennement sur une surface horizontale de 1 m<sup>2</sup> est de l'ordre de 5 Kwh sur la majeure partie du territoire national, soit près de 1700 Kwh/m<sup>2</sup>/an au Nord et 2263 KWh/m<sup>2</sup>/an au sud du pays.

Tableau N° 22 : La température des sources thermiques

Régions	Région côtière	Hauts Plateaux	Sahara
Superficie (%)	4	10	86
Durée Moyenne d'Ensoleillement (Heures/an)	2650	3000	3500
Energie Moyenne Reçue (Kwh/m <sup>2</sup> /an)	1700	1900	2650

Source : ministère de l'énergie et des mines

### 1.3. La proximité géographique des marchés européens et africains et arabes

Et un atout pour l'Algérie pour exporter sa production d'énergies propres ou les initiatives régionales et méditerranéennes de promotion de ces énergies sont définis sur le long terme.

#### 1.3.1. Le plan solaire méditerranéen

Lancé le 13 juillet 2008 dans le cadre de l'Union pour la Méditerranée (UpM), Le Plan Solaire Méditerranéen vise à accroître l'utilisation des énergies renouvelables et à

renforcer l'efficacité énergétique dans la région. Il permettra ainsi de limiter les émissions de gaz à effet de serre et de réduire la vulnérabilité du système énergétique de chaque pays et de la région dans son ensemble [51]

❖ **Les principaux objectifs du PSM**

- La construction de capacités additionnelles de production d'électricité bas carbone, et notamment solaire, dans les pays du pourtour méditerranéen, d'une puissance totale de 20 Gigawatt à l'horizon 2020 ;
- La consommation d'une partie de l'électricité produite par le marché local et l'exportation d'une partie de la production vers l'Union Européenne, afin de garantir la rentabilité des projets ;
- La réalisation d'efforts significatifs pour maîtriser la demande d'énergie et augmenter l'efficacité énergétique et les économies d'énergie dans tous les pays de la région.

❖ De nombreux acteurs seront amenés à participer au PSM :

- Etats membres de l'Union pour la Méditerranée ;
- Entreprises de tous les pays, pour le développement des projets et leur exploitation ;
- Investisseurs, fonds publics et privés, organisations financières bilatérales et multilatérales, pour la mise en place de solutions d'investissement et de financement innovantes ;
- Agences spécialisées, experts, ONG, société civile, pour le conseil et le soutien qu'ils pourront apporter à la réalisation des projets sur le terrain.

❖ **La préparation et mise en œuvre du PSM**

Le PSM se déroulera en trois étapes :

- 2008 : définition des objectifs et préparation du PSM
- 2009/2010 : phase pilote avec un «plan d'action immédiat» composé de projets pilotes à lancer pendant la présidence franco-égyptienne de l'UPM, afin de tester les mécanismes réglementaires, financiers et institutionnels mis en place
- 2011-2020 : phase de déploiement à grande échelle de projets d'énergie renouvelables et d'efficacité énergétique.

❖ **Le cas de l'Algérie :**

L'initiative devrait contribuer à la réalisation et au financement de projets conçus pour servir les objectifs du Plan solaire méditerranéen. Les domaines visés sont les suivants: énergies renouvelables, efficacité énergétique et raccordement au réseau électrique. Sachant que l'essentiel de la coopération entre l'Algérie et ses partenaires européens portent essentiellement sur l'énergie solaire avec un projet de fourniture de plus de 40 % d'énergie électrique aux pays européens aux horizons 2025, le secteur des énergies renouvelables augure d'importants investissements en Algérie [52].

### **1.3.2. La boucle euro-méditerranéenne**

L'énergie est incontestablement le domaine dans lequel l'interdépendance des pays de la zone euro-méditerranéenne est la plus profonde et la plus stratégique. Cette coopération s'est bâtie autour des approvisionnements pétroliers et gaziers dont la constance et la sécurité ont été assurées grâce à la construction d'infrastructures nombreuses et fiables. Mais les ressources en hydrocarbures sont concentrées dans un nombre limité de pays (Algérie, Égypte, Libye). Aussi, c'est une formes de coopération initiées, notamment dans le secteur des énergies renouvelables (solaire et éolien principalement), qui intéressent plus de pays du Sud de la Méditerranée et qui établissent des liens solidaires plus équilibrés. Depuis près de deux décennies, les compagnies électriques du Bassin méditerranéen mettent en œuvre un gigantesque projet. Celui-ci consiste à relier tous les réseaux électriques de l'ensemble des pays autour de la Méditerranée, depuis le Maroc jusqu'à l'Espagne, en traversant sur des milliers de kilomètres le Maghreb, le Mashreq et la Turquie au Sud et à l'Est, la Grèce, l'Italie et la France au Nord. L'objectif de cette construction inédite est la mise en place de marchés euro-méditerranéens de l'électricité et du gaz [53].

En effet, L'évaluation technico-économique des interconnexions autour du bassin méditerranéen a été effectuée dans le cadre de l'étude MEDRING indiquée dans la figure N°59 :



*Source : 8eme conférence sur le négoce du pétrole et du gaz en Afrique : « interconnexions électriques en Afrique : expériences et perspectives, cas de l'Afrique du nord, Marrakech 2004.*

**Figure N° 59: La boucle électrique euro-méditerranéenne**

#### ❖ Les énergies renouvelables au sein de La boucle euro-méditerranéenne

Si le projet de boucle électrique méditerranéenne a été conçu au début des années 1990, alors que la production électrique dans les pays méditerranéens, et notamment dans le Sud, provient surtout des sources fossiles, il est évident que la place faite récemment aux énergies renouvelables ne peut que donner un coup de fouet supplémentaire à Medring.

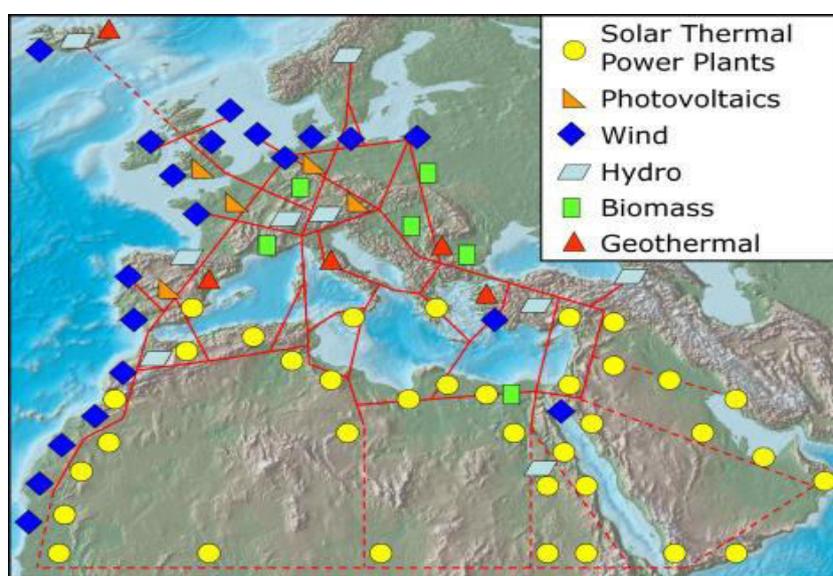
D'importants projets ont été lancés. Ils concourent au même objectif : promouvoir l'exploitation du potentiel d'énergie solaire et éolienne existant en Afrique du Nord, voire en Afrique et dans la zone Mena, et prévoir l'exportation vers l'Europe d'une partie de l'électricité produite (comme le cas de l'Algérie qui prévoit l'exportation de 12 000 MW à l'horizon 2030); ce qui conforte l'intérêt de la boucle méditerranéenne. C'est le cas du Plan solaire méditerranéen (psm) et de l'initiative Desertec et les différents programmes des énergies renouvelables établis par les pays de la méditerranée [54].

#### 1.3.3. Le Desertec :

Desertec est le nom d'un concept éco-énergétique de grande envergure qui prévoit l'exploitation du potentiel énergétique des déserts afin d'approvisionner durablement toutes les régions du monde en électricité [55]. Le concept Desertec fut développé à l'origine par la

Coopération transméditerranéenne pour l'énergie renouvelable (TREC pour Trans-Mediterranean Renewable Energy Cooperation), aujourd'hui connue sous le nom de Fondation Desertec, qui vit elle-même le jour en 2003 sous les auspices du Club de Rome et du Centre national de recherche sur l'énergie en Jordanie (NERC). Les « pendants » industriels de la fondation sont respectivement la Dii GmbH (fondée sous le nom de *Desertec Industrial Initiative*) et Medgrid, lesquels visent à promouvoir l'implantation du concept Desertec dans la région EU-MENA (Europe, Moyen-Orient et Afrique du Nord).

Cette cartographie sommaire permettant de visualiser la structure et les nœuds du réseau électrique du projet Desertec schématisés dans la figure N°60



Source : <http://www.DESERTEC.org>

**Figure N° 60: Le schéma d'une infrastructure possible pour un approvisionnement électrique durable en EU-MENA.**

L'initiative DII a pour objectif de créer à long terme un marché EU-MENA en facilitant l'intégration des marchés locaux d'électricité au système européen. L'initiative travaille actuellement avec l'Algérie, la Tunisie et le Maroc. Un premier projet CSP a été concrétisé avec la MASEN au Maroc. D'autres projets, dits de référence, sont prévus en Algérie, en Egypte et en Tunisie.

La DII a présenté une étude technico-économique (Desert Power 2050) concernant un scénario énergétique pour la région EUMENA (Europe, Middle East, North Africa) reposant sur un mix composé essentiellement d'énergies renouvelables. Celles-ci contribueraient à hauteur de 91% de la capacité totale installée et ce à horizon 2050. Les 9%

restantes seraient assurées par le gaz. L'éolien et le solaire (CSP et PV) compterait respectivement pour 53% et 25% de ce mix [56].

La transmission entre les deux rives de la méditerranée (figure N°61) s'effectuerait essentiellement au moyen de câbles à courant continu d'une capacité totale de 189 GW. Selon l'étude Desert Power 2050, cette configuration permettrait d'une part à l'Europe d'importer seulement 20% de ses besoins énergétiques en électricité, et d'autre part de réduire ses émissions de CO2 à hauteur de 95 %. Quant à la région MENA, elle pourrait répondre à ses besoins grandissants en électricité tout en réduisant de moitié les émissions relatives à sa production [56]

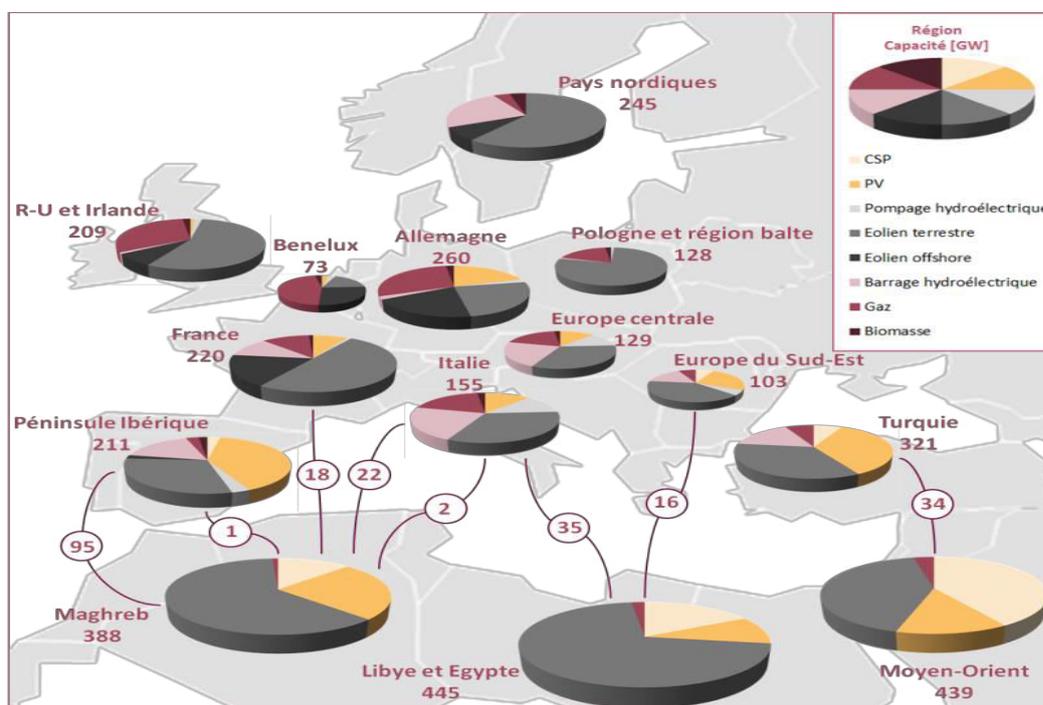


Figure N° 61 : La carte de température des sources thermiques (Source : Dii)

❖ Le cas de l'Algérie :

L'Algérie réunit également des conditions exceptionnelles pour la production de l'électricité solaire. En décembre 2011, Sonelgaz, la Société nationale de l'électricité et du gaz en Algérie, et l'initiative industrielle Dii, décident de coopérer afin de renforcer les échanges d'expertise technique, d'examiner des voies et moyens pour l'accès aux marchés extérieurs et promouvoir conjointement le développement des énergies renouvelables en Algérie. Dans le cadre de cet accord, une étude de faisabilité est menée par Sonelgaz et Dii portant sur un projet de référence potentiel d'un volume total de 1000 MW [57].

