

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Ecole Nationale Polytechnique



LAVALEF

Département de Génie Chimique

Laboratoire de Valorisation des Energies Fossiles

Mémoire de projet de fin d'études

Pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en génie chimique

Scénarii verts à 50%, 80% et 100% renouvelables aux horizons 2030 et 2050

Asma BENHALIMA, Djahida BOUDJENAH

Sous la direction de M. C.E CHITOUR Professeur

Présentée et soutenu publiquement le (19/06/2017)

Composition du jury :

Président	Mr E-H BENYOUSSEF,	Professeur,	ENP
Promoteur	Mr C.E CHITOUR,	Professeur,	ENP
Examineurs	Mr T.AHMED-ZAID,	Professeur,	ENP
	Mme F.KIES,	MCA,	ENP
Invité	Mr C. AMEUR,	DRD,	SONATRACH

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Ecole Nationale Polytechnique



LAVALEF

Département de Génie Chimique

Laboratoire de Valorisation des Energies Fossiles

Mémoire de projet de fin d'études

Pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en génie chimique

Scénarii verts à 50%, 80% et 100% renouvelables aux horizons 2030 et 2050

Asma BENHALIMA, Djahida BOUDJENAH

Sous la direction de M. C.E CHITOUR Professeur

Présentée et soutenu publiquement le (19/06/2017)

Composition du jury :

Président	Mr E-H BENYOUSSEF,	Professeur,	ENP
Promoteur	Mr C.E CHITOUR,	Professeur,	ENP
Examineurs	Mr T.AHMED-ZAID,	Professeur,	ENP
	Mme F.KIES,	MCA,	ENP
Invité	Mr C.AMEUR,	DRD,	SONATRACH

Remerciements

Au terme de ce travail, nous tenons à remercier Dieu le tout puissant de nous avoir donné le courage, la volonté et la patience tout le long de notre cursus d'ingénieur.

Nous remercions vivement tout le corps professoral du département Génie Chimique à L'Ecole pour le travail énorme qu'il a effectué pour nous créer les conditions les plus favorables pour le déroulement de nos études. Pour leur patience, leurs conseils pleins de sens et pour le suivi et l'intérêt qu'ils ont porté à nos travaux.

Merci...

Nos sincères gratitudee à Monsieur le professeur Chems Eddine Chitour, notre promoteur de thèse, notre maitre, pour la qualité de son enseignement, et pour son appui moral, son aide, sa disponibilité, sa gentillesse, ses conseils, son intérêt incontestable qu'il porte à tous les élèves ingénieurs et pour tous les riches moments scientifiques passés ensemble.

Nous adressons, également, nos remerciements au professeur El Hadi Benyoussef, pour avoir accepté de présider le jury, ainsi qu'au Docteur Fairouz Kies, et au professeur Toudert Ahmed Zaid, pour avoir accepté d'examiner notre travail en tant que membres du Jury

Nous exprimons notre reconnaissance au Docteur Chafik Ameer, Chef de département à Sonatrach CRD pour nous avoir honorés de sa présence.

Enfin nous devons témoigner notre reconnaissance, et nos sincères remerciements à toutes les personnes qui ont contribué au bon déroulement et dans l'aide à l'élaboration du Projet de Fin d'Etudes.

Asma BENHALIMA

Djahida BOUDJENAH

Juin 2017

Dédicaces

A mes parents à qui je dois tout qui se sont sacrifié pour moi et qui ont veillé à l'enrichissement de ma connaissance.

Affection et reconnaissance et Mille merci ...

Je rends aussi un vibrant hommage à tous ceux qui ont participé à ma formation.

De l'école primaire Kadi Ahmed du petit village Arib, au CEM, au lycée Ahmed Zahana, aux études supérieures à l'Ecole Nationale Polytechnique d'Alger...

Je dédie ce modeste travail de fin d'étude d'ingénieur :

_ A mes très chers parents, mon monde à moi mami Nadia et Kader mon adorable papa, qui grâce à eux j'ai atteint ce modeste niveau du savoir. Ils ont été toujours à mes côtés pour me soutenir dans les moments les plus difficiles, pour me conseiller. Ils ont été pour moi d'un très grand appui moral dans toutes les situations. Merci

_ A mon bien aimé Okba, mon cher frère, le petit lion Yakine et ma puce Alaa.

_ A mes grands-parents chbah l3ayla

_ A Makhira et Bassidi

_ A Mani et Hnini

_ A la grande famille Benhalima à laquelle je suis fière d'y appartenir.

_ A la famille Ewing Dahas.

_ A mes tantes ...

_ A mes oncles ...

_ A mes cousines et mes cousins ...

Une famille unique...

_ A celles qui ont pu prendre place de sœur et frère dans mon cœur, à inda, mira et souma...

A Djaho mon super binôme.

A kati, Chaima, Ibtisso, Meri, Meriama, Nassim, Charaf, Souhaib, Azzedine, Lotfi... les fous chimistes que je les adore fraternellement...

Asma ...

Dédicaces

A celle qui m'a élevé avec tendresse, encouragé tout le long de mon cursus, et à qui je dois toute la reconnaissance pour son sacrifice, soutien, présence, et aide... Ma chère mère,

A celui qui m'a offert une éducation digne de confiance, un savoir vivre, des conseils de valeurs... Mon cher père,

A ma petite, ma sœur, ma nièce Fatima - Que son âme repose en paix - que j'aime tant, tu n'es plus là. J'espère que tu es fier de moi de là où tu es,

A celui qui m'a aidé à réaliser ce projet et qui a toujours été là pour moi ... Mon cher mari
Hicham,

A mes chères sœurs, hasnia, wiam, mouna, amina... pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral,

A mes chers frères, ... pour leur appui et leur encouragement,

A toute ma grande famille, mes oncles et mes tantes, mes cousins et cousines spécialement
Khaira et Noura,

Merci d'être toujours là pour moi.

Au meilleure binôme, l'amie que j'ai jamais eu Assouma,

A mon amie d'enfance, Amel,

A tous mes sœurs, amies, Ranouch, Safo, Imène, Salma, Loubna, Houda, Daloula, Asma, Hannon, Houria Zaho, Nadjat, Miri qui ont été là pour moi dans les moments de joie et de tristesse,

A toute ma promotion d'ingénieurs chimistes 2014/2017.

A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin....

A tous mes professeurs du primaire à L'ENP, particulièrement mon enseignant Hakim et ma prof de science Islamique Nigazieu...

A tous ceux qui m'aiment,

Djahida...

ملخص

نظرا للطلب المتزايد على الطاقة الأحفورية من جهة، وندرة هذه الموارد غير المتجددة من جهة أخرى، حان الوقت لكي نتطور دون استنفاد هذه الأخيرة، من دون تعزيز أسعارها، ودون تشبع الجو بالغازات المسببة للاحتباس الحراري التي تمثل خطر على توازن المناخ. الجزائر في هذا السياق، ينبغي دون تأخير ان تضع استراتيجيات جديدة في ميدان الطاقة وذلك بتطبيق فلسفة التنمية البشرية المستدامة في استهلاكنا.

يقترح في إطار مذكرة التخرج هذه، وضع سيناريوهات بنسب مئوية مختلفة من الطاقة المتجددة، سيناريو 50٪، 80٪ و 100٪ طاقة متجددة في 2030-2050، لتقدير الطلب على الطاقة بكم يمكن أن يقدر غدا، واستخراج أفكار حول تغيير الطاقة في قطاع النقل والسكن، القطاعات الأكثر استهلاك للطاقة.