❖ **Les défis auxquels est confronté le projet Desertec :**

Sont nombreux et variés. Sur le plan réglementaire, une définition d'un cadre clair et homogène entre les deux rives de la Méditerranée définissant les modalités d'intégration et d'échange de l'électricité produite à partir des énergies renouvelables est nécessaire. Sur le plan technique, un renforcement de l'infrastructure réseau surtout au niveau des pays de transit (comme l'Espagne et l'Italie) mais aussi une modernisation de celle des pays du sud, sont indispensables pour garantir la sécurité d'un réseau EUMENA commun. La sûreté de l'approvisionnement passe aussi par la garantie de la sécurité des centrales surtout dans la région MENA, qui est une région à haut risque. Un travail de lobbying intense au niveau des gouvernements pour converger les stratégies de développement des EnR et mettre au point une feuille de route claire, doit aussi être effectué par la Di. Le financement du projet Desertec reste une des problématiques les plus compliquées vue la conjoncture économique actuelle. L'instauration de tarifs d'achat attractifs et de places d'échange de l'électricité verte pourrait conforter les investisseurs.

Malgré toutes ces difficultés, le projet Desertec continue à intéresser certains grands groupes industriels. Ils pourraient ainsi apporter un nouveau souffle au projet, grâce à leur expertise surtout dans la conduite de grands projets, et peut-être accélérer sa mise en place.

**1.3.4. Medgrid :**

Lancé en juillet 2010 et créée le 9 décembre 2010, Medgrid associe des partenaires leaders dans les métiers de la production, du transport et de la distribution d'électricité, du financement d'infrastructures, des services à l'économie du changement climatique

❖ **Medgrid assure plusieurs missions [58] :**

- proposer le schéma directeur technique et économique d'un réseau transméditerranéen capable d'exporter environ 5 GW vers l'Europe à l'horizon 2020 et débouchant sur des projets d'investissement concrets ;
- promouvoir un cadre de régulation favorable aux investissements et à la rentabilité des projets sur la rive sud (tarifs de rachat de l'électricité, ventes aux enchères de certificats d'émission, incitations fiscales, etc.) ;
- évaluer les bénéfices des investissements d'infrastructures et des échanges d'électricité sur la croissance, l'activité économique et l'emploi ;
- développer les coopérations techniques et technologiques avec les pays de la rive sud autour des projets de liaisons électriques transméditerranéennes ;

- promouvoir les technologies et l'industrie européennes dans la compétition mondiale et, notamment, la production d'électricité à partir d'énergies renouvelables, le transport à courant continu et les câbles sous-marins à très haute tension.

❖ **En Algérie :**

L'Algérie mène son propre programme tout en restant ouverte aux partenariats. Le Groupe Sonelgaz ne voit pas d'inconvénients à collaborer avec Medgrid sur la base d'une convention visant la réalisation conjointe d'études liées à des axes spécifiques dans les énergies renouvelables ainsi que pour promouvoir des échanges d'expertise.

#### 1.4. Une prédiction de baisse des coûts des énergies renouvelables :

On constate au cours des dernières années une baisse spectaculaire des coûts de production d'énergie d'origine renouvelable (figure N°62), qui illustre à nouveau les bienfaits de l'effet d'expérience, encore appelée courbe d'apprentissage - à savoir la vraie source du progrès technique et économique. Plus on produit, plus l'expérience s'accumule, plus les coûts baissent.

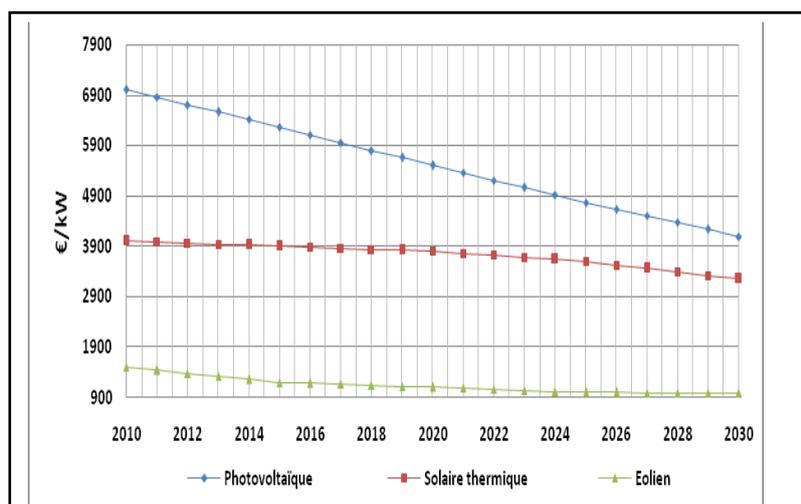


Figure N° 62: Les perspectives d'évolution des coûts d'investissement des filières d'énergies renouvelables (Source : Sonelgaz)

## 2. L'objectif de la stratégie de développement des énergies renouvelables en Algérie

L'introduction des énergies renouvelables aura pour conséquence [59] :

- une plus grande exploitation du potentiel disponible,
- une meilleure contribution à la réduction de CO<sub>2</sub>,

- une réduction de la part des énergies fossiles dans le bilan énergétique national,
- un développement de l'industrie nationale,
- la création d'emplois.

### **3. Les axes de la politique nationale de promotion des énergies renouvelable :**

L'intérêt pour le développement des énergies renouvelables a été perçu très tôt en Algérie avec la création de l'institut de l'énergie solaire dès 1962.

Cette volonté de promouvoir les énergies renouvelables s'est traduite notamment par [59]:

- La mise en place d'organismes spécialisés pour promouvoir la Recherche développement dans le domaine,
- Le développement d'actions de sensibilisation et de vulgarisation en vue de la promotion de ces sources d'énergies,
- La mise en place d'un cadre institutionnel nécessaire à l'impulsion de véritables programmes de développement des énergies renouvelables.
- La création de petites et moyennes entreprises de services spécialisées dans l'installation et la maintenance d'équipements, l'ingénierie, les études et le conseil.

Compte tenu des enjeux que représentent ces sources d'énergies durables, les pouvoirs publics ont consacré le caractère prioritaire et stratégique des énergies renouvelables à travers le cadre institutionnel mis en place récemment.

### **4. Les organismes spécialisés dans le domaine des énergies renouvelables en Algérie :**

- Agence Nationale pour la Promotion et Rationalisation de l'utilisation de l'énergie (APRUE)
- Agence Nationale du Développement et de l'Investissement (ANDI) :
- Office National des Statistiques (ONS) : Institut Algérien de Normalisation (IANOR)
- Le réseau de la recherche scientifique: Actuellement, le réseau de la recherche scientifique sous tutelle compte dix huit (18) établissements. Il regroupe dix (10) centres de recherche; cinq (5) unités de recherche et trois (3) agences de recherche en plus des laboratoires de recherche.

➤ **Les Centres de recherche:**

1. Centre de Développement des énergies renouvelables (CDER)
2. Centre de Développement des Technologies Avancées (CDTA)

➤ **Les Unités de recherche:**

1. Unité de Développement de la Technologie du Silicium (UDTS)
2. Unité de Développement des Equipements Solaires (UDES)
3. Unité de recherche en Energies Renouvelables en Milieu Saharien Adrar (URERMS)
4. Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables (URAER)

➤ **Les Agences de recherche:**

1. Agence Nationale de Développement et de Recherche Universitaire (ANDRU)
2. Agence Nationale de Valorisation des Résultats de la Recherche et du développement Technologique. (ANVREDET)

➤ Le réseau de la recherche scientifique compte six cents trente neuf (639) laboratoires de recherche implantés au niveau des établissements universitaires.

➤ Le réseau universitaire algérien compte quatre vingt quatre (84) établissements d'enseignement supérieur répartis sur quarante six wilayas (46), couvrant tout le territoire national. Ce réseau est constitué de trente six (36) universités, quinze (15) centres universitaires.

## **5. La politique nationale de promotion et de développement des énergies renouvelables :**

En Algérie, des réformes des cadres institutionnels, législatifs et réglementaires (lois, décrets et arrêtés) ont été réalisées ces dernières années en vue de promouvoir les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique. Ainsi, des institutions spécifiques ont été créées et la réglementation revue pour favoriser une plus grande ouverture du marché des énergies renouvelables. En matière de financement, des fonds ont été établis et des mécanismes de financement mis en place [59].

### **5.1. Les textes régissant les énergies renouvelables**

Les principaux textes régissant les énergies renouvelables sont :

- Loi relative à la maîtrise de l'énergie (loi N° 99-09 du 28 juillet 1999, J.O. N° 51)

- Loi relative à l'électricité et la distribution publique du gaz par canalisation (loi N° 02-01 du 05 février 2002, J.O. N° 8)
- La loi sur la promotion des énergies renouvelables dans le cadre du développement durable (loi N° 04-09 du 14 août 2004, J.O. N° 52)
- La loi d'orientation et de programme sur la recherche scientifique et le développement technologique amendée le 23 février 2009
- La loi de finance complémentaire 2009 et la création du fond EnR

## **5.2. Les mesures incitatives et fiscales**

Des mesures d'incitation et d'encouragement sont notamment prévues par la loi relative à la maîtrise de l'énergie (des avantages financiers, fiscaux et de droits de douane) pour les actions et projets qui concourent à l'amélioration de l'efficacité énergétique et à la promotion des énergies renouvelables. Un fonds national de maîtrise de l'énergie (FNME) a été également institué pour financer ces projets et octroyer des prêts non rémunérés et des garanties pour les emprunts effectués auprès des banques et des établissements financiers, pour les investissements porteurs d'efficacité énergétique.

L'objectif de ces mesures est d'encourager les produits locaux et de fournir des conditions avantageuses, notamment fiscales, aux investisseurs désireux de s'impliquer dans les différentes filières d'énergies renouvelables.

Pour encourager et soutenir les industriels à investir dans le renouvelable, il est prévu, entre autres, la réduction des droits de douane et de la TVA à l'importation pour les composants, matières premières et produits semi-finis utilisés dans la fabrication des équipements en Algérie dans le domaine des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique [59].

## **5.3. Les mesures réglementaires**

La politique de l'Algérie, dans la réalisation du programme de développement des énergies renouvelables se fera à travers l'octroi de subventions pour couvrir les surcoûts qu'il induit sur le système électrique national. Aussi, des mesures réglementaires encadreront les apports de l'Etat et définiront les conditions et les mécanismes de contrôle adéquats pour permettre une utilisation optimale des fonds publics qui sont alloués à ce programme.

En matière de financement, les lois de finance instituent des mécanismes de financement spécifiques aux ER. Ainsi, selon la loi de finances complémentaire (LFC) pour

2011 publiée fin juillet, le pourcentage de la redevance pétrolière consacrée au financement des actions et projets inscrits dans le cadre de la promotion des énergies renouvelables et de la cogénération passe de 0,5% à 1%. La LFC 2011 prévoit que les recettes de la fiscalité pétrolière s'établiront à 1 529,4 milliards de dinars. Un fonds national pour les énergies renouvelables a été établi par la loi de finances 2010. L'article 63 de la loi indique qu'un compte relatif à ce fonds est ouvert dans les écritures du Trésor et alimenté à hauteur de 0,5% par la fiscalité pétrolière.

## **6. Le programme des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique**

### **6.1. L'objectif du programme**

Le programme consiste à installer une puissance d'origine renouvelable de près de 22 000 MW entre 2011 et 2030 soit le double de la capacité de production actuelle. La plus grande partie viendra du gaz naturel, permettant d'économiser près de 600 mille millions de mètres-cubes de gaz sur 25 ans. La moitié du gaz économisé sera stocké et le restant exporté, permettant au pays d'enregistrer quelque 200 milliards de dollars supplémentaires sur cette période. De ces 22 000 MW, 12 000 MW seront dédiés à couvrir la demande nationale en électricité et 10 000 MW à l'exportation [59].

Le potentiel national en énergies renouvelables étant fortement dominé par le solaire, l'Algérie considère cette énergie comme une opportunité et un levier de développement économique et social, notamment à travers l'implantation d'industries créatrices de richesse et d'emplois. Comparativement, les potentiels en éolien, en biomasse, en géothermie et en hydroélectricité sont beaucoup moins importants. Cela n'exclut pas pour autant le lancement de nombreux projets de réalisation de fermes éoliennes et la mise en œuvre de projets expérimentaux en biomasse et en géothermie.

Le programme d'efficacité énergétique concernera les volets suivants :

- L'isolation thermique des bâtiments ;
- Le développement du chauffe-eau solaire ;
- La généralisation de l'utilisation des lampes basse consommation,
- L'éclairage public performant, avec la substitution de la totalité du parc de lampes à mercure par des lampes à sodium à l'horizon 2015 ;

- L'aide à l'introduction de l'efficacité énergétique dans le secteur industriel et les établissements grands consommateurs d'énergie, par la réalisation d'audits et l'aide aux projets d'économie d'énergie ;
- L'augmentation de la part de marché du GPLC et la promotion du GNC ;
- La conversion au cycle combiné des centrales électriques quand cela est possible ;
- La réalisation de projets pilotes de climatisation au solaire.

## **6.2. Les chapitres de développement :**

Le programme des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique est développé en cinq chapitres [59]:

- les capacités à installer par domaine d'activité énergétique ;
- le programme d'efficacité énergétique ;
- les capacités industrielles à développer pour accompagner le programme ;
- la recherche et développement ;
- les mesures incitatives et réglementaires.

Le programme inclut la réalisation, d'ici 2020, d'une soixantaine de centrales solaires photovoltaïques et solaires thermiques, de fermes éoliennes et de centrales hybrides.

## **6.3. La synthèse du Programme national des énergies renouvelables :**

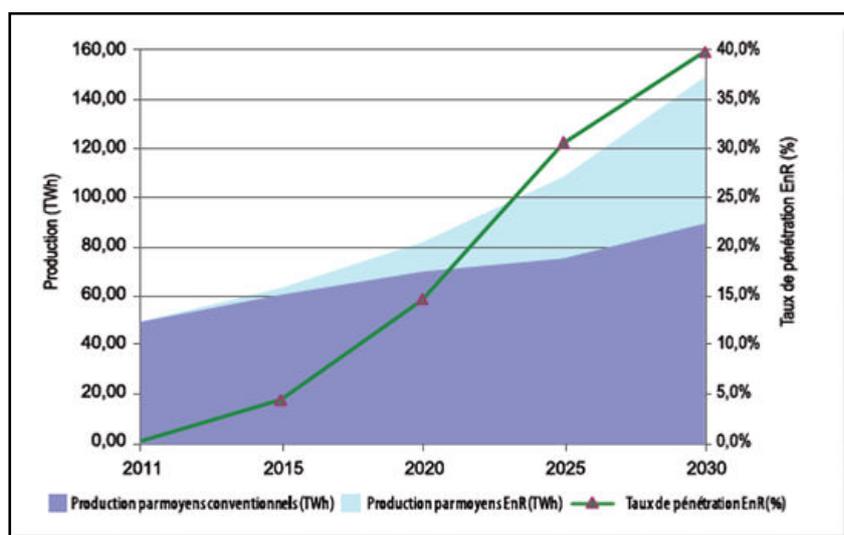
L'Algérie s'engage avec détermination sur la voie des énergies renouvelables afin d'apporter des solutions globales et durables aux défis environnementaux et aux problématiques de préservation des ressources énergétiques d'origine fossile.

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 comme c'est montré dans la figure N°63.

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.

Le coût global d'un tel programme se chiffre à 2 781 milliards de DA.



Source : ministère de l'énergie et des mines

Figure N° 63: Pénétration des énergies renouvelables dans la production nationale en TWh

#### 6.4. Les phases du programme des énergies renouvelables:

Le programme des énergies renouvelables est défini pour les différentes phases [59] :

- Les années 2011 à 2013 seront consacrées à la consolidation des données, à travers des études et des projets pilotes destinés à tester les différentes technologies à mettre en œuvre avec l'installation d'une puissance totale de l'ordre de 110 MW;
- Les années 2014 et 2015 connaîtront le lancement des investissements requis qui seront accrus, une puissance totale de près de 650 MW serait installée,
- 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 12 000 MW pour le marché national (soit plus du double des capacités actuelles par le recours au gaz naturel) ainsi qu'une possibilité d'exportation allant jusqu'à 10 000 MW.

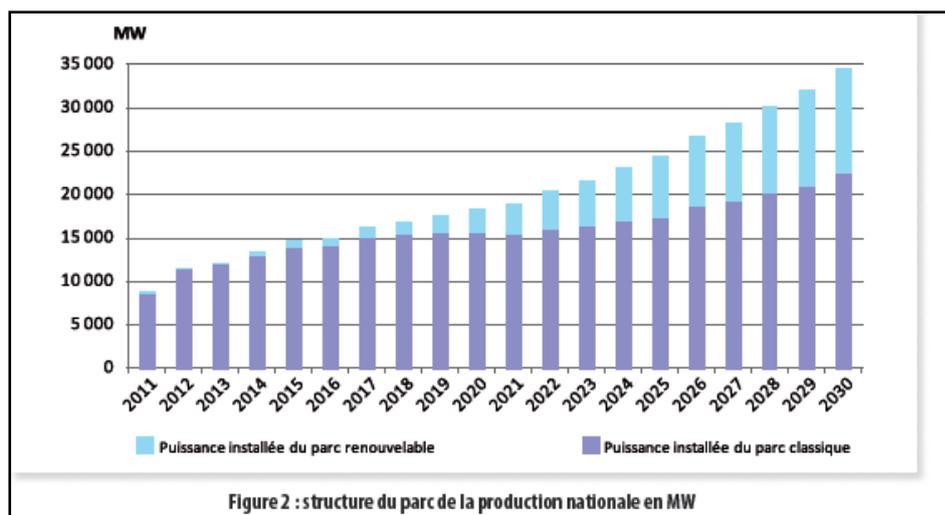


Figure 2 : structure du parc de la production nationale en MW

Source : ministère de l'énergie et des mines

## Figure N° 64: La structure du parc de production nationale en MW

La synthèse de ce programme, par type de filière de production, se présente comme suit :

### 6.5. Les filières de production [59]

#### 6.5.1. solaire photovoltaïque

La stratégie énergétique de l'Algérie repose sur l'accélération du développement de l'énergie solaire. Le gouvernement prévoit le lancement de plusieurs projets solaires photovoltaïques d'une capacité totale d'environ 800 MWc d'ici 2020. D'autres projets d'une capacité de 200 MWc par an devraient être réalisés sur la période 2021-2030.

#### 6.5.2. L'énergie solaire thermique

L'Algérie entend mettre en valeur son potentiel solaire, l'un des plus importants au monde, en lançant des projets importants en solaire thermique.

Deux projets pilotes de centrales thermiques à concentration avec stockage d'une puissance totale d'environ 150 MW chacune seront lancés sur la période 2011-2013. Ces projets s'ajouteront à la centrale hybride de Hassi R'Mel d'une puissance de 150 MW, dont 25 MW en solaire.

Sur la période 2016-2020, quatre centrales solaires thermiques avec stockage d'une puissance totale d'environ 1 200 MW devraient être mises en service. Le programme de la phase 2021-2030 prévoit l'installation de 500 MW par an jusqu'en 2023, puis 600 MW par an jusqu'en 2030.

### **6.5.3. L'énergie éolienne**

L'énergie éolienne constitue second axe de développement des énergies renouvelables en Algérie, (après le solaire) avec un projet pilote à l'horizon 2012-2013, dont l'investissement serait de 30 millions d'euros [60] pour la construction de la première ferme éolienne d'une capacité de 10 MW (10 tranches) à Adrar, dans le sud-ouest du pays. Entre 2014 et 2015, deux autres fermes éoliennes de 20 MW chacune devraient être réalisées. Des études seront menées pour identifier les emplacements favorables afin de réaliser d'autres projets sur la période 2016-2030 pour une puissance d'environ 1 700 MW.

D'ici 2013, il est prévu de lancer les études pour la mise en place de l'industrie éolienne. Sur la période 2014-2020, l'objectif est de parvenir à un taux d'intégration de 50%. Ce taux devrait être supérieur à 80% sur la période 2021-2030, grâce à l'extension des capacités de fabrication des mâts et des rotors d'éoliennes et le développement d'un réseau de sous-traitance nationale pour la fabrication des équipements de la nacelle [59].

## **6.6. Les capacités des énergies renouvelables à installer par phase et par filière**

### **6.6.1. Durant la période 2012 et 2015 :**

- un total de 241 MW est prévu pour le solaire PV (236 MW en centrales PV et 5 MW en Kits solaires),
- 50MW pour l'éolien,
- 5 MW pour la géothermie
- 300 MW pour le CSP.

### **6.6.2. Durant la période 2016 et 2021**

Durant cette période, il est prévu d'installer :

**Tableau N° 23: Les prévisions des puissances à installer par type d'énergie durant la période 2016 - 2021**

Années	Installations photovoltaïques	Installations éoliennes	Installations CSP
2016	141	20	/
2017	141	50	150
2018	141	50	200
2019	141	50	325
2020	141	50	500
2021	62	123	500
<b>Puissance Totale en MW</b>	<b>767</b>	<b>343</b>	<b>1675</b>

*Source : ministère de l'énergie et des mines*

D'après le tableau N°23, durant cette période il est prévu d'installer 2785 MW, cet objectif devrait être atteint par la construction de :

- Une usine de fabrication du silicium, la capacité envisagée se situe entre 2500 et 3000 tonnes/an et une autre usine pour la fabrication d'onduleurs, de batteries, de transformateurs, de câbles et autres équipements entrant dans la construction des centrales
- Construction d'une usine de fabrications de mats et de rotors d'éoliennes.

### 6.6.3. Durant la période 2022 et 2030

**Tableau N° 24: Les prévisions des puissances à installer par type d'énergie durant la période 2022 - 2030**

Années	Installations photovoltaïques	Installations éoliennes	Installations CSP
2022	200	123	500
2023	200	123	500
2024	200	123	600
2025	200	123	600
2026	200	223	600
2027	200	223	600
2028	200	223	600
2029	200	223	600
2030	200	223	600
<b>Puissance Totale en MW</b>	<b>1800</b>	<b>1607</b>	<b>5200</b>

*Source : ministère de l'énergie et des mines*

Selon le tableau N°24, une capacité totale de 8607 MW sera installée durant la période 2022-2030 grâce à une extension des capacités de production des unités déjà mises en place.

### **6.7. L'objectif global du programme des énergies renouvelables dédié à l'exportation :**

Consiste à installer 10 000 MW à l'horizon 2030.

- Les capacités à installer se déclinent comme suit:
  - Horizon 2020: 2000 MW
  - Horizon 2030: 10 000 MW
- **Sous conditions:**
  - Existence d'une **garantie d'achat** à long terme,
  - Partenaires fiables,
  - Financements extérieurs.

### **6.8. L'Algérie réalisera plus de 60 projets en énergies renouvelables d'ici 2020**

Plus de 60 projets en énergies renouvelables seront réalisés en Algérie pour les neuf prochaines années dans le cadre du programme national de développement des énergies nouvelles et renouvelables et de l'efficacité énergétique 2011 – 2030 dont quelque projets sont mentionnés dans la figure N°. La puissance qui sera installée est estimée à 2.357 MW selon la Commission de régulation de l'électricité et du gaz [61].

Ces projets de centrales seront réalisés dans une vingtaine de Wilayas du Sud et des Hauts plateaux mais aussi du Nord. Quatre filières sont visées par ce programme à savoir, le solaire photovoltaïque, le solaire thermique, l'éolien et l'hybridation entre le solaire et le gasoil ou les turbines à gaz.

La filière solaire photovoltaïque totalise 27 projets avec une capacité globale de 638 MW. La plus importante de ces centrales en matière de puissance sera installée dans la Wilaya de Djelfa avec une puissance de 48 MW.

La filière d'hybridation des centrales diesel et turbines à gaz destinée aux régions du Sud non-connectées au réseau national de distribution totalise également 27 projets avec une capacité globale d'un peu plus de 100 MW. La plus importante de ces centrales en matière de puissance sera installée dans la wilaya d'Adrar avec une puissance de 20 MW.

La filière solaire thermique totalise quant jusqu'à elle 6 projets avec une capacité globale d'un peu plus de 1350 MW. La plus importante de ces centrales en matière de puissance produira 400 MW. La plus petite centrale de 150 MW et sera construite dans la wilaya de Béchar.

Enfin la filière éolienne totalise 7 projets avec une capacité globale de 260 MW avec 04 projets d'une capacité de 50 MW et 3 projets d'une capacité de 20 MW. Les sites devant abriter ces projets n'ont pas encore été définis, mais devraient être localisés dans la région d'Adrar connue pour son important potentiel en la matière.



Figure N°65 : Lieux d'implantation de quelques projets (Source : CDER)

## 6.9. Projets et études en cours de réalisation

### 6.9.1. Les projets :

- Projet de construction d'une usine de fabrication des modules Photovoltaïques d'une capacité de 116 MWc/an à Rouiba par ROUBA ECLAIRAGE. Spa filiale SONELGAZ avec le groupement allemand centrotherm et Kinetics. La technologie retenue: Silicium multi cristallin
- Projet d'électrification solaire de 16 villages (Tableau N° 25) par énergie photovoltaïques de 2554 foyers localisés aux sud et hauts plateaux Algériens. Une capacité à installer d'environ 2 MW réalisée par trois entreprises : SDE – SDC – SDO

**Tableau N° 25 : Projet d'électrification solaire de 16 villages**

SDO		SDC		SDE	
Wilayas	Nbre de kits	Wilayas	Nbre de kits	Wilayas	Nbre de kits
Tissemsilt	<b>137</b>	Illizi	<b>495</b>	Batna	<b>14</b>
Saida	<b>30</b>	Tamanrasset	<b>980</b>	Tébessa	<b>53</b>
Sidi Bel Abbes	<b>41</b>	El Oued	<b>86</b>	Khenchela	<b>73</b>
Naama	<b>32</b>	/	/	M'Sila	<b>100</b>
El Bayadh	<b>89</b>	/	/	/	/
Tlemcen	<b>424</b>	/	/	/	/

*Source : ministère de l'énergie et des mines*

- Projet de réalisation d'une Centrale pilote photovoltaïque à Ghardaïa d'une capacité de 1100 KWc réparties comme suit : 452 KWc en Sillicium Mono cristalin, 452 KWc en Sillicium Polycristalin, 100 kWc en Sillicium amorphe (a-Si), 100 KWc en CdTe Couche mince.
- Projet de cinq centrales photovoltaïques d'une capacité total de 19 MW à travers les wilayas d'Illizi, Tindouf et Tamanrasset
- Projet de réalisation d'une ferme éolienne de 10MW à Kaberten (Adrar)
- Projet de ferme éolienne d'une capacité de 20 MW à Khenchela
- Projet de l'acquisition des 10 stations de mesure météorologique
- Projet centrale géothermique d'une capacité de 5 MW à Guelma
- Projet de réalisation de deux centrale solaire Concentration Solar Power (CSP) à El Oued et Béni Abbes d'une puissance de 150 MW chacune
- Centre d'homologation des équipements ENR au niveau de ville nouvelle de Sidi Abdellah

### 6.9.2. Les études :

#### ➤ Etudes confiées à la CREG:

Etude sur la tarification des ENR. (L'étude est déjà lancée et sera réalisée avec l'assistance de la GIZ.)

#### ➤ Etudes confiées à la SONELGAZ:

- Etude de faisabilité de la fabrication de silicium grade solaire.
- Choix technologique pour le développement de masse des ENR.
- Comportement des équipements éoliens et solaires dans l'environnement .saharien.
- Impact des ENR sur les réseaux et des capacités d'intégration

#### ➤ Etude confiées au MEM:

- Actualisation de l'atlas éolien national
- Identification des sites à haut potentiel éolien et éligibles à l'implantation de fermes éoliennes dans la zone de Touggourt, Hassi Messaoud et Ghardaïa.
- Réalisation de l'atlas du gisement solaire algérien
- Identification de sites à haut potentiel solaire et éligibles à l'implantation de centrales solaires.