الكلمات الدالة:

استنزاف الموارد، الاحتباس الحراري، توفير الطاقة، الطاقة النظيفة، استراتيجية الطاقة

Abstract

Given the ever-increasing demand for fossil energy on the one hand, and the scarcity of non-renewable resources on the other, it is time to develop without exhausting the latter, without fostering a surge in prices and without saturating the atmosphere of greenhouse gases dangerous for the climatic balance.

In this context, Algeria must, immediately, developed new energy strategies while applying the philosophy of sustainable human development to our mode of consumption.

Scenarios with different percentages of renewable energy are developed, in the context of this end-of-study project, scenario at 50 %, at 80 % and at 100% renewable in 2030-2050. Enabling the estimation of energy demand as it could be tomorrow and to draw some elements of reflections on an energy transition in the sectors of transport and the tertiary sector, the most energy-intensive sectors.

Keywords :

Resource depletion, Global warming, Energy saving, Clean energy, Energy strategy.

Résumé

Face à une demande énergétique en fossiles de plus en plus grandissante d'une part, et la rareté de ces ressources non renouvelables d'une autre part, il est temps de se développer sans épuiser ces dernières, sans favoriser la flambée de leur prix et sans saturer l'atmosphère de gaz à effet de serre dangereux pour l'équilibre climatique.

L'Algérie dans ce contexte, doit sans tarder, développer de nouvelles stratégies énergétiques tout en appliquant la philosophie du développement humain durable à notre mode de consommation.

Dans le cadre de ce projet de fin d'étude, des scénarios à différents pourcentages en énergie renouvelable sont développées, 50 %, 80 % et 100 % renouvelable en 2030-2050, permettant d'estimer la demande énergétique telle qu'elle pourrait être demain et d'en tirer des éléments de réflexions sur une transition énergétique dans les secteurs du transport et du tertiaire, les secteurs les plus énergivores.

Mots clés : Epuisement des ressources, Réchauffement climatique, Economie d'énergie, Energie propre, Stratégie énergétique

Table des Matières

Liste des figures	
Liste des tableaux	
Abréviations	
Introduction générale.....	17
Partie I Etat des lieux de la situation énergétique mondiale	
Chapitre 1 Une scène énergétique mondiale	20
1.1. Introduction	20
1.2. Etat des lieux de l'énergie dans le monde	20
1.2.1. Energies primaires.....	20
1.2.2. L'Electricité comme énergie secondaire	32
1.3. Perspectives à l'horizon 2030.....	36
1.3.1. La consommation énergétique.....	36
1.3.2. Les utilisations des énergies fossiles	37
1.3.3. La part des énergies renouvelables.....	39
1.3.4. La part de l'électricité.....	40
1.4. Mix énergétique dans certains pays à l'horizon 2030 – 2050	41
1.4.1. L'Allemagne	41
1.4.2. La France.....	41
1.4.3. Les Etats Unis	42
1.4.4. La Chine	43
1.4.5. Le Danemark.....	44
1.4.6. Maroc	44
1.5. Evolution du marché pétrolier	44
Chapitre 2 Les changements Climatiques	47
2.1. Introduction	47
2.2. Le système climatique	47
2.3. Conférences et alertes notoires	48

2.3.1.	Sommet de la terre Rio.....	48
2.3.2.	Protocole de Kyoto.....	48
2.3.3.	La COP 21.....	49
2.4.	Les impacts du changement climatique.....	49
2.4.1.	Elévation du niveau de la mer.....	49
2.4.2.	L'augmentation de la température mondiale.....	50
2.4.3.	Extinction de la faune et de la flore.....	51
2.4.4.	Conséquence sur l'agriculture.....	51
2.5.	Solutions stratégiques pour la lutte contre le changement climatique.....	51
2.5.1.	Atténuer le changement climatique, mais aussi s'adapter.....	51
2.5.2.	Réductions des GES.....	52
2.6.	Conclusion.....	52
Chapitre 3 Le Développement Humain Durable.....		55
3.1.	Introduction.....	55
3.2.	Définition.....	55
3.3.	Piliers du Développement Durable.....	56
3.5.	Les 17 projets des Nations Unies sur le Développement Humain Durable.....	57
3.6.	Conclusion.....	58
Partie II Pour une transition énergétique vers le Développement Humain Durable en Algérie		
Chapitre 4 Etat des lieux de l'énergie en Algérie.....		61
4.1.	Présentation du pays.....	61
4.2.	La démographie en Algérie.....	62
4.3.	L'énergie primaire en Algérie.....	63
4.3.1.	Energies fossiles.....	63
4.3.2.	Ressources fissiles.....	68
4.3.3.	Energies renouvelables.....	68
4.4.	L'énergie secondaire « Electricité » en Algérie.....	73
4.4.1.	Production d'énergie électrique.....	73
4.4.2.	Consommation d'électricité.....	74
4.5.	Les changements climatiques, une des contraintes du futur.....	74
4.6.	Le Développement Humain Durable en Algérie.....	75

4.7.	Conclusion	77
Chapitre 5 Modèles énergétiques proposés à l'horizon 2030 – 2050		79
1.1.	Introduction	79
1.2.	Objectifs.....	79
1.3.	Evolution démographique.....	80
1.4.	Scénario fil de l'eau.....	81
1.5.	Scénarios volontaristes	81
1.5.1.	Scénario 50% renouvelable en 2030	82
1.5.2.	Scénario 80 % renouvelable en 2050	85
1.5.3.	Scénario 100 % renouvelable en 2050	88
1.6.	Les autres possibilités permettant d'atteindre un Développement Humain Durable	90
1.6.1.	Energies renouvelables autres que l'éolien et le solaire.....	90
1.6.2.	Exploitation des produits forestiers.....	92
1.6.3.	Le barrage vert.....	92
1.6.4.	Mise en œuvre d'une politique de promotion des économies d'énergie.....	93
1.6.5.	Valorisation des déchets.....	96
1.6.6.	Traitement des eaux usées.....	97
1.6.7.	Lutte contre le gaspillage d'aliments.....	98
1.7.	Conclusion	98
Chapitre 6 Une nouvelle stratégie énergétique		100
6.1.	Introduction	100
6.2.	Une nouvelle stratégie pour les transports.....	100
6.2.1.	Etat des lieux du transport en Algérie	100
6.2.1.1.	Evolution du parc automobile	100
6.2.1.2.	La répartition de parc de véhicules par wilaya.....	101
6.2.1.3.	Consommation de carburant en Algérie	101
6.2.1.4.	Constitution du parc automobile en Algérie	102
6.2.2.	Les problèmes rencontrés dans la consommation de carburants.....	103
6.2.2.1.	Déperdition à travers les frontières	103
6.2.2.2.	Les couts des embouteillages	103

6.2.2.3.	Importation des carburants	105
6.2.2.4.	Le diesel concérigène et son effet sur la santé humaine	105
6.2.3.	Le gaz de pétrole liquéfié « GPLc » à la place de carburant actuel	106
6.2.4.	La révolution de la locomotion électrique.....	107
6.2.4.1.	Parc de voiture électrique dans le monde.....	107
6.2.4.2.	Avantages de la voiture électrique	108
6.2.5.	Perspectives à l'horizon 2030 - 2050.....	109
6.2.5.1.	Scénario tendanciel « Fil de l'eau »	109
6.2.5.2.	Scénarios volontaristes.....	110
6.2.6.	Mesures complémentaires à mettre en œuvre pour rationaliser la consommation de carburants et pour être en phase avec la nécessité de la Transition Energétique vers le Développement Humain Durable.....	115
6.3.	La consommation électrique renouvelable dans le secteur résidentiel.....	117
6.3.1.	L'urgence d'une transition énergétique dans l'habitat en Algérie	117
6.3.2.	Consistance du parc de logement et efforts à faire dans les bâtiments	118
6.3.3.	Quelques appréciations du gain d'énergie possible	119
6.3.4.	La calcul de la consommation énergétique du parc résidentiel à l'horizon 2030	120
6.3.4.1.	Exemple d'Application	121
6.3.4.2.	Énergie de la cuisson.....	121
6.3.4.3.	Transition énergétique de la cuisson : Scénario à 50 % renouvelable	122
6.3.5.	La chasse au gaspillage énergétique.....	123
	Conclusion Générale	125
	Références Bibliographiques.....	127