### 6.10. Les résultats attendus de programme des énergies renouvelables :

- Economies de 600 milliards de dinars de m3 de GN
- La moitié de ce volume sera conservée pour les prochaines décennies
- L'autre moitié exportée générera des recettes supplémentaires pour le pays.
- Création de plus de 200 000 emplois direct et indirect, dont 100 000 emplois dans l'exportation.
- Réductions des émissions de gaz à effet de serre.

### 6.11. Moyen de mise en œuvre

La mise en œuvre du programme est confiée:

- À SONELGAZ et ses centres de recherches pour la production d'électricité
- Fonds National pour les Energies Renouvelables (créé par la loi de finance 2010), apportera le soutien financier nécessaire.

## **7. L'analyse du programme :**

L'Algérie a décidée, officiellement, à adopter un programme de développement des énergies renouvelables jusqu'à l'horizon 2030. C'est une décision qui a été prise après les changements survenus dans le secteur énergétique. Nous retiendrons à l'attention, l'absence totale de référence aux activités antérieures de formation, de recherche et de réalisation. Comme si, avant l'adoption de ce programme, c'était le néant (L'absence d'expérience dans l'édification, la gestion et le retour d'expérience dans un secteur de pointe). Ce qui va donc justifier l'introduction dans le programme d'une première étape de 2011 à 2013 pour la réalisation de projets pilote pour tester les différentes technologies disponibles puis d'une seconde étape de 2014 à 2015 pour marquer le début du déploiement du programme. Nous remarquons que cette décision est prise dans la précipitation, car elle n'est appuyée par aucune explication économique et scientifique ayant déterminé le choix de soixante projets, les équipements et les installations, leurs lieux d'implantation et la superficie des terrains à occuper, la répartition par projet du budget alloué.

Parmi les obstacles auquel va être confronté l'Etat Algérien lors de la réalisation de programme des énergies renouvelables, nous pouvons citer la précipitation et l'attitude volontariste des exécutants, qui consiste à croire que parce que notre pays dispose de ressources en devises que procurent les hydrocarbures. Les objectifs peuvent être atteints, avec le recours à l'expertise et aux compétences étrangères, choisir des partenaires qui respectent les délais et les coûts de réalisation de ce programme.

Aussi, nous pensons que le nombre réduit de la ressource humaine qualifiée dans un domaine pointu, ressource humaine qui a besoin de formation et de la pratique pour être qualifié à réaliser ces projets et la bureaucratie et les procédures administratives qui découragent et ralentissent toute activité de recherche comme le cas de la centrale hybride gaz-solaire de Hassi R'mel, elle peut être considérée comme une centrale expérimentale, mais la centrale est fermée aux chercheurs algériens. C'est une politique qui n'est pas pratiquée en Espagne pour les chercheurs européens [61]

Nous constatons également que ce programme ne règle qu'un seul aspect de la problématique d'ensemble, celle de l'électricité, le programme exclu les carburants alternatifs, donc, l'Algérie reste un importateur net des carburants dès l'épuisement de ces réserves fossiles dû à la forte demande nationale comme on a vu dans le chapitre précédent.

Nous remarquons que ce programme a été conçu par le ministère de l'Energie et des Mines sans associer le reste des départements ministériels ni même la société civile. "Ce n'est pas facile de mettre en place ces capacités, il faut avoir une problématique d'ensemble où l'on doit associer toute la société civile. Nous sommes tous concernés"[63], chaque département ministériel sera concerné pas uniquement celui de l'Énergie et des Mines, "Le plus grand ministère qui doit être concerné par ce programme est le ministère des Finances, c'est ce département qui va contrôler l'efficacité, en matière d'énergie, des équipements et des véhicules importés"[62],

Aussi, et pour atteindre les objectifs fixés dans ce programme, tous les secteurs concernés devraient travailler en synergie. Les ministères de l'Energie et des mines, de l'Enseignement supérieur et de la recherche scientifique, de l'Environnement et de l'Industrie devraient définir la contribution de chaque partie, car il s'agit d'un grand défi à relever.

Le processus industriel de fabrication de silicium électronique est très complexe et nécessite de lourds investissements. C'est d'ailleurs l'erreur qui a été commise en lançant l'usine de Rouiba pour la fabrication des modules Photovoltaïques, erreur qui a consisté à importer du silicium métallurgique pour être transformé en silicium électronique. Ainsi est, au départ, créée une dépendance dans un marché où les prix peuvent fluctuer et le produit se raréfier.

Comme nous avons vu auparavant, la Sonelgaz SPA lance un appel d'offres pour la sélection de sociétés en vue de la réalisation de centrales solaires thermiques de 300 MW en 2015 et de 2000 MW d'ici 2021, c'est-à-dire l'érection d'une centrale CST de 200 MW chaque année entre 2011 et 2021 avant même que ne soient connus et analysés les résultats du fonctionnement de cette première centrale ? Et avec quelle ressource humaine algérienne [62]

L'insuffisance des cadres réglementaires dans notre pays, ce problème se pose particulièrement pour les projets de production d'électricité à partir des énergies renouvelables injecté au réseau. En effet, dans ce cas, même avec les conditions de rentabilité les plus intéressantes, les projets ne peuvent pas voir le jour. C'est ce qui explique le faible développement des projets éoliens dans la région, malgré la parité avec le réseau dans plusieurs pays où des sites de haute qualité existent.

En plus nous pouvons signaler les contraintes de rentabilité des projets lancer à travers le programme des énergies renouvelables, compte tenu de la subvention aux énergies

conventionnelles instaurées par l'état au titre de la protection des couches sociales pauvres et les opérateurs économiques nationaux. Cela concerne aussi bien les grands projets de production d'électricité renouvelable.

## **8. Les principales barrières au développement des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique en Algérie, recommandations et suggestions**

Cette section résume les obstacles qui freinent les efforts pour le développement des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique en Algérie et donne des orientations pour améliorer le cadre global de l'investissement dans les énergies renouvelables.

### **8.1. Le Marché:**

#### **8.1.1. Le marché national :**

La mise en place d'un marché électrique concurrentiel suppose l'existence d'un grand nombre d'investisseurs privés. Cependant, et comme on a vu auparavant en Algérie cette condition n'est pas satisfaite c'est le même constat qui est fait pour la plupart des secteurs économique.

Aussi, et en raison de la capacité de paiement des consommateurs limitée, une des spécificités du secteur électrique est la nécessité d'une intervention mesurée de la puissance publique par la pratique d'une politique de prix bas pour les petits consommateurs et la péréquation des tarifs aux clients domestiques. Dans ce sens ; la coexistence de deux marchés, un marché libre pour les gros consommateurs et un marché régulé pour les petits consommateurs semble être la solution la plus appropriée.

La loi 02/01 du 05 février 2002 consacrant la restructuration et l'ouverture à la concurrence du marché électrique en Algérie. Un déficit en termes d'investissement privé dans le secteur mis à part les partenariats avec l'opérateur Sonelgaz. Les raisons de ce déficit sont avec l'environnement des investissements et les spécificités du secteur électrique en particulier.

Nous pensons que l'Algérie doit achever le processus de libéralisation du marché électrique. Ceci passe nécessairement par l'amélioration du cadre des investissements, étrangers en particulier, et par la levée de tout obstacle à la concurrence.

### **8.1.2. Le marché nord africain :**

Comme on a vu à travers notre étude, l'espace nord africain ne constitue pas encore un marché homogène car la production et la circulation des marchandises énergétiques, la mise en place des infrastructures énergétiques (centrales électriques, lignes de transport) et la fabrication de biens d'équipement (panneaux PV, LBC, composantes éoliennes) n'obéissent pas à des critères de rentabilité économique au niveau régional. Les flux électriques en Afrique du Nord (Algérie, Egypte, Libye, Maroc, Tunisie) sont des flux physiques peu importants par rapport aux capacités installées et à la production des ces pays. Les échanges d'électricité les plus importants sont réalisés entre le Maroc et l'Espagne. L'interconnexion électrique des réseaux des pays sus cité permet aux différents opérateurs de réaliser des économies d'énergie, mais ces économies restent limitées par l'absence d'un marché régional.

Les interconnexions gazières régionales (gazoducs Algérie-Maroc-Espagne et Algérie-Tunisie-Italie) ont pour marché principal l'Europe de l'Ouest. De ce fait, la consommation de gaz naturel est très inégale au sein de l'espace nord-africain. En fait le Maroc et la Tunisie sont des pays de transit du gaz naturel algérien. Il n'existe pas de politique gazière régionale qui permettrait d'intensifier l'utilisation des ressources gazières au sein de l'espace nord africain. Or, le gaz naturel est une énergie compétitive et dont les émissions de gaz à effet de serre sont moindres, comparativement aux autres sources d'énergie fossile.

Le développement de filières renouvelables (CSP et éolien notamment) ne participent pas à une logique de développement intégré régional. Or les objectifs, les choix technologiques et les partenaires institutionnels et privés sont souvent les mêmes. Le développement des CSP requiert un personnel hautement qualifié qui fait actuellement défaut et des industries spécialisées dans les industries du verre de qualité solaire, de l'électronique et de l'électromécanique. En effet, à la différence des énergies fossiles, la sécurité énergétique ne réside pas dans le contrôle de la matière première, mais dans le développement d'une expertise régionale et d'un tissu industriel en mesure de répondre à une grande partie de la

demande d'équipements et de personnel spécialisé pour le développement des filières d'énergie renouvelable.

Il est nécessaire pour l'établissement d'un marché régional de développer :

- Des politiques et des cadres juridiques harmonisés ;
- Créer une véritable stratégie régionale de coopération qui tire parti des opportunités et des complémentarités existantes ; et définit des règles communes pour la création d'un marché intégré de l'électricité et l'établissement de partenariats innovants, notamment sur le plan du développement des capacités, de l'échange d'expériences et du transfert de technologies. Ainsi, les efforts pourraient notamment s'orienter vers la promotion du transfert de technologies en renforçant les réseaux d'échanges de connaissances et d'expériences, ainsi que les partenariats entre pays, pour la réalisation de projets concrets
- Le développement d'une approche industrielle structurée ;
- L'optimisation des infrastructures d'interconnexions transfrontalières actuellement sous utilisées et leur renforcement.

### **8.1.3. Le marché euro-méditerranéen :**

Des facteurs structurels, de nature géologique, historique ou géostratégique, ont contribué à créer une situation particulière pour l'énergie autour de la Méditerranée. En effet, les ressources énergétiques (pétrole, gaz, soleil) sont concentrées dans la partie méridionale alors que les pays de la partie septentrionale, qui ont la plus forte consommation, disposent des compétences humaines, de la technologie, de l'expérience et des moyens financiers. Cette distribution des richesses, suggèrent l'idée que s'imposent naturellement aux pays des deux rives la complémentarité, le travail en commun, la coopération, la solidarité...

En ce qui concerne les énergies renouvelables, l'absence d'un marché euro méditerranéen d'énergie pénalise les exportations des énergies renouvelables de l'Algérie vers l'Europe.

## **8.2. Le financement**

L'importance du coût des ER, des prix encore comparativement élevés des services fournis par ces énergies et des subventions accordées aux produits dérivés des énergies fossiles constituent des contraintes majeures à l'expansion des ER. Un développement à grande échelle des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique en Algérie passe par

des mécanismes préférentiels et innovants de financement et des incitations fiscales pour promouvoir le développement des entreprises nationales.

Les mécanismes financiers possibles pour le changement d'échelle dans la production d'énergie renouvelable.

- **Subventions de capital** : Subventions financières directes visant à limiter le coût en capital et à rentabiliser l'investissement initial.
- **Prêts préférentiels** : Prêts accordés dans des conditions nettement plus favorables que celles prévalant sur les marchés financiers. Ces prêts sont accordés par des institutions multilatérales comme par exemple la Banque Africaine de Développement. Dans les mécanismes du FMI un élément don accompagne le prêt concessionnel. Ces prêts concernent plutôt l'endettement des pays.
- **Certificat vert** : Document attestant de l'origine de l'électricité verte. Des organismes de contrôle chargés de délivrer le certificat de garantie d'origine pour les installations de production d'énergies renouvelables.
- **Facturation nette** : L'électricité prise du réseau et celle envoyée dans le réseau à partir d'ER font l'objet d'un suivi distinct. L'électricité envoyée dans le réseau est évaluée à un prix supérieur au prix en provenance du réseau afin d'encourager la production d'ER
- **Les finances carbone** : Les stratégies de développement des énergies renouvelables en Algérie devraient être définies dans le cadre d'une politique globale de développement à bas carbone. Mis à part le mécanisme de développement propre qui atteint son échéance en fin 2012, de nouveaux financements dans le cadre de la CCNUCC sont en train de se mettre en place et qu'il convient d'en tirer profit. Pour soutenir les pays en développement dans la lutte contre les changements climatiques, les pays industrialisés se sont engagés à mobiliser dans le cadre d'un nouveau fonds (Fond Vert) 100 milliards de \$ par an d'ici 2020.
- Une autre méthode de financement est l'affectation d'une part substantielle des quotas de CO<sub>2</sub>, qui seront payants, pour les entreprises émettrices, à un fond destiné à financer les énergies renouvelables." Le projet de loi d'efficacité énergétique présenté par le ministère de l'industrie espagnole début mars 2011 reprend un peu cette idée, en proposant un nouvel impôt sur les émissions de CO<sub>2</sub> permettant de financer les énergies renouvelables et les programmes d'efficacité énergétique. L'idée est de faire supporter le coût des renouvelables par tout le système énergétique.

- Ouvrir les activités de production de l'électricité à la concurrence avec le péage d'accès au réseau électrique par les producteurs suffise à couvrir les coûts.
- Comme on vu dans le chapitre consacré à l'expérience du Maroc dans le domaine des énergies renouvelables ou le marché est totalement ouvert aux investissements privé, cette procédure a permis au Maroc d'augmenter la part des énergies renouvelables dans son bilan énergétique.
- Octroyer aux entreprises privées qui veulent investit dans le domaine des énergies renouvelables des crédits d'investissement avec un paiement à long terme et une garantie d'achat de l'électricité produite, le risque financier n'existe pas, car il est garanti par contrat.
- **Crédits d'impôts à la production** : Les crédits d'impôts à la production soutiennent l'introduction des énergies renouvelables en permettant aux compagnies qui investissent dans les énergies renouvelables d'amortir simultanément cet investissement avec d'autres investissements. Un CIP peut être employé comme dispositif central pour l'appui des énergies renouvelables en tant qu'élément d'un dispositif national ou régional, ou il peut être employé pour soutenir d'autres mécanismes, tels que des quotas. Des crédits d'impôts de production ont été offerts au niveau fédéral aux États-Unis. Ainsi, à la fin de l'année 2008, le Congrès américain a voté la poursuite de la politique d'incitation fiscale pour la production d'énergies renouvelables : il s'agit d'un montant de 18 milliards de dollars d'aides et crédits d'impôts en faveur des ménages et des entreprises qui investissent dans le solaire et l'éolien. Cette politique s'avère plus efficace dans les États qui fournissent également une autre forme de soutien, le plus notamment un mécanisme de quotas.
- **Encourager les investisseurs** : Le monde du financement privé n'est en effet pas préparé à cette transformation du modèle économique des énergies renouvelables. Les investisseurs seront moins à l'aise face à un actif certes plus compétitif mais qui comporte un risque de marché accru. Il est donc nécessaire de les préparer à cette mutation afin de soutenir la filière et de l'aider à se développer. Si les pouvoirs publics ne jouent pas leur rôle dans cette transition, on risque d'avoir un trou d'air, avec un retrait des financiers au moment clé, c'est-à-dire celui où les filières du renouvelable deviennent compétitives et pourraient exporter sur les marchés internationaux où l'électricité coûte plus cher qu'en Algérie. Or ses investisseurs attendent une zone de confort avant d'investir, ce sera trop tard.

- Adopter le mécanisme de quotas : Le gouvernement impose aux compagnies d'approvisionnement (Sonelgaz en Algérie) d'accepter l'électricité des producteurs d'énergie renouvelable qui ont signé des contrats avec le gouvernement, il Permet aux gouvernements d'obtenir des engagements d'une compagnie d'approvisionnement en électricité ou des consommateurs en imposant qu'une partie de l'électricité produite le soit avec des sources d'énergie renouvelable. Des compagnies qui n'arrivent pas à atteindre l'engagement doivent payer des pénalités proportionnées à la quantité d'électricité qu'elles n'ont pas produite conformément à leur engagement. Le dispositif agit en créant un marché de l'électricité, permettant la concurrence parmi les producteurs d'énergie renouvelables pour satisfaire les besoins de ce marché. Le fondement théorique en est que la concurrence dans ce marché entraînera une réduction des coûts pour produire de l'électricité renouvelable et réduira ainsi au minimum les coûts pour le consommateur. Le marché permet à un gouvernement de fixer la capacité qui est exigée, et laisse le marché en définir le coût. Le niveau des pénalités permet au gouvernement de fixer une limite supérieure aux prix appliqués au consommateur. Le mécanisme est en place dans un certain nombre d'États de l'EU. Aussi bien qu'en Angleterre, en Italie et en Belgique entre autres pays européens. Aux mécanismes de quotas, les États-Unis ajoutent l'application intermittente d'un crédit d'impôt fédéral en aide à la production. Les producteurs sont en concurrence pour des contrats, et cela entraîne une réduction des coûts dans le cadre d'un dispositif qui sait restituer ces gains au consommateur. Théoriquement, cela signifie que les prix à la consommation sont réduits au minimum.

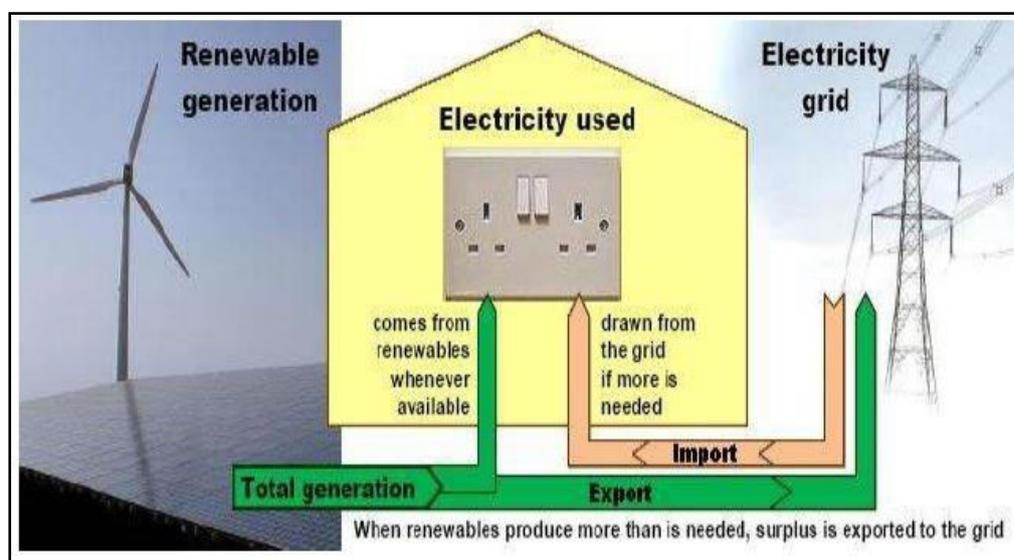
Aussi, on peut lever les contraintes financières par :

- Le renforcement du rôle du secteur privé et des partenariats public-privé ;
- Développer des projets régionaux.
- L'adoption de mesures d'incitation, notamment des systèmes appropriés de tarification de l'énergie et la réduction progressive des subventions aux énergies fossiles ;

Les spécialistes du financement des énergies renouvelables doivent accompagner le secteur quel que soit le contexte, mais ils ne seront pas capables de porter seuls l'effort nécessaire. C'est l'ensemble de la communauté institutionnelle financière qu'il faut attirer et rassurer

- **La tarification :**

- Pour encourager la consommation de l'électricité à base des énergies renouvelables la mise en place d'une taxe sur la consommation d'électricité en période de pointe : selon les experts, "cela permettrait de garder un financement en lien avec la consommation d'électricité tout en pénalisant de façon plus juste la production électrique "carbonée", fondée sur le fuel, le charbon et le gaz, qui est plus élevée aux heures de pointe."
- Une autre idée proposée, est celle de d'augmenter conséquemment le prix de l'électricité, si l'on taxe hautement les énergies fossiles (taxe légitime du fait de son effet sur l'environnement), et que les tarifs pratiqués pour la consommation soient dégressifs selon les revenus des ménages (soit un dégressif social) et de même dégressifs selon la quantité utilisée par l'entreprise. On peut y ajouter des aides sous forme de tarif préférentiel pour la création d'entreprise...
- **Tarifs d'achat (Feed-in Tariffs) :** Les tarifs de rachat (feed in tariffs) ne constituent qu'un exemple de mécanisme de financement. Celui là a d'ailleurs surtout été utilisé pour garantir un prix de rachat à long terme aux entreprises produisant de l'électricité renouvelable, mais il peut également être appliqué aux usagers, comme le montre l'exemple schématisé dans la figure N° 66 suivant mis en œuvre à grande échelle en Grande Bretagne et qui pourrait être extrapolé en Algérie.



Source: Department for International Development (DFID)

Figure N° 66: Les tarifs de rachat de l'électricité pour les usagers

Le gouvernement accorde un prix fixe garanti à la totalité de la production ER. Les tarifs dépendent des filières. En outre, un bonus est accordé au surplus exporté vers le réseau. Des tarifs trop peu avantageux peuvent pénaliser le budget de l'Etat.

### **8.3. Les choix technologiques :**

Les énergies renouvelables (sauf hydro-électricité), sont des filières qui ont connu des progrès technologiques considérables mais qui n'ont pas encore atteint, pour la plupart d'entre elles, la maturité commerciale hormis pour la filière éolienne.

Les filières solaires (CSP et PV) ont des avantages comparatifs substantiels (fort potentiel, occupation de l'espace peu contraignante, etc.). Les avancées technologiques de la filière thermique ont ouvert de nouvelles perspectives pour les CSP et les applications à grande échelle, telles que les centrales électriques solaires connectées au réseau. Ces progrès ne doivent pas occulter les incertitudes et contraintes suivantes de la filière CSP:

- L'utilisation des ressources naturelles rares comme l'eau qui est en compétition avec d'autres usages domestiques, industriels et agricoles ;
- Le niveau de maturité technologique, notamment pour la partie solaire (héliostats par exemple) encore en évolution. Il est évident que les CSP vont coûter beaucoup plus chers du fait du coût élevé des composants et également de la courbe d'apprentissage qui va se traduire par des surcoûts, comparativement à l'exploitation d'une centrale électrique conventionnelle ;
- Les conditions d'exploitation dans un environnement difficile, particulièrement les tempêtes de sables qui peuvent endommager les héliostats, ainsi que le dépoussiérage fréquent des héliostats qui pourraient signifier une consommation d'eau plus élevée que celle qui a été initialement prévue.

La baisse importante du prix du PV au cours de ces dix dernières années offre quant à elle de nouveaux créneaux pour les applications centralisées dans cette filière, qu'il convient d'exploiter au niveau régional.

Les mesures suivantes pourraient être prises afin de contribuer à l'expansion des filières technologiques les plus appropriées en Algérie :

- Faciliter l'accès à l'information sur l'état de l'art concernant les Technologies et leurs perspectives de développement (coûts, exigences techniques, compétitivité, risques);
  - Valoriser et capitaliser les expériences technologiques réussies au niveau de la région;
  - Mettre en place des formations spécialisées (ingénieurs, techniciens supérieurs) sur les énergies renouvelables, en particulier le solaire et l'éolien; et mutualiser les efforts des pays dans un cadre de partenariat régional ;
- Le partenariat est une donnée importante dans ce type des projets afin de tirer profit du savoir-faire extérieur. Un partenariat gagnant-gagnant qui doit prévaloir. Les pays occidentaux cherchent à préserver leurs approvisionnements et l'Algérie dispose un potentiel important en matière des énergies renouvelables. Le partenariat permettra la concrétisation de projets, laissant ainsi aux générations futures des réalisations concrètes, importer la technologie et former les cadre locaux.
- La coopération avec les pays du nord se renforce dans le cadre de partenariats bilatéraux et d'initiatives régionales comme le Plan Solaire Méditerranéen (PSM) et Desertec. En effet, les financements et les technologies relativement complexes requis, notamment en ce qui concerne l'option prise par les pays de développer le CSP, ne pourront être mobilisés que dans le cadre d'un partenariat avec des institutions et des pays du Nord.

Le projet Desertec est actuellement à l'arrêt, il était le premier partenaire de l'Algérie dans le domaine des énergies renouvelables. L'Algérie est dans l'obligation de chercher d'autres partenariats, la diversification dans ce choix est absolument nécessaire, Et les pays européens, asiatiques et l'Amérique latine présentent de grandes opportunités qu'il faut développer surtout en matière d'équipement.

- **Tester toutes les technologies** : normalement, et avant de lancer ce programme, Il est nécessaire de tester toutes les technologies existantes et leurs combinaisons afin de choisir la meilleure qui s'adapte avec les ressources renouvelables de l'Algérie.
- Une des clés de réussite de ce gros programme est que l'état algérien devra commencer par mettre en place des sites pilotes grandeur nature de solutions solaires dans chaque grande ville. Et pour éviter qu'on retombe dans les mêmes pièges des projets abandonnés en Algérie. En effet, le but de l'installation de ces sites pilotes, est non seulement, de mieux faire connaître les techniques et leur mise en œuvre à tous les algériens, mais aussi et surtout :

- D'étudier leur cout, leur faisabilité et leur rentabilité en Algérie,
- Définir les créneaux porteurs,
- Améliorer et/ou adapter les technologies solaires actuelles à notre contexte bien propre.
- Et pourquoi ne pas, donner la chance aux algériens désireux d'y investir en fabrication et d'installation de panneaux solaires, de convertisseurs, d'onduleurs ...etc

Les projets pilotes devront ainsi permettre de mettre en œuvre toutes les solutions communément utilisées dans le monde dans des secteurs aussi diverses que : le dessalement d'eau de mer, les forages d'eau et pompes, l'éclairage public ; l'utilisation domestique (maison ou groupe de maison type), les systèmes de climatisation, le chauffage...

Et une fois, les idées mises en œuvres et suffisamment validées techniquement et économiquement sur le terrain, lancer une vrai industrie en partenariat avec des sous-traitants algériens et étranger, pour ensuite déployer et généraliser ces solutions industrielles sur le tout territoire algérien. Et enfin, permettre à tous algériens désireux d'installer une de ces solutions dans des zones très éloignées, une prise en charge totale (ou au moins une subvention conséquente) pour son achat et sa mise en œuvre.

- Les énergies renouvelables, notamment solaire, peuvent constituer cette transition énergétique : Il a même suggéré à Sonatrach d'acheter des entreprises à l'international qui ont un savoir-faire en matière de solaire.
- Un tel investissement doit provenir à la fois des secteurs public et privé, en plus des contributions des partenaires étrangers et promouvoir la coopération avec des partenaires étrangers, notamment des groupes industriels spécialisés dans la production des matériels et des technologies nécessaires.

#### **8.4. Intégration des actions d'efficacité énergétique dans les secteurs de l'habitat, du transport et des équipements électriques :**

En Algérie, la consommation énergétique pour le chauffage et la climatisation a considérablement augmenté au cours de cette dernière décennie. Cette hausse n'est pas uniquement due au changement climatique, mais également et surtout à des constructions peu respectueuses des normes environnementales et également à l'augmentation du pouvoir

d'achat dans un contexte où le prix des énergies domestiques reste relativement bas, particulièrement dans les pays producteurs d'hydrocarbures de la région.