Liste des figures

- Figure 1.1 :** Répartition des ressources fossiles dans le monde
- Figure 1.2 :** Les réserves prouvées de pétrole dans le monde, Fin 2015
- Figure 1.3 :** Réserves mondiales de gaz naturel
- Figure 1.4 :** Les réserves mondiales de charbon
- Figure 1.5 :** Les hydrocarbures de schiste dans le monde
- Figure 1.6 :** Production mondiale de pétrole
- Figure 1.7 :** Bilan énergétique mondial, 2014
- Figure 1.8 :** Production mondiale d'Uranium d'après WNA, NEA
- Figure 1.9 :** Evolution de la production hydroélectricité
- Figure 1.10 :** Capacité annuelle installée en énergie éolienne
- Figure 1.11 :** Part du photovoltaïque
- Figure 1.12 :** Répartition de la demande mondiale en biomasse par secteur à l'horizon 2030
- Figure 1.13 :** La production d'électricité géothermique (MW)
- Figure 1.14 :** Production de l'électricité dans les dix premiers pays dans le monde
- Figure 1.15 :** Production d'électricité d'origine renouvelable
- Figure 1.16 :** Production d'électricité d'origine renouvelable
- Figure 1.17 :** Part du nucléaire dans la production mondiale d'électricité
- Figure 1.18 :** Contribution de chaque source dans la production d'électricité
- Figure 1.19 :** Consommation mondiale d'énergie et perspectives
- Figure 1.20 :** Demande énergétique mondiale et perspectives
- Figure 1.21 :** La demande des combustibles fossiles par secteur
- Figure 1.22 :** Consommation en charbon par région
- Figure 1.23 :** consommation en gaz naturel par secteur
- Figure 1.24 :** Part des énergies renouvelables dans le monde et Prévisions
- Figure 1.25 :** Consommation électrique par région jusqu'à l'année 2035
- Figure 1.26 :** Production mondiale d'électricité d'origine renouvelable
- Figure 1.27 :** Part de l'électricité renouvelable pour l'Allemagne
- Figure 1.28 :** Capacité de renouvelable en France
- Figure 1.29 :** Part des énergies renouvelables en 2050 pour les Etats-Unis
- Figure 1.30 :** Part du renouvelable dans la demande énergétique en Chine
- Figure 1.31 :** Évolution du prix du baril de Brent
- Figure 2.1 :** Elévation du niveau de la mer entre 1995 et 2015 (Legos)
- Figure 2.2 :** Augmentation de la température depuis l'ère préindustrielle
- Figure 2.3 :** Contribution à l'effet de serre naturel des différents gaz

Figure 4.1 : Carte topographique de l'Algérie

Figure 4.2 : Evolution de la population algérienne en millions d'habitants

Figure 4.3 : Taux de croissance entre 1985 – 2016

Figure 4.4 : Evolution de la production du pétrole brut en Algérie

Figure 4.5 : Evolution de la consommation du pétrole brut en Algérie

Figure 4.6 : Evolution de la production du gaz naturel en Algérie

Figure 4.7 : Carte des gisements pétroliers et gaziers en Algérie

Figure 4.8 : Evolution de la consommation du gaz naturel en Algérie

Figure 4.9 : Les réserves non conventionnelles en Algérie

Figure 4.10 : Localisation de la nappe Albienne

Figure 4.11 : Parcs solaires en Algérie

Figure 4.12 : Carte des vents moyens en Algérie

Figure 4.13: Evolution de la production électrique en Algérie entre 1985 – 2015

Figure 4.14 : Evolution de la consommation électrique algérienne par habitant jusqu'à 2015

Figure 4.15 : Le nouveau programme de renforcement de l'économie nationale du pays sous l'air de développement durable

Figure 5.1 : Scénarios à 50 % et à 80 % renouvelable

Figure 5.2 : Evolution de la population en Algérie jusqu'à 2050

Figure 5.3 : Projection de la consommation électrique d'ici 2050 « scénario au fil de l'eau »

Figure 5.4 : Evolution du pourcentage de la production renouvelable à l'horizon 2030 « Scénario volontariste »

Figure 5.5 : Evolution du cout des installations solaires et éoliennes à l'horizon 2030 « Scénario volontariste »

Figure 5.6 : Estimation de gaz naturel épargné d'ici 2030 « scénario volontariste »

Figure 5.7 : Evolution du pourcentage de la production renouvelable à l'horizon 2030 « Scénario volontariste »

Figure 5.8 : Evolution du cout cumulé des installations d'ici 2050 « scénario volontariste »

Figure 5.9 : Projection du gaz naturel épargné à l'horizon 2050 « Scénario volontariste »

Figure 5.10 : Evolution du pourcentage de la production renouvelable à l'horizon 2050 « Scénario volontariste »

Figure 5.11 : Evolution du cout cumulé des installations d'ici 2050 « scénario volontariste »

Figure 5.12 : Projection du gaz naturel épargné à l'horizon 2050 « Scénario volontariste »

Figure 5.13 : Les différentes applications d'énergie solaire

Figure 5.14 : Localisation approximative du barrage vert en Algérie

Figure 5.15 : Le principe de fonctionnement d'un chauffe-eau solaire

Figure 5.16 : Composition de déchets ménagers en Algérie

Figure 5.17 : Jonathan Fleury et le frigo des Buissons d'Anjou, à Montréal

Figure 6.1 : L'évolution de parc de véhicule Algérien

Figure 6.2 : Répartition du parc automobile par Wilaya

Figure 6.3 : Répartition du parc automobile par type de véhicules 2013

Figure 6.4 : Evolution de parc de voitures à batterie électrique dans le monde de 2005 à 2015

Figure 6.5 : Evolution de parc de voitures dans une sélection de pays à l'échelle mondiale en 2015

Figure 6.6 : Evolution du parc véhicules à l'horizon 2050 « Scénario fil de l'eau »

Figure 6.7 : Evolution de la consommation algérienne du carburant « Scénario fil de l'eau »

Figure 6.8 : Schéma explicatif du modèle 50 % propre à l'horizon 2030 « Scénario Volontariste »

Figure 6.9 : Schéma explicatif du modèle 80 % propre à l'horizon 2050 « Scénario Volontariste »

Figure 6.10 : Evolution du parc résidentiel en Algérie 2011- 2016

Figure 6.11 : Les normes de consommations énergétiques pour le chauffage, la production d'eau chaude sanitaire et le refroidissement, Consommation conventionnelle

Figure 6.12 : Émissions de gaz à effet de serre GES pour le chauffage, la production d'eau chaude sanitaire et le refroidissement, Estimation des émissions (kg $\text{eqCO}_2/\text{m}^2.\text{an}$)

Figure 6.13 : Abonnés des appareils électroménagers en électricité (kWh) 2011-2016

Figure 6.14 : Consommation de gaz destiné à la cuisson pour les 4 millions de logements à l'horizon 2030