Nous résumons dans le tableau suivant la situation actuelle, les principales contraintes et les solutions possibles en matière d'efficacité énergétique.

**Tableau N° 26: Situation actuelle et solutions en matière d'efficacité énergétique**

	Situation actuelle	Impact	Options
<b>Construction</b>	- Utilisation de matériaux peu performants -Faible isolation -Conception architecturale non adaptée	-Augmentation de la consommation énergétique pour chauffage et la climatisation -Eclairage	Normes de construction Subventions pour isolation
<b>Equipement électro-ménager</b>	Faible performance Prédominance des lampes à incandescence	Surconsommation des Appareils	Etiquetage, fiscalité différentielle, Interdiction des équipements peu performants
<b>Transport</b>	-Prédominance du transport routier -Parc automobile vétuste dans la plupart des pays. Plans de circulations urbains peu performants	Consommation unitaire moyenne élevée.	Développement du transport ferroviaire et fluvial Cabotage maritime Plans de circulation Urbains

Au sud du pays, les bas revenus d'une part importante de la population, surtout en milieu rural, limitent l'adoption d'équipements énergétiques performants. Des mécanismes financiers innovants adaptés au pouvoir d'achat de ces populations et à des revenus saisonniers sont nécessaires pour élargir l'accès aux services énergétiques à partir des ER, et favoriser le choix d'équipements économes en énergie.

La rationalisation de l'utilisation de l'énergie suppose une coordination entre les différents secteurs qui est loin d'être systématique dans la plupart des pays. Par ailleurs, les campagnes de communication et de sensibilisation visant une meilleure utilisation de l'énergie sont cruciales, dans la mesure où les comportements des acteurs économiques influent grandement sur la consommation d'énergie. En effet, dans le cas où des normes et une législation existent (étiquetage des appareils électroménagers par exemple), le recours à des produits économes

en énergie n'est pas évident, soit par manque d'incitations financières et/ou par manque d'information sur les avantages micro-économiques au niveau du ménage ou de l'entreprise ; et macro-économiques au niveau national. Cela concerne toutes les formes d'énergie.

La promotion de l'efficacité énergétique en Algérie doit passer par :

- La mise en place d'un fonds pour l'efficacité énergétique ;
- Le renforcement des capacités en vue de la mise en œuvre des normes de sécurité, de construction et des normes relatives aux appareils ;
- L'amélioration de l'efficacité énergétique au niveau des bâtiments publics ;
- Le lancement d'une vaste campagne d'information sur l'efficacité énergétique ;

### **8.5. Développement des capacités et R&D :**

Il n'existe pas encore en Algérie de masse critique de chercheurs dans la quasi-totalité des filières travaillant en synergie avec l'industrie pour l'atteinte des objectifs d'intégration des ER dans le mix énergétique au cours des prochaines années.

À ce titre, quelques recommandations pourraient être émises afin de contribuer à l'essor de la recherche- développement dans le domaine des énergies renouvelables:

- Lancer des programmes de recherche sur les ER et leur utilisation qui impliquent les industriels, les opérateurs économiques et les universités et centres de recherche;
- Mettre en place un réseau pour relier entre eux les centres d'études et de recherche sur les ER dans notre pays et assurer une veille technologique au profit des acteurs économiques ;
- Renforcer les échanges sur les acquis entre les pays de la région (nord africaine et Européenne) en matière d'énergie renouvelable et efficacité énergétique ;
- Encourager les transferts d'expertise et d'expérience entre les pays.
- Créer une passerelle forte entre la R&D et l'industrie et susciter l'interaction des divers acteurs et promoteurs (scientifiques, technologues, industriels et commerciaux)
- Orienter et canaliser les thèmes de recherche et développement des Centres de Recherche et des Universités vers les préoccupations de l'entreprise et instaurer un cadre permanent de formation de technologues dans chacune des filières.

- Développer une synergie entre les équipes de recherche universitaire et les experts des structures opérationnelles

### **8.6. Améliorer le cadre réglementaire :**

En toute logique, si la question des énergies renouvelables est devenue essentielle d'un point de vue politique, économique et industriel, elle l'est également d'un point de vue juridique. Or, à cet égard, c'est peu dire que le droit des énergies renouvelables est transversal et interpelle diverses branches de droit. Il est opportun, voire nécessaire, d'adopter une approche juridique dans les études sur les énergies renouvelables pour voir quelles sont les règles de droit applicables à ces énergies et tenter de répondre à toutes les questions que se posent les juristes en la matière. Ensuite, il faudra prendre connaissance des concepts et des règles pour réguler ce secteur énergétique important pour les entreprises nationales exploitantes et la coopération internationale avec des partenaires étrangers disposant de la technologie nécessaire avec l'élaboration des normes adéquates L'Algérie doit offrir un cadre juridique qui favorise l'investissement national et étrangers dans ce secteur.

### **8.7. Assurer un équilibre régional :**

Nous avons un territoire très vaste et d'énormes opportunités. Il nous faudra assurer un équilibre régional. L'électrification des zones déshéritées et inaccessibles doivent faire partie de cet équilibre et prisent en charge par ce programme où Le solaire est la solution la plus adéquate.

### **8.8. Encourager la consommation des énergies renouvelables auprès du grand public :**

A l'échelle du pays, l'insertion des énergies renouvelables devrait être encouragée auprès du grand public afin de préparer dès à présent les générations du futur à la gestion de l'énergie, comme on a vue à travers le chapitre de l'expérience de l'Espagne dans le domaine des énergies renouvelables et afin de poursuivre un développement énergétique vert, la moitié des Espagnols serait même disposée à payer jusqu'à 10% plus cher sa facture d'électricité, parce qu'ils sachent bien les répercussions de développement d'une industrie verte et l'indépendance énergétique sur leur vie dans le futur.

## Conclusion Générale

Aujourd'hui, la transition énergétique est devenue incontournable pour répondre aux besoins croissants en énergie, atténuer les risques liés à la tendance à la baisse des réserves des énergies fossiles qui affectent les marchés et, réduire les émissions de gaz à effet de serre. Par conséquent, ces limites, assez proches, doivent nous obliger à nous tourner vers d'autres façons de produire de l'énergie.

nous avons vu au cours de ce travail que les énergies renouvelables sont devenues incontournables, au niveau mondial, les investissements dans ces énergies (hors hydroélectricité) continuent de croître malgré un contexte économique et financier difficile, ces investissements ont atteint en 2010 un niveau record de 211 milliards de dollars, soit cinq fois plus qu'en 2004. En 2011, ils sont estimés à 257 milliards de dollars.

En Algérie, la demande d'énergie ne cesse de croître, en particulier pour l'électricité, les possibilités offertes par l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables sont encore largement sous exploitées.

A travers notre études il s'est avéré que le secteur de l'énergie en Algérie se caractérise notamment par:

- Une forte croissance de la demande énergétique et de la dépendance vis à vis des énergies fossiles
- Une contribution infime des énergies renouvelables au mix énergétique, malgré l'existence d'un potentiel important ;
- Une infrastructure de transport, de transmission et de distribution de l'électricité insuffisamment développée ;
- Une faible participation du secteur privé aux investissements ;
- Une utilisation non rationnelle de l'énergie,
- Des capacités spécialisées limitées (formation, recherche appliquée, échange d'informations sur les innovations technologiques).

## Conclusion Générale

---

- Une coopération et des échanges commerciaux dans le domaine énergétique très faibles, au regard des possibilités et du potentiel énergétique de la région.

Les énergies renouvelables constituent une alternative aux énergies fossiles car :

- Elles contribuent à répondre aux besoins énergétiques actuels et futurs.
- Soutenir une croissance économique durable.
- Lutter contre la pauvreté.

En Algérie, leur contribution au mix énergétique est toutefois encore assez marginale comme nous avons vu dans le quatrième chapitre, elles ne représentaient que 1% du mix énergétique en 2011 (solaire, éolien, hydraulique), le reste étant composé de gaz et de pétrole, pourtant notre pays dispose d'un potentiel suffisant pour couvrir la quasi-totalité des besoins de la demande nationale actuelle et prévisionnelle à long terme, notamment pour les différents services fournis par l'électricité comme l'éclairage, la climatisation, le chauffage, les télécommunications et le transport ferroviaire.

Nous pensons que l'efficacité énergétique reste encore un challenge pour l'Algérie en raison de plusieurs contraintes, les prix de l'énergie sont nettement inférieurs au coût de revient et n'encouragent pas les économies d'énergie.

L'Algérie a engagé des réformes dans le secteur de l'énergie en vue de son adaptation au nouveau contexte énergétique mondial et à l'évolution du marché européen de l'énergie, de sa modernisation et de l'amélioration de ses performances économiques, techniques et technologiques. L'Algérie a adopté en 2011 une stratégie ayant pour objectif de produire d'ici 2030, 40% d'électricité à partir de ressources renouvelables. Cette stratégie vise en outre à développer une véritable industrie du solaire, associée à un programme de formation et de capitalisation qui permettra, à terme, d'asseoir un savoir-faire efficient, notamment en matière d'engineering et de management de projets.

Un plan à long terme sur les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique a été adopté avec pour objectif, la mise en place de 22.000 MW de capacité installée entre 2011 et 2030, dont 12.000 MW pour couvrir la demande nationale et 10.000 MW pourraient être exportés, si des garanties d'achat à long terme et des financements extérieurs étaient sécurisés.

## Conclusion Générale

---

Ce programme inclut la réalisation, d'ici 2020, d'une soixantaine de centrales solaires photovoltaïques et solaires thermiques, de fermes éoliennes et de centrales hybrides. Sa mise en œuvre, placée sous l'égide du ministère de l'énergie et des mines.

Le solaire devrait atteindre d'ici 2030 plus de 37% de la production nationale d'électricité, l'éolien constitue le second axe de développement et dont la part devrait avoisiner les 3% de la production d'électricité en 2030.

A travers cette étude, on a constaté les obstacles liés à la réalisation de ce programme que sont :

- Le coût élevé des ER, concurrencés par les subventions accordées aux énergies fossiles,
- La dimension restreinte du marché local et l'absence d'un marché régional,
- Non maîtrise des technologies
- La faiblesse des capacités de production locale de biens d'équipement et de services,

Ces contraintes pourraient être levées dans le cadre d'un renforcement de la coopération avec nos voisins et avec les pays européens. Mais aujourd'hui, le manque de coordination des politiques et des actions à l'échelle régionale ne permet pas de tirer profit des opportunités de coopération.

D'autre part, nous sommes arrivés aux termes de ce travail à constater qu'une harmonisation des cadres législatifs et réglementaires est conseillée pour la création d'un marché viable de l'électricité et la nécessité pour les pays maghrébins de converger vers une vision commune et de renforcer la coopération, notamment en ce qui concerne la création d'un marché maghrébin de l'électricité.

Mais Sur le plan économique, le pari et condition de base pour une rentabilité des investissements (10 000 MW destinés à l'exportation) est le renforcement des interconnexions. Ce qui implique la mise en place d'un marché ouvert sur l'ensemble de la région, c'est-à-dire l'extension du marché européen à la rive Sud de la Méditerranée (L'intégration du marché maghrébin au marché européen est la solution).

A la fin, nous pensons que l'Algérie doit lever les verrous afin de permettre la réalisation de l'opération de transport de l'énergie solaire et d'apporter les financements nécessaires, à ce titre, le premier responsable est l'article n° 9 de la directive européenne, principale entrave à la réalisation de l'opération d'exportation d'électricité de l'Algérie vers

## **Conclusion Générale**

---

l'Europe, cet article a pratiquement verrouillé le marché des renouvelables à partir des pays de la rive sud de la méditerranée. Le développement d'un projet conjoint avec un pays membre de l'Union européenne nécessite la mise en place d'un cadre réglementaire national harmonisé avec cet article, notamment en matière d'autorisation d'exploitation des installations de production d'électricité à partir de sources d'énergie renouvelables, d'exportation de l'électricité produite, de la certification de sa garantie d'origine.

# Bibliographie

- [1]. TOTAL SOLAR EXPERT : Construire un avenir énergétique durable, Juin 2013
- [2]. M<sup>me</sup> BELLARA (Née LOUAFI ) Samira :Impact de l'orientation sur le confort thermique intérieur dans l'habitation collective. Cas de la nouvelle ville Ali Mendjeli Constantine, 2004-2005
- [3]. LAPONCHE Bernard : L'avenir est ouvert, mars 2003
- [4]. FAVENNEC Jean-Pierre : Géopolitique de l'énergie: besoins, ressources, échanges mondiaux, édition technip Paris 2009
- [5]. GITAY Habiba, SUAREZ Avelino, DOKKEN David Jon, T. WATSON Robert: Les changements climatiques et la biodiversité, Avril 2002
- [6]. ROJEY Alexandre : Energie et climat, Réussir la transition énergétique, édition Technip 2008
- [7]. BOUHDJAR Amor ; Bulletin des énergies renouvelables N°22-2012, Énergies Renouvelables -Développement Durable- Environnement, 2012
- [8]. ROBERT Jérôme, FABAS Laurent : Guide de la maison économe, Edition Eyrolle, Paris 2008
- [9]. BONAL Jean. ROSSETTI Pierre : Energies alternatives. Edition omniscience, France 2007
- [10]. SCHENKEL Y., Temmerman M., MARCHAL D., SCHAAR C : Une analyse comparative de l'impact sur l'emploi d'une installation de chauffage au bois. Biotechnol. Agron. Soc. Environ, 2005
- [11]. VERNIER jacques : Que sais-je ? Les énergies renouvelables ; édition PUF, Paris 2012
- [12]. Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives : Questions de physique autour de l'énergie solaire : Paris 2012
- [13]. Ministère de l'énergie et des mines : Programme des énergies renouvelables et d'efficacité énergétique Fevrier 2011
- [14]. DE KERORGUEN Yan: Guide de toute les énergies, connues et inconnues, édition technip, 2010

- [15]. AUZIAS Dominique, LABOURDETTE Jean-Paul: France Bio, Edition petit futé, Paris 2013
- [16]. VIALLY Roland : Les réserves de pétrole, IFPEN Aout 2013
- [17]. Ministère de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Pêche Française: Etat, perspectives et enjeux du marché des engrais, Janvier 2010
- [18]. KALAYDJIAN François CORNOT-GANDOLPHE Sylvie : NOUVELLE DONNE DU CHARBON, Edition thechnip 2008
- [19]. Ministère de l'énergie, des mines, de l'eau et de l'environnement marocain : Note de conjoncture énergétique Janvier 2013
- [20]. La fondation Terra Symbiosis: L'épuisement des ressources fossiles, 2009
- [21]. Service de presse de travail Suisse : Revue environnement : No 10 : 23 juin 2008
- [22]. RAJENDRA K. PACHAURI Andy, REISINGER : Changements Climatiques 2007, rapport du groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, année 2007
- [23]. HÄSSIG Léna : La lutte contre le changement climatique en Europe, Genève Novembre 2008
- [24]. FERRIER Cathetine : Changement climatique institutions et marchés, Genève 2007
- [25]. R. BROWN Lester, LARSEN Janet, G. DORN Jonathan and C. MOORE Frances: Le Plan B à l'horizon2020, Earth Policy Institute, Etats Unis 2008
- [26]. FRANCOEUR Louis-Gilles, Le Devoir : On a surestimé le gaz de schiste ; France 2011
- [27]. Groupe des experts ren21 : Rapport mondial ren21 sur les énergies renouvelables, carte interactive et rapport mondial sur l'avenir des énergies renouvelables 2012
- [28]. Ministère de l'Energie et des Mines : Bilan des réalisations du secteur de l'énergie et des mines 1962-2010
- [29]. Ministère de l'Energie et des Mines : Bilan énergétique national de l'année 2011, édition 2012
- [30]. Ministère de l'Energie et des Mines : Bilan énergétique national 2010 », Edition 2011,
- [31]. MEBTOUL Abderrahmane: Etude *Sonatrach face aux mutations énergétiques mondiales*, publiée dans la revue internationale de Management de HEC Montréal novembre 2010.

- [32]. GUEMACHE Hamid: L'Algérie compte investir des milliards d'euros pour augmenter sa production d'électricité publié le 13/08/2012 dans le site : [www.latribune.fr](http://www.latribune.fr)
- [33]. Ministère de l'énergie et des mines : Energies nouvelles et renouvelables, 06.05.2012
- [34]. DEMONT Rachel: Fiche technique eau, adaptation au changement climatique et prix, France 2012
- [35]. CHITOUR Chems Eddine: Avenir énergétique de l'Algérie à l'horizon 2030 : La vérité qu'il faut dire, février 2010
- [36]. ATTAR Atahar : Les ressources en Hydrocarbures ; Passé et Futur , Forum des chefs des entreprises, Symposium : De l'urgence d'une nouvelle économie moins dépendante de hydrocarbures, le 14 et 15 mars 2012, Alger
- [37]. N. Sarkis ; Interview avec El Khabar, février 2010
- [38]. SONATRACH : Commercialisation gaz & développement à l'international, 5ème édition, Algérie.
- [39]. MEBTOUL Abderramane: L'investissement dans le gaz de schiste est-il une option fiable pour l'Algérie ? Le Matin 01/09/2013
- [40]. Observ'ER ( l'Observatoire des Energies Renouvelables) : La production d'électricité d'origine renouvelable dans le monde. Onzième inventaire édition 2009.
- [41]. DENOS Laure et GUY Molenat: Les énergies renouvelables en Espagne, IFP Juillet 2011
- [42]. PETIT-PEZ Charlotte, MOLENAT Guy : Rapport du service pour la science et la technologie de l'Ambassade de France en Espagne de janvier 2009
- [43]. Ministère de l'énergie, des mines, de l'eau et de l'environnement marocain : La nouvelle Stratégie Energétique marocaine, Janvier 2013
- [44]. KONATE Ibrahima: Banque Africaine de Developpement, centrale solaire d'OUARZAZATE, avril 2012
- [45]. Ministère de l'énergie, des mines, de l'eau et de l'environnement marocain : La nouvelle Stratégie Energétique Nationale: Séminaire sur l'ouverture des marchés de l'électricité dans les trois pays : Algérie, Maroc et Tunisie, dans le cadre du projet IMME, 11 et 12septembre 2013
- [46]. Ministère de l'énergie, des mines, de l'eau et de l'environnement marocain: Les énergies vertes, un élan pour le Maroc, 2013

- [47]. World energy, technology and climate policy outlook : Énergie, technologie et politique climatique : les perspectives mondiales à l'horizon 2030, 2003
- [48]. BERRACHED Lyes: Etude Prospective de la demande d'énergie finale pour l'Algérie a l'horizon 2030, Mémoire de Magister, Université M'Hamed BOUGUARA, Boumerdes, 2011.
- [49]. VALENTIN. E : Perspectives de l'industrie gazière, Revue de l'IFP, Panorama 2009. France.
- [50]. Ministère de l'Énergie et des Mines : Guide des Energies Renouvelables, Direction des Énergies Nouvelles et Renouvelables, Édition 2007
- [51]. *Le ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Énergie français* : Présentation du Plan Solaire Méditerranéen, 2008
- [52]. AOUIMER Amar, Le Midi Libre : Après Desertec, l'Algérie attire les investissements européens, Mardi 3 juillet 2012
- [53]. KERAMANE Abdenour: MEDENERGIE N° 11, L'Institut de prospective économique du monde méditerranéen, IPEMED, France Septembre 2010
- [54]. Nations Unies, Commission économique pour l'Afrique, Bureau pour l'Afrique du Nord : Le secteur des énergies renouvelables en Afrique du Nord, Situation actuelle et perspectives, Septembre 2012
- [55]. SCHNEE Thomas, Désertec : Un projet solaire de 400 milliards d'euros Publié sur [www.lexpress.fr](http://www.lexpress.fr), 17 juin 2009
- [56]. Ministère de l'énergie, des mines, de l'eau et de l'environnement : Note de veille du secteur énergétique et minier (Informations du 07 février 2013)
- [57]. Ferhat Yazid: « Algérie-Un premier projet de production de 1000 MW avec Desertec » , Maghreb Emergent, 14 juin 2012 (consulté le 31 août 2012)
- [58]. Site officielle du projet Medgrid : <http://www.medgrid-psm.com>
- [59]. Ministère de l'énergie et des mines: Programme des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique Mars 2011
- [60]. Ministère de l'énergie et des mines :Revue du secteur de l'énergie et des mines, no 12, novembre 2010

[61]. *Portail Algérien des énergies renouvelables* : L'Algérie réalisera plus de 60 projets en énergies renouvelables d'ici 2020, Vendredi 2 septembre 2011

[62]. CHITOUR M : De la bougie à l'électricité durable, l'épopée de l'aventure humaine de l'intelligence, lundi 19 avril 2012

[63]. CHITOUR M.: L'Algérie a besoin d'un plan Marshall pour mettre en œuvre son programme d'énergies renouvelables, Lundi 16 Avril 2012

# Table des matières

Remerciement.....	01
Dédicace.....	02
Sommaire.....	03
Liste des tableaux et des figures .....	06
Liste des abréviations .....	09
Introduction générale et problématique.....	11
<b>Partie 1 :L'énergie et ses sources .....</b>	<b>15</b>
Introduction de la première partie.....	16
<b>Chapitre 1 : l'énergie.....</b>	<b>17</b>
Introduction.....	17
1.    La définition de l'énergie.....	17
2.    L'homme et l'énergie à travers les âges.....	17
3.    Les utilisations de l'énergie.....	19
3.1.  L'industrie .....	19
3.2.  Le transport.....	19
3.3.  Le résidentiel, le tertiaire et l'agriculture.....	20
4.    Déterminant de la demande et de l'offre de l'énergie.....	20
4.1.  La richesse .....	20
4.2.  La population :.....	21
4.3.  Les prix .....	21
4.4.  L'ouverture à l'échange .....	22
4.5.  La technologie.....	22
5.    Les axes d'un développement énergétique durable.....	22
5.1.  La sécurité énergétique :.....	22
5.2.  La justice sociale .....	22
5.3.  L'atténuation des impacts sur l'environnement :.....	22
6.    Le réchauffement climatique.....	23
6.1.  La définition du réchauffement climatique.....	23
7.    L'effet de serre .....	23
7.1.  La définition de l'effet de serre .....	23
7.2.  Les sources de gaz à effet de serre .....	24
7.2.1. Le dioxyde de carbone (CO <sub>2</sub> ).....	24
7.2.2. Le méthane (CH <sub>4</sub> ).....	24
7.2.3. Le protoxyde d'azote ou oxyde nitreux (N <sub>2</sub> O).....	25
7.2.4. L'ozone.....	25
7.2.5. Les HydroFluoroCarbones (HFC).....	25
8.    Les sources de l'énergie .....	25
8.1.  Les énergies non renouvelables .....	26
8.1.1. Les énergies fossiles .....	26
a.  Le pétrole .....	26

b.	Le gaz naturel .....	27
c.	Le charbon .....	27
d.	Inconvénients des énergies fossiles .....	28
8.1.2.	Le nucléaire .....	28
8.2.	Les énergies renouvelables .....	29
Conclusion du chapitre .....		30

## **Chapitre 02 : Les sources renouvelables de l'énergie..... 31**

Introduction.....		31
1.	Définition des énergies renouvelables .....	31
2.	Historique des énergies renouvelables .....	32
3.	Les avantages les énergies renouvelables .....	32
3.1.	Sur le plan environnemental .....	32
3.2.	Sur le plan social .....	33
3.3.	Sur le plan économique .....	33
4.	Les différents types d'énergies renouvelables.....	34
4.1.	L'énergie hydraulique .....	34
4.1.1.	Les types de l'énergie hydraulique .....	34
a.	L'énergie des vagues. ....	34
b.	L'énergie marémotrice. ....	35
c.	L'énergie hydrolienne. ....	35
d.	L'énergie maréthermique. ....	35
e.	L'énergie osmotique. ....	35
4.1.2.	Le coût de l'énergie hydraulique .....	35
4.1.3.	Avantages et Inconvénients de L'énergie hydraulique .....	36
4.2.	L'énergie solaire .....	36
4.2.1.	Les types de l'énergie solaire .....	37
a.	L'énergie solaire thermique .....	37
b.	L'électricité solaire thermodynamique ( CSP ).....	38
c.	L'électricité solaire photovoltaïque .....	40
4.2.2.	Synthèse des trois filières.....	41
4.2.3.	Les avantages et Inconvénients de l'énergie solaire .....	42
4.2.3.	L'énergie éolienne .....	42
4.3.1.	Les types des éoliennes .....	42
4.3.2.	Les avantages et Inconvénients de l'énergie éolienne .....	43
4.4.2.	L'énergie géothermique .....	43
4.4.1.	Les types de l'énergie géothermique .....	43
4.4.2.	Les avantages et Inconvénients de l'énergie géothermique .....	44
4.5.	La biomasse .....	44
4.5.1.	Les constituants de la biomasse :.....	45
4.5.2.	Les avantages et Inconvénients de la biomasse .....	45
Conclusion du chapitre .....		46

## **Partie 2 : La situation énergétique actuelle..... 47**

Introduction de la deuxième partie .....		48
--	--	----

<b>Chapitre 3 : la situation énergétique mondiale actuelle .....</b>	<b>49</b>
Introduction .....	49
1. La domination des énergies fossiles .....	49
1.1. Les réserves des énergies fossiles .....	49
1.1.1. Les réserves mondiales de charbon .....	50
1.1.2. Les réserves mondiales de pétrole .....	51
1.1.3. Les réserves mondiales de gaz .....	51
1.2. La production mondiale des énergies fossiles .....	52
1.2.1. La production mondiale de charbon .....	52
1.2.2. La production mondiale de pétrole .....	53
1.2.3. La production mondiale de gaz .....	54
1.3. La consommation mondiale des énergies fossiles .....	54
1.3.1. Consommations d'énergie dans les différentes zones économiques .....	55
1.3.2. La consommation mondiale de charbon .....	55
1.3.3. La consommation mondiale de pétrole .....	56
1.3.4. La consommation mondiale de gaz .....	56
1.3.5. Une consommation des énergies tirée par les pays émergents .....	57
2. Le risque d'épuisement des réserves des énergies fossile .....	57
3. La flambée du cours du pétrole.....	57
4. Le réchauffement climatique .....	59
4.1. Le protocole de Kyoto .....	59
4.2. La directive européenne .....	60
4.3. Le Plan B à l'horizon 2020.....	60
5. L'exploitation des énergies non conventionnelles .....	61
5.1. Le développement du gaz du schiste .....	61
5.2. L'exploitation des sables bitumineux.....	62
6. Les tensions géopolitiques .....	62
7. Le développement des énergies renouvelables .....	62
7.1. La part des énergies renouvelables dans les divers secteurs de la consommation.....	62
7.1.1. Dans le secteur électrique .....	63
7.1.2. Le secteur du chauffage et du refroidissement .....	64
7.1.3. Le secteur du transport.....	64
7.2. La part des énergies renouvelable dans le bouquet énergétique de quelque pays .....	64
7.3. Classification des pays en matière de capacité électrique renouvelable .....	66
7.4. La situation actuelle du marché des énergies renouvelables dans le monde.....	66
7.4.1. L'énergie éolienne .....	66
7.4.2. L'énergie solaire :.....	68
a. L'énergie solaire photovoltaïque : .....	68
b. L'énergie solaire thermique .....	69
d. L'énergie solaire thermique à concentration .....	69
7.4.3. La biomasse .....	70
7.4.4. L'énergie géothermique.....	71
7.4.5. L'hydroélectricité : .....	71
Conclusion du chapitre: .....	72
<b>Chapitre 4 : La situation énergétique actuelle de l'Algérie .....</b>	<b>73</b>
Introduction .....	73