Figure 6.15 : Consommation du nouveau parc à l'horizon 2030

Figure 6.16 : La consommation du parc ancien à l'horizon 2030

Liste des tableaux

- Tableau 1.1** : Energies fossiles dans le monde
- Tableau 1.2** : Production des énergies fossiles pour l'année 2015
- Tableau 1.3** : Consommation en fossiles pour l'année 2015
- Tableau 1.4** : Puissance solaire thermique installée
- Tableau 1.5** : Production et consommation de l'électricité dans le monde BP 2015
- Tableau 4.1** : Réserves, Production et consommation des énergies fossiles en Algérie
- Tableau 4.2** : Classification des sources thermales selon leurs débits
- Tableau 4.3** : Classification des sources thermales selon leurs températures
- Tableau 4.4** : Potentiel solaire en Algérie
- Tableau 4.5** : Potentiel de la biomasse
- Tableau 4.6** : Parc de production hydroélectrique en Algérie
- Tableau 5.1** : Evolution de la population Algérienne en millions d'habitants jusqu'à 2050
- Tableau 5.2** : Evolution de la consommation électrique d'ici 2050 « Scénario fil de l'eau »
- Tableau 5.3** : Evolution de la consommation de gaz naturel d'ici 2030
- Tableau 5.4** : Capacité solaire cumulée installée d'ici 2030 « Scénario volontariste »
- Tableau 5.5** : Capacité éolienne cumulée installée d'ici 2030 « Scénario volontariste »
- Tableau 5.6** : Projection de prix des installations solaires et éoliennes « Scénario volontariste »
- Tableau 5.7** : Estimation du gain en gaz naturel d'ici 2030
- Tableau 5.8** : Capacité solaire cumulée installée d'ici 2050 « Scénario volontariste »
- Tableau 5.9** : Capacité éolienne cumulée installée d'ici 2050 « Scénario volontariste »
- Tableau 5.10** : Projection des couts des installations solaires et éoliennes d'ici 2050 « Scénario volontariste »
- Tableau 5.11** : Estimation du gain en gaz naturel d'ici 2050 « Scénario volontariste »
- Tableau 5.12** : Capacité solaire cumulée installée d'ici 2050 « Scénario volontariste »
- Tableau 5.13** : Capacité éolienne cumulée installée d'ici 2050 « Scénario volontariste »
- Tableau 5.14** : Estimation des couts cumulés des installations solaires et éoliennes à l'horizon 2050 « Scénario volontariste »
- Tableau 5.15** : Estimation du gain en gaz naturel d'ici 2050 « Scénario volontariste »
- Tableau 6.1** : Evolution de la consommation des carburants
- Tableau 6.2** : La part dans le parc automobile et la consommation des carburants dans les wilayas de Tébessa, Tlemcen et Ouargla (2015)
- Tableau 6.3** : Les couts des embouteillages dans les grandes wilayas
- Tableau 6.4** : Caractéristiques des diesels selon les normes
- Tableau 6.5** : L'évolution du parc de véhicule algérien à l'horizon de 2050 « Scénario fil de l'eau »
- Tableau 6.6** : Evolution de la consommation de carburants « Scénario fil de l'eau »
- Tableau 6.7** : L'évolution du nombre de véhicules essence à convertir en GPL et les gains d'essence et d'argent possibles « Scénario volontariste »

Tableau 6.8 : Économies réalisées avec des véhicules électriques « Scénario volontariste »

Tableau 6.9 : Le nombre de véhicules convertis en GPL et le gain d'essence et d'argent « Scénario volontariste »

Tableau 6.10 : Économies réalisées avec des véhicules électriques « Scénario volontariste »

Tableau 6.11 : Consommation des lampes classiques et LBC

Abréviations

ADEME : Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie
AIE : Agence Internationale de l'Energie
BP : British Petroleum
CDER : Centre de Développement des Energies Renouvelables
COP: Conference of the Parties
DA : Dinar Algérien
EJ : Exajoules
GN : Gaz Naturel
GPL : Gaz de Pétrole Liquéfié
GW : Gigawatt
GWh : Gigawattheure
Gtep : Giga tonnes équivalent pétrole
GIEC : Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'évolution du Climat
GES : Gaz à Effet de Serre
Hab : Habitant
IRENA : l'Agence Internationale de l'Energie Renouvelable
Kt : Kilo tonne
KW : kilowatt
KWh : kilowattheure
Ktep : kilo tonnes équivalent pétrole
Mb/j : Millions de baril par jour
Mtep : Millions de tonnes équivalent pétrole
MW : Mégawatt
MWt : Mégawatt thermique
Mt : Million de tonnes
Mds \$: milliards de dollars
MEM : Ministère de l'Energie et des Mines
MATE : Ministère de l'Aménagement du Territoire de et l'Environnement
NEA: Nuclear Energy Agency
OPEP : Organisation des Pays Exportateurs de Pétrole
ONS : Office Nationale des Statistiques
OMM : Organisation Météorologique Mondiale
ONU : Organisation des Nations Unies
OCDE : Organisation de coopération et de développement économique
ppm : partie par million
PNUD : Programme des Nations Unies pour le Développement
STEP : Station de Traitement d'Epuration des Eaux Usées
Tep : tonnes équivalent pétrole
TWh : Térawattheure
WEC: World Energy Council
WNA: World Nuclear Association
WWF : World Wildlife Fund

Introduction générale

A l'époque, l'enfant étudiait à la lumière des bougies. Peu de ménages possédaient des appareils électriques tels des réfrigérateurs ou des ventilateurs. Au fil des années, la situation a évolué de façon radicale. On parle de modernité. L'accès facile à l'énergie a ouvert de nouvelles possibilités pour les populations.

L'énergie transforme les vies, la conduite des affaires et l'économie. Elle transforme aussi notre planète, son climat, ses ressources naturelles et ses écosystèmes. Il ne peut y avoir de développement sans énergie. Aujourd'hui, il nous est possible d'allumer le chauffage ou la lumière, et ce, n'importe où dans le monde, exception faite de certains continents comme l'Afrique où deux tiers des habitants n'ont pas accès à l'électricité. L'idéal tel que prôné par les Nations Unies est que l'on puisse fournir une énergie durable à tous. Relever ce pari implique la collaboration de tous, gouvernements, secteur privé et société civile, car son envergure dépasse ce que peut accomplir un seul de ces acteurs.

Assurer une énergie durable pour tous d'ici 2030 représente un énorme défi. Mais le relever est réalisable. La vision généreuse est celle d'un monde où l'accès universel à l'énergie se combine à une nette amélioration de l'efficacité énergétique au doublement de la quantité d'énergie renouvelable dans nos sources de combustibles. Les obstacles sont moins techniques qu'humains. Il faut que nous placions l'énergie durable au sommet de l'agenda mondial et que nous concentrions notre attention, notre ingénuité, nos ressources et nos investissements pour en faire une réalité.

Au cours des dernières années, l'industrie de l'énergie renouvelable a connu une énorme croissance. Ses capacités sont en pleine expansion. Ses performances s'améliorent. Les prix deviennent plus abordables. De nouveaux produits qui nécessitent moins d'énergie émergent. Tout ceci forme une fondation solide sur laquelle construire la nouvelle grande transition énergétique.

Plusieurs pays ont défini des stratégies énergétiques encourageant les énergies renouvelables mais aussi la diminution de l'intensité énergétique combinée aux économies d'énergie ainsi qu'à la mise graduelle de l'économie circulaire qui donne une seconde vie aux choses. L'Algérie doit s'inscrire dans cette dynamique du Développement Humain Durable.

Dans cette étude, prenant appui sur la philosophie du Développement Humain Durable, et au vue de la situation énergétique algérienne marquée par le « tout fossile », qui risque de ne pas laisser de viatique aux générations futures. Nous proposons deux scénarios de transition énergétique vers le Développement Humain Durable, l'un à 50 % renouvelable, l'autre à 80 %. L'objectif est de montrer au-delà des approximations inévitables qu'il y a une possibilité pour le pays de changer de paradigme en allant vers un développement durable vertueux avec la chasse au gaspillage, l'investissement sans tarder dans le renouvelable (solaire, éolien, biomasse, géothermie..) sans perdre de vue à la fois la diminution de l'intensité énergétique et la nécessité de s'inscrire dans la nouvelle révolution de l'électricité notamment dans les transports et le résidentiel ..