1.	La problématique du réchauffement climatique .....	73
2.	Une forte consommation énergétique intérieure .....	74
2.1.	La consommation d'énergie par habitant .....	74
2.2.	La consommation d'énergie par secteur d'activité .....	75
2.3.	La consommation d'énergie. ....	75
2.3.1.	La consommation pétrolière: .....	75
2.3.2.	La consommation gazière.....	74
2.3.4.	La consommation nationale d'électricité.....	76
2.3.5.	La consommation des carburants fossiles : .....	78
3.	Le risque d'épuisement des réserves fossiles.....	79
3.1.	Les réserves pétrolières.....	79
3.2.	Les réserves gazières.....	80
4.	Une forte augmentation de la production des énergies fossiles:.....	80
4.1.	La production pétrolière : .....	80
4.2.	La production gazière.....	81
4.3.	La Production électrique : .....	81
4.3.1.	La Production électrique par type de producteur.....	81
4.3.2.	La Production électrique par type de d'équipement .....	82
5.	Forte dépendance à l'égard des exportations d'hydrocarbures .....	83
5.1.	Les exportations pétrolières.....	83
5.2.	Les exportations gazières. ....	84
6.	L'économie Algérienne est plus rentière que productive.....	85
7.	Le Gaz de schiste en Algérie (ressource non conventionnelle) .....	86
7.1.	Les réserves. ....	86
7.2.	Le cadre réglementaire .....	87
7.3.	L'exploitation de gaz de schiste en Algérie .....	87
8.	La menace des concurrents et les énergies de substitutions.....	87
9.	Une part infime des énergies renouvelables dans le bilan énergétique actuel.....	88
9.1.	Source de production de l'électricité dans quelques pays de l'Afrique du nord .....	88
9.2.	La part l'énergie renouvelable dans le bilan énergétique actuelle.....	89
9.3.	La structure de la production électrique d'origine renouvelable.....	90
9.4.	Quelques réalisations dans le domaine des ENR.....	91
9.4.1.	Dans la steppe.....	91
9.4.2.	Au nord.....	91
9.4.3.	Au grand sud .....	91
	Conclusion du chapitre .....	93

## **Partie 3: L'expérience de l'Espagne et du Maroc dans le domaine des énergies renouvelables..... 94**

Introduction de la troisième partie. .... 95

### **Chapitre 5 : L'expérience espagnole..... 96**

Introduction .....

1. Le cadre général des énergies renouvelables en Espagne..... 96

1.1. Le contexte énergétique espagnol .....

1.2. Les résultats de la politique mise en place .....

1.2.1.	Le PER 2005-2010 : ses objectifs ambitieux, son coût et ses réalisations .....	97
1.3.2.	L'Espagne et le protocole de Kyoto : de moins en moins pire .....	100
2.	Le CO2, un nouvel outil de financement des énergies renouvelables .....	101
3.	Les problèmes de la politique énergétique espagnole .....	101
3.1.	Un besoin urgent d'interconnexion entre les pays et de solutions de stockage énergétique performantes .....	101
3.2.	Le déficit tarifaire .....	101
4.	Les investissements dans les énergies renouvelables .....	102
5.	Les énergies renouvelables et le futur .....	103
6.	Les énergies renouvelables en Espagne .....	105
6.1.	L'énergie éolienne .....	105
6.2.	L'énergie Solaire .....	107
6.2.1.	Le solaire thermique basse température .....	107
6.2.2.	Le Solaire thermique haute température ou thermoélectrique .....	108
6.2.3.	L'énergie photovoltaïque .....	109
6.3.	La géothermie .....	111
6.4.	La biomasse .....	112
6.4.1.	La biomasse solide .....	112
6.4.2.	Les biocarburants .....	112
6.4.3.	Le biogaz .....	113
6.5.	L'hydraulique .....	114
6.5.1.	Les barrages hydroélectriques et centrales mini hydrauliques .....	114
6.5.2.	L'énergie marémotrice et houlomotrice .....	114
	Conclusion du chapitre .....	115
	<b>Chapitre 6: L'expérience marocaine. ....</b>	<b>116</b>
	Introduction .....	116
1.	Les caractéristiques du secteur énergétique marocain en 2011 .....	116
2.	Les acquis des réformes engagées depuis 1990 .....	118
3.	La nouvelle stratégie énergétique .....	118
3.1.	Puissance à installer à l'horizon 2030 .....	119
3.2.	La capacité existante et les nouvelles capacités .....	119
4.	Les objectifs et Les orientations stratégiques .....	120
5.	Les plans d'actions dans le domaine des énergies renouvelables .....	121
5.1.	A court terme .....	121
5.2.	A moyen et long terme .....	121
5.3.	Les capacités électriques cumulées d'origine renouvelable .....	123
5.4.	Pour les usages non électriques .....	124
5.5.	L'intégration du Maroc dans l'espace euro méditerranéen .....	124
6.	Les Mesures prises pour réussir la nouvelle stratégie énergétique .....	126
6.1.	Les mesures d'ordre législatif et réglementaire .....	126
6.2.	Les mesures d'appui financier .....	126
6.3.	La Création d'organismes pour accompagner la mise en œuvre de la nouvelle stratégie énergétique marocaine .....	127
6.4.	L'offre énergie pour l'intégration industrielle comme accompagnement .....	127
6.4.1.	Les infrastructures .....	127
6.4.2.	Le capital humain .....	127

6.4.3. Les mesures incitatives.....	127
6.5. Identification en cours du positionnement du Maroc sur les chaînes de valeur énergies vertes	128
7. Le bilan 2009-2011 et le GREEN NEW DEAL 2012-2020 .....	128
Conclusion du chapitre .....	129
<b>Partie 4 : La part des énergies renouvelables dans le bilan énergétique national à l'horizon 2030.....</b>	<b>130</b>
Introduction de la quatrième partie.....	131
<b>Chapitre 7 : Les perspectives énergétiques à l'horizon 2030.....</b>	<b>132</b>
Introduction .....	132
1. Les perspectives énergétiques mondiales à l'horizon 2030.....	133
1.1. La demande énergétique mondiale .....	133
1.1.1. Le pétrole .....	133
1.1.2. Le gaz .....	134
1.1.3. Le charbon .....	134
1.2. Le prix de l'énergie. ....	134
1.3. La demande finale d'énergie.....	135
1.4. L'électricité .....	135
1.5. L'impact des changements relatifs aux ressources en hydrocarbures et aux développements technologiques .....	136
1.6. Le marché gazier de l'UE dans une perspective mondiale .....	136
1.7. Les répercussions des politiques en matière de changement climatique .....	137
1.8. Les perspectives des énergies renouvelables à l'échelle mondiale .....	138
2. Prévision de la demande énergétique de l'Algérie à l'horizon 2030 .....	<b>140</b>
2.1. La production pétrolière face à l'épuisement des réserves en Algérie à l'horizon 2030.....	140
2.2. La demande finale d'énergie.....	141
2.2.1. La demande finale par secteur à l'horizon 2030.....	141
2.2.2. La demande finale par produit .....	142
2.3. Prospective sur les exportations gazières Algériennes en l'Europe à l'horizon 2030 .....	143
2.4. Le réchauffement climatique en Algérie.....	144
Conclusion du chapitre .....	145
<b>Chapitre 8 : La part des énergies renouvelables dans le bilan énergétique national à l'horizon 2030 .....</b>	<b>146</b>
Introduction.....	146
1. La nécessité de développer les énergies renouvelables en Algérie .....	147
1.1. La situation énergétique actuelle mondiale et algérienne oblige l'Algérie de ce tourné vers le solaire. ....	147
1.2. Le Potentiel des énergies renouvelables en Algérie .....	147
1.2.1. Le Potentiel hydroélectrique .....	147
1.2.2. Le potentiel de biomasse.....	148
1.2.3. Potentiel géothermique .....	149
1.2.4. Potentiel éolien .....	150
1.2.5. Potentiel solaire .....	150
1.3. La proximité géographique des marchés européens et africains et arabes .....	151
1.3.1. Le Plan solaire méditerranéen .....	151
1.3.2. La boucle euro-méditerranéenne .....	153

1.3.3. Le Desertec .....	154
1.3.4. Le Medgrid .....	157
1.4. Une prédiction de baisse des coûts des énergies renouvelables .....	158
2. L'objectif de la stratégie de développement des énergies renouvelables en Algérie .....	158
3. Les axes de la politique nationale de promotion des énergies renouvelable .....	159
4. Les organismes spécialisés dans le domaine des énergies renouvelable en Algérie.....	159
5. La politique nationale de promotion et de développement des énergies renouvelables .....	160
5.1. Les textes régissant les énergies renouvelables .....	160
5.2. Les mesures incitatives et fiscales .....	161
5.3. Les mesures réglementaires .....	161
6. Le programme des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique .....	162
6.1. L'objectif du programme .....	162
6.2. Les chapitres de développement .....	163
6.3. Synthèse du Programme national des énergies renouvelables .....	163
6.4. Les phases du programme des énergies renouvelable.....	164
6.5. La filière de production .....	165
6.5.1 L'énergie solaire photovoltaïque.....	165
6.5.2 L'énergie solaire thermique.....	165
6.5.3 L'énergie éolienne.....	166
6.6. La capacités des énergies renouvelables à installer par phase et par filière .....	166
6.7. L'objectif global du programme des énergies renouvelables dédié à l'exportation .....	168
6.8. L'Algérie réalisera plus de 60 projets en énergies renouvelables d'ici 2020 .....	168
6.9. Les projets et études en cours de réalisation .....	169
6.9.1. Les projets.....	169
6.9.2. Les études.....	171
6.10. Les résultats attendus de programme des énergies renouvelable.....	171
6.11. Les Moyens de mise en œuvre .....	171
7. Analyse du programme : .....	172
8. Les principales barrières au développement des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique, recommandations et suggestions .....	174
8.1. Le Marché: .....	174
8.1.1. Le marché national .....	174
8.1.2. Le marché nord africain.....	175
8.1.3. Le marché euro méditerranéen : .....	176
8.2. Le financement.....	176
8.3. Les choix technologiques .....	181
8.4. Intégration des actions d'efficacité énergétique dans les secteurs de l'habitat, du transport et des équipements électriques.....	183
8.5. Développement des capacités et R&D.....	185
8.6. Améliorer le cadre règlementaire.....	186
8.7. Assurer un équilibre régional .....	186
8.8. Encourager la consommation des énergies renouvelables auprès du grand public.....	186
Conclusion générale.....	187
Bibliographie.....	191
Table de matière .....	196
Résumé	

## Résumé

Le risque d'épuisement des ressources non renouvelables, le réchauffement climatique et les catastrophes nucléaires, font apparaître clairement que le modèle énergétique actuel n'est pas durable. Il est donc nécessaire d'engager une transition vers un modèle qui serait plus durable pour les besoins des générations présentes et futures. Les énergies renouvelables constituent à cet effet l'alternative où le potentiel est important mais largement sous exploité.

Comme pays méditerranéen, l'Algérie dispose encore de grandes ressources en énergies fossiles, mais également un potentiel important en énergies renouvelables : énergie solaire, géothermie, biomasse, énergie éolienne et électricité hydraulique, ce potentiel techniquement exploitable est considérable.

La présente étude a pour objectif de prévoir la part des énergies renouvelables dans le bilan énergétique national à l'horizon 2030 à travers une analyse critique du programme des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique lancé par le ministère de l'énergie et des mines et qui a pour objectif d'avoir 40% du bilan énergétique électrique d'origine renouvelable

Mot clés : énergie, énergies renouvelables, bilan énergétique.

## Abstract

The risk of exhaustion of not renewable resources, the climatic warming and nuclear disasters, show apparently that the actual energy model is not lasting. It is therefore necessary to hire a transition towards a model which would be more lasting for the good of the present and future generations. Renewable energy sources constitute alternative with this effect where potential is important but broadly under exploited.

As Mediterranean country, Algeria still has big resources in fossil energies, but also a potential mattering in renewable energy sources: solar energy, geothermal power, biomass, wind force and hydraulic electricity, this technically exploitable potential is considerable.

The present study has as objective to envisage the part of renewable energy sources in the national energy balance sheet on the horizon 2030 across a critical analysis of the program of renewable energy sources and energy effectiveness launches by the ministry of energy and mines. This study aims to have 40% of the energy power from renewable sources.

**Keys words :** energy, renewable energy, energy balance.

## ملخص

خطر زوال الموارد غير المتجددة، ظاهرة الاحتباس الحراري و الكوارث النووية ، دليل على أن نموذج الطاقة الحالي ليس مستدام . وبالتالي فإنه من الضروري اللجوء إلى نموذج من شأنه أن يلبي احتياجات الجيل الحاضر والمستقبل . تمثل الطاقة المتجددة البديل والحل الأمثل فمواردها معتبرة ولكن غير مستغلة إلى حد كبير لا تزال تمتلك الجزائر موارد معتبر من الطاقة الأحفورية ، إضافة إلى مخزون كبير للطاقة المتجددة : الطاقة الشمسية، و الطاقة الحرارية الأرضية ، والكتلة الحيوية وطاقة الرياح و طاقة المياه، حيث قامت وزارة الطاقة والمناجم بإطلاق برنامج لتطوير هذه الطاقات بحلول عام ألفين وثلاثين ورفع نسبتها في ميزان الطاقة إلى 40% نهدف من خلال هذا العمل إلى دراسة تحليل ونقد هذا البرنامج عن طريق إبراز أهم مميزات السياسة الطاقوية المنتهجة في الجزائر حاليا ومقارنتها بالسياسة العالمية مع إقتراح حلول للعقبات التي تقف غي طريق إنجاز هذا البرنامج

**كلمات البحث :** الطاقة، الطاقة المتجددة، ميزان الطاقة