Partie I Etat des lieux de la situation énergétique
mondiale

Chapitre 1 Une scène énergétique mondiale

Chapitre 1 Une scène énergétique mondiale

1.1. Introduction

L'énergie constitue de nos jours l'un des enjeux sur lesquels repose la survie, aussi bien des générations actuelles que celles à venir, car notre besoin de cet élément ne cesse d'augmenter chaque jour un peu plus, du fait de la multiplicité et de la diversité de nos activités et des différents aspects de notre quotidien qui en sont entièrement dépendants.

Aujourd'hui, plus de 66 % de l'énergie produite dans le monde provient des matières fossiles « Le charbon, le gaz naturel et le pétrole » qui sont des matières présentes dans le sous-sol de la Terre. Leur particularité, c'est qu'elles brûlent très bien, ce sont d'excellents carburants. Ils ont aussi l'avantage de pouvoir être facilement stockés et transportés, ce qui en fait la source d'énergie la plus pratique à utiliser. Mais ils présentent deux très gros inconvénients : le premier, c'est qu'en brûlant, ils dégagent beaucoup de particules qui polluent l'atmosphère. Le second, c'est que leur quantité sur Terre est limitée. En effet, les hydrocarbures ont mis plusieurs centaines de millions d'années pour se former, ce qui signifie que leur stock n'est pas prêt de se renouveler ! Au rythme où l'Humanité les utilise, ce stock finira par s'épuiser.

En effet, les énergies fossiles sont les plus utilisées dans le monde. Le pétrole, en particulier, est l'énergie de presque tous les transports. C'est pourquoi son prix est un élément fondamental pour l'économie. S'il augmente, les prix de toutes les marchandises qu'il sert à transporter augmentent aussi !

Dans ce chapitre, nous présenterons l'état des réserves, la production et la consommation de l'énergie primaire et secondaire dans le monde et dans les pays leaders en discutant à la fin le choc pétroliers que vit le monde aujourd'hui.

1.2. Etat des lieux de l'énergie dans le monde

1.2.1. Energies primaires

Pour la satisfaction des divers besoins de plus en plus grandissants, l'homme a eu recours à l'énergie dite primaire qu'il a puisé dans la nature. Elle est soit à réserve limitée comme le sont les ressources fossiles « Charbon, gaz naturel, pétrole, pétrole et gaz de schiste » et le nucléaire « Uranium », ou renouvelable « Hydraulique, géothermique, éolienne, solaire et biomasse ».

1.2.1.1. Energies fossiles

▪ Réserve

Le tableau ci-dessous résume l'état des réserves en énergies fossiles dans le monde et la consommation actuelle de chaque ressource par an.

Tableau 1.1 : Energies fossiles dans le monde

Ressources	Réserve mondiale (GTep)	Consommation Annuelle (GTep)	Fin des réserves
Pétrole	160	4	2050
Gaz	165	2.2	2070
Charbon	460	2.8	2170
Uranium	50	0.7	2080

Ces chiffres indiquent que si le monde continuera avec le même mode de consommation actuel, l'homme de l'après 2050 ne trouvera plus de pétrole, les générations de 2070 et 2080 ne trouveront ni de gaz ni de l'uranium pour produire de l'électricité !

La répartition de ces ressources fossiles à travers le monde est montrée sur la figure suivante.



Figure 1.1 : Répartition des ressources fossiles dans le monde. [1]

✓ Le Pétrole

L'estimation des réserves de pétrole correspond à la quantité de pétrole exploitable à un moment donné. Au niveau actuel, les réserves mondiales correspondent à 54 ans de production. Elles sont essentiellement concentrées dans les pays de l'OPEP, qui détiennent 72 % des réserves mondiales.

Les réserves prouvées en fin 2015 ont été estimées à 1697.6 en milliard de barils. Avec 17,5 % au Venezuela, soit 300.9 milliards de barils, 15.7 % en Arabie saoudite, Canada avec 10.1 %, 9.3% en Iran et 8.4 % en Irak, soit 143 milliards de barils. [1]

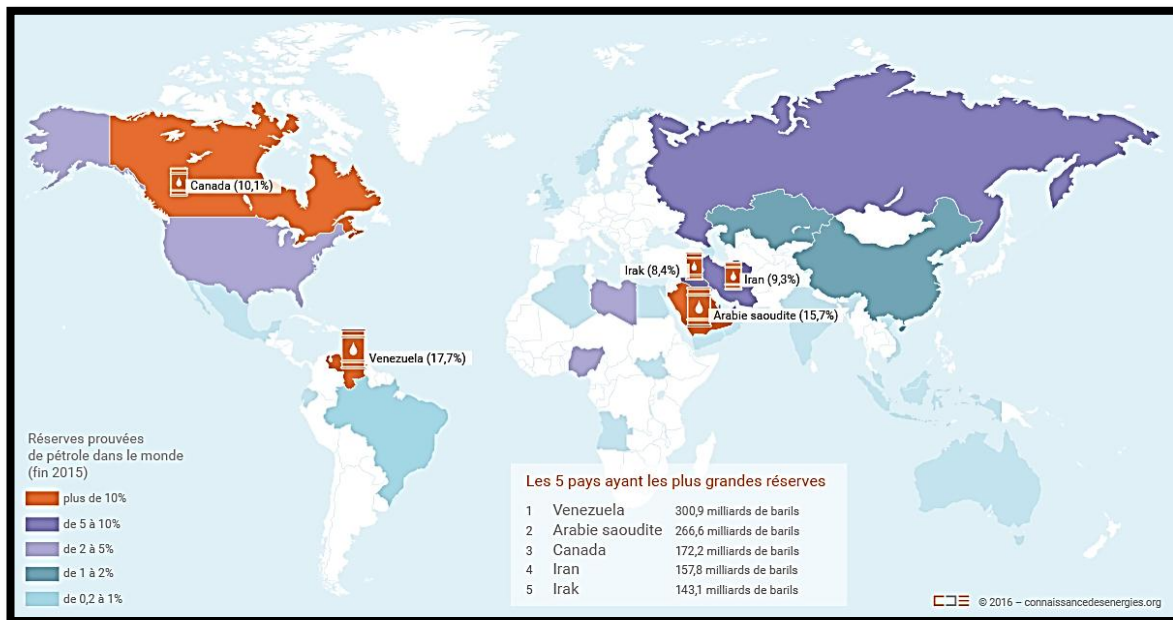


Figure 1.2 : Les réserves prouvées de pétrole dans le monde, Fin 2015. [1]

✓ **Gaz naturel**

- Selon le BP Statistical Review de 2016, compte tenu de la production actuelle, croissante annuellement de près de 3 % en moyenne depuis plus de trente ans, la durée des réserves mondiales prouvées de gaz naturel serait de 55 ans contre 53 ans pour le pétrole. Ces réserves en gaz naturel sont de l'ordre de 891531 en milliers de milliards de mètres cubes avec 26.6% aux Etats Unis, 17,6% en Russie et 18.2 en Iran. [1]

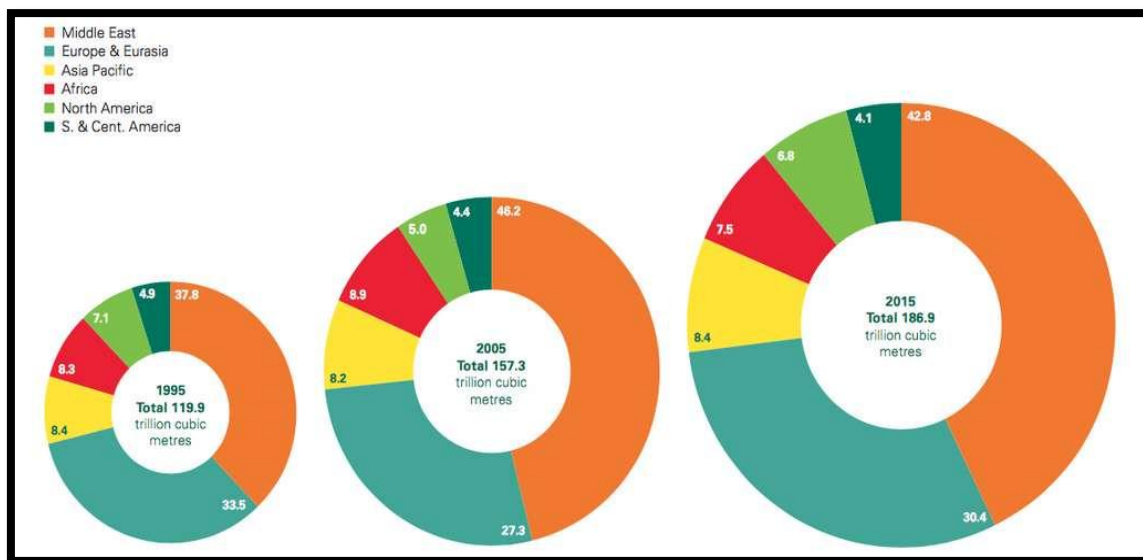


Figure 1.3 : Réserves mondiales de gaz naturel. [1]

Ces graphiques sur montrent l'évolution de la répartition des réserves prouvées de gaz naturel dans le monde entre les années 1995 et 2015.

En orange, les chiffres du Moyen-Orient, en turquoise, ceux de l'Europe et de l'Eurasie, en jaune, l'Asie-Pacifique, en rouge, l'Afrique, en vert clair, l'Amérique du Nord et en vert foncé, l'Amérique centrale et du Sud.

Ces données montrent que les réserves globales ont augmenté, sur les vingt dernières années, d'environ 50 %.

- La durée des réserves mondiales estimées, en incluant les gaz non conventionnels comme sont appelés les gaz de schiste et autre gaz de houille, est quant à elle évaluée à pas moins de 237 ans.
- Près des deux tiers du gaz naturel nouvellement découvert ces dernières années sont enfouis dans des réserves offshore, autrefois inexploitable. D'ailleurs, selon l'IFP Énergies nouvelles, la production offshore devrait augmenter de 50 % d'ici 2020. Les potentielles ressources en gaz naturel qui restent à exploiter permettraient finalement de subvenir à quelque 120 années de consommation.

✓ Charbon

- Les réserves prouvées de charbon à la fin de 2015, sont estimées par le World Energy Council (WEC) à près de 891.5 milliards de tonnes, représentant environ 120 années de production au rythme actuel d'extraction, soit beaucoup plus que le pétrole (40 ans) ou le gaz naturel (65 ans).
- Par rapport aux autres combustibles fossiles, les réserves de charbon sont mieux réparties à la surface du globe, puisque les trois zones d'Amérique du Nord, Communauté des États Indépendants et Asie/Océanie en renferment chacune de 27 à 30 %. [2]

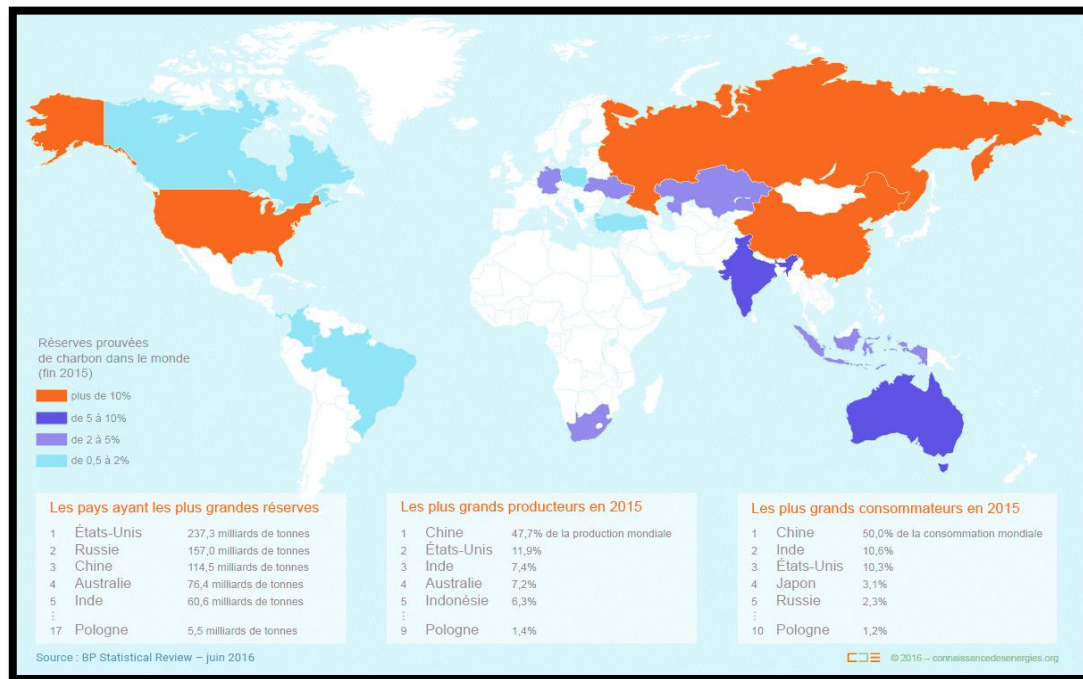


Figure 1.4 : Les réserves mondiales de charbon. [1]

Sur la figure 1.4, on remarque que cinq pays représentent à eux seuls 78 % des réserves mondiales : les États-Unis (26.6 %), la Fédération de Russie (17.6 %), la Chine (12.8 %), l'Australie (8.6%) et l'Inde (6.8 %).

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.

✓ Gaz et pétrole de schiste

Le gaz de schiste est un gaz naturel retenu à grande profondeur dans certains schistes des bassins sédimentaires. Il n'est donc pas retenu sous une couche imperméable, comme c'est le cas pour les gisements dits « conventionnels » de gaz ou de pétrole, mais emprisonné dans la roche elle-même. Pour l'en extraire, il faut opérer une fracturation de cette roche, obtenue par injection d'eau sous pression, mélangée à quelques additifs. Tandis que le pétrole de schiste est un pétrole léger contenu dans des formations géologiques poreuses de faible perméabilité. Il s'agit d'un type de pétrole léger de réservoirs étanches. [3]

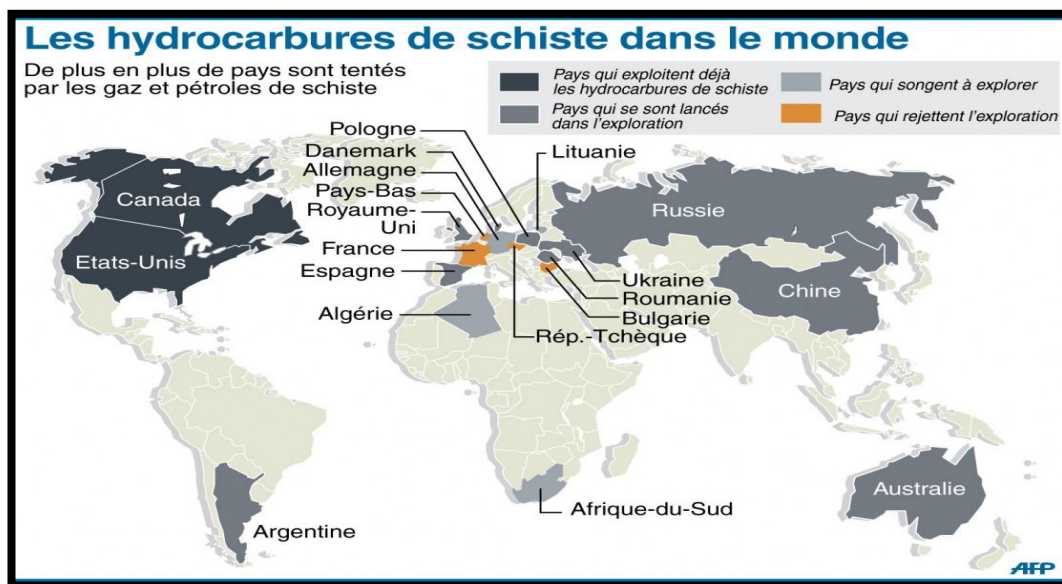


Figure 1.5 : Les hydrocarbures de schiste dans le monde. [1]

La figure ci-dessus montre que de plus en plus de pays sont tentés par le gaz et le pétrole de schiste. L'Algérie se trouve parmi les pays qui songent à exploiter cette ressource.

✓ Uranium

L'énergie nucléaire utilise la fission d'un combustible fissile, l'uranium, dont le minéral radioactif est contenu dans le sous-sol de la Terre.

Elle permet de produire de l'électricité, dans les centrales thermiques nucléaires, appelées centrales électronucléaires, grâce à la chaleur dégagée par la fission d'atomes d'uranium.

L'uranium est une ressource abondante et bien répartie sur l'ensemble de la planète :

- 44 % des réserves se trouvent dans les pays de l'OCDE, dont l'Australie est le premier producteur.
- 22 % dans les BRICS (Brésil, Russie, Inde, Chine et Afrique du Sud).
- 34 % dans le reste du monde.
- L'Afrique (Niger, Namibie) représente 13 % des réserves d'uranium identifiées.

Les mines fournissent la part la plus importante de l'offre en uranium, soit 58 816 tonnes. De nouveaux gisements non encore découverts pourraient voir le jour. En 2011 la quantité mondiale disponible a été estimée à 5903 milliers de tonnes, avec la contribution de l'Australie avec 29% de la quantité globale, Kazakhstan avec 12% et 9 % pour la Russie.

▪ Production

Le tableau suivant montre la production des énergies fossiles dans le monde et dans quelques pays en 2015. Tel qu'on remarque que les Etats unies sont les premiers producteurs de pétrole et de gaz naturel. Alors que la Chine se trouve comme le leader dans la production du charbon, soit 1827 Mtep.

Tableau 1.2 : Production des énergies fossiles pour l'année 2015. [1]

Pays	Production pétrole (milliers de baril/jour)	Production gaz naturel (Mtep)	Production charbon (Mtep)
Iran	3920 (4.2%)	192.5 (5.4%)	
Etats unies	12704 (13.9%)	767.3 (22%)	455.2 (11.9%)
Russie	10980 (12.4%)	573.3 (16.7%)	184.5 (4.8%)
Chine	4309 (4.9%)	138 (3.9%)	1827 (47.7%)
Arabie saoudite	12014 (13.1%)	106.4 (3%)	
Monde	91670 (100%)	3538.6 (100%)	3830.1 (100%)

✓ Le pétrole

- Avec des réserves prouvées de 55 milliards de barils, **les États-Unis** est le plus grand pays producteur de pétrole. Sa production journalière est d'environ 12,7 millions de barils, soit 13,9 % de la production mondiale.
- **l'Arabie Saoudite** atteint la 2^{ème} place du classement avec une production journalière d'environ 12,01 millions de barils. Le pays représente près de 13,1 % de la production mondiale.
- **La Russie** représente à elle seule 12.4% de la production pétrolière mondiale.
- **La Chine**, non seulement le pays le plus peuplé du monde, mais également le 4e plus grand producteur mondial de pétrole. Sa production journalière s'étend à environ 4,3 millions de barils.
- **L'Iran** : atteint la 6^{ème} position du classement en représentant environ 4,2% de la production mondiale de pétrole.
- **L'Algérie** vient en 18^{ème} place en représentant 1.1 % de la production mondiale et c'est le 3^{ème} pays en Afrique après le Nigeria et Angola.
- **Pour l'année 2017**, La production mondiale du pétrole est estimée à environ 89,7 millions de barils par jour, dont environ 33,2 sont produits par les pays producteurs de l'OPEP et 56,5 par les pays producteurs hors OPEP d'après les données de l'AIE. [1]

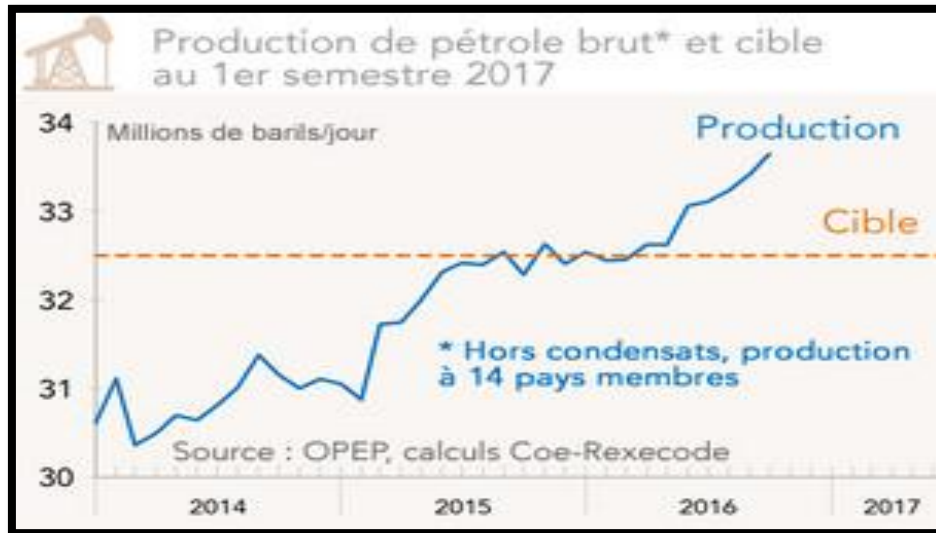


Figure 1.6 : Production mondiale de pétrole. [1]

✓ Le charbon

La production de charbon ne cesse d'augmenter et représente 39 % de l'énergie produite dans le monde, soit 250 000 kilos de charbon chaque seconde, soit près de 7,9 milliards de tonnes de charbon par an. Le charbon assure 40 % de la production mondiale d'électricité, taux bien supérieur en Chine (80 %) et en Inde (68 %).

✓ Le gaz naturel

Les États-Unis, grâce au développement des gaz de schiste, sont les premiers producteurs de gaz naturel, fournissant 22 % de la production mondiale.

On 2014, la production mondiale de gaz naturel est estimée à 9,5 millions de m³/jour. Soit 2848 Mtep, 21,3 % de la production totale d'énergie. [2]

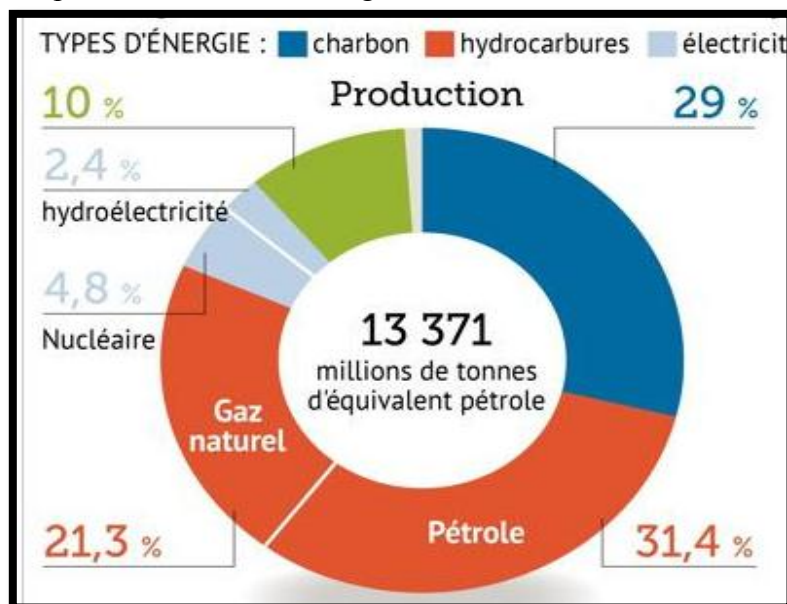


Figure 1.7 : Bilan énergétique mondial, AIE 2014

En 2015, la production de gaz naturel a atteint 3539 Mtep, une augmentation de 19% par rapport à l'année 2014.

✓ Nucléaire

L'énergie nucléaire sert principalement de nos jours à la production d'électricité. Elle est également utilisée dans des domaines divers : le médical, l'agro-alimentaire, le spatial...

D'après l'AIE, le nucléaire couvre aujourd'hui plus de 13% des besoins mondiaux en énergie primaire.

L'énergie nucléaire contribue à hauteur de 14 % à la satisfaction de la demande mondiale en électricité. Elle revient actuellement sur le devant de la scène et d'ici à 2030, la demande en uranium devrait afficher une augmentation comprise entre 40 % et 80 %.

La consommation mondiale de pétrole est estimée à 96,1 millions de barils par jour en 2016, alors qu'elle a marqué une augmentation de 1,3 Mb/j cette année, soit 97,4 millions de barils en 2017. La consommation énergétique mondiale a connu une croissance rapide, satisfaite essentiellement par le recours aux énergies fossiles. Historiquement, la demande énergétique mondiale a connu une croissance soutenue sur les 40 dernières années, passant de près de 5000 Mtep en 1970 à 12 000 Mtep en 2010. Elle a été multipliée par plus de 2,4 en 40 ans, ce qui correspond à un rythme de croissance annuelle moyen de l'ordre de 2,24 %. Cette tendance, si elle devait se prolonger sur les 40 prochaines années, conduirait à plus que doubler la demande énergétique mondiale à l'horizon 2050 par rapport au niveau de 2010.

La croissance économique mondiale résulte désormais très largement de celles des pays émergents : par exemple, selon l'AIE, les pays hors OCDE seraient à l'origine de 90 % de la croissance démographique, de 70 % de la croissance économique mondiale et de 90 % de la croissance de la demande d'énergie d'ici 2035. La Chine est devenue un acteur majeur sur les marchés énergétiques, sa part dans la consommation d'énergie primaire mondiale ayant dépassé les 20 %, devenant ainsi en 2010 le plus gros consommateur d'énergie mondial, devant les États-Unis (19 %). En 2035, sa consommation pourrait être, toujours selon l'AIE, supérieure de près de 70 % à celle des États-Unis ! Son mix énergétique actuel repose pour plus des deux tiers sur l'utilisation du charbon, ce qui correspond à près de 50 % de la consommation mondiale de charbon. [4]

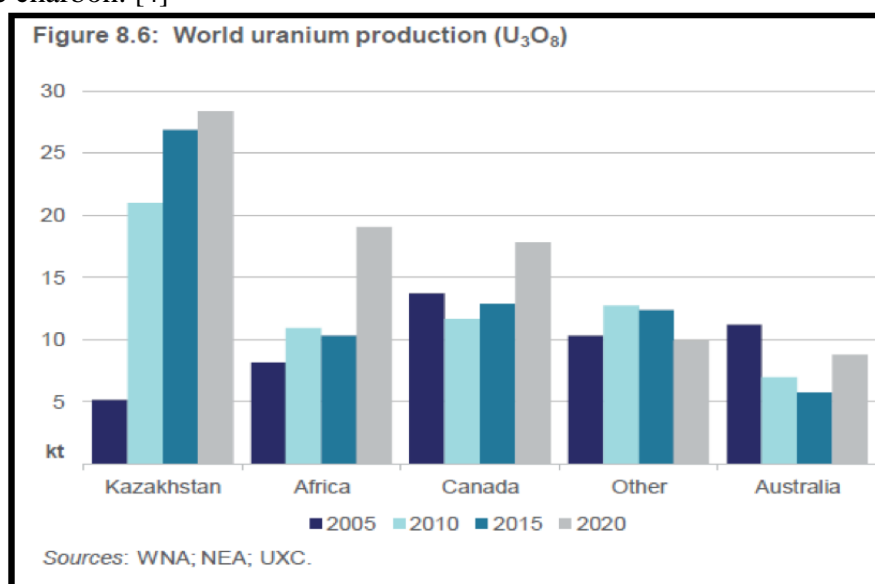


Figure 1.8 : Production mondiale d'Uranium d'après WNA, NEA

La figure sur la page précédente montre que Kazakhstan est le premier producteur de l'Uranium, avec plus de 28 Kt. On remarque que pour l'Afrique et le Canada, la production de cette ressource fissile sera d'autant plus importante d'ici 2020. Dont elle pourra atteindre les 20 Kt en Afrique en 2020.

▪ Consommation d'énergies fossiles

Tableau 1.3 : Consommation en fossiles pour l'année 2015. [1]

Pays	Consommation en pétrole (milliers de baril/jour)	Consommation en gaz naturel (Mtep)	Consommation en charbon (Mtep)
Iran	1947 (2.1%)	191.2 (5.5%)	
Etats unis	19497 (19.7%)	778 (22.8%)	396.3 (10.3%)
Russie	3113 (3.3%)	391.5 (11.2%)	88.7 (2.3%)
Chine	11968 (12.9%)	197.3 (5.7%)	1920.4 (50%)
Arabie saoudite	3895 (3.9%)	106.4 (3.1%)	
Allemagne	2338 (2.5%)	74.6 (2.1%)	78.3 (2%)
Inde	4159 (4.5%)	50.6 (1.5%)	407.2 (10.6%)
France	1606 (1.8%)	39.1 (1.1%)	
Monde	95008 (100%)	3468.6 (100%)	3839.9 (100%)

1.2.1.2. Energies renouvelables

Comme les énergies fossiles sont sur le déclin, et du fait qu'elles menacent ainsi l'avenir de la vie sur terre, il est nécessaire de trouver des énergies capables de les remplacer. Les énergies renouvelables proviennent de ressources que la nature renouvelle sans cesse. Elles sont inépuisables à notre échelle par opposition aux énergies fossiles et fissiles non renouvelables dont les stocks s'épuisent. Leur exploitation engendre peu de déchets et d'émissions polluantes mais leur pouvoir énergétique est plus faible que celui des énergies non renouvelables du fait de l'intermittence. Elles proviennent de deux grandes sources naturelles : le Soleil (à l'origine du cycle de l'eau, des marées, du vent et de la croissance des végétaux) et la Terre (qui dégage de la chaleur).

✓ L'énergie hydraulique

La force de l'eau des chutes retenue par des barrages ou celle qui alimente les aménagements "au fil de l'eau" fait tourner les turbines des centrales pour produire de l'électricité. Les pays industrialisés et en voie de développement intensifient l'exploitation de leurs précieuses ressources en eau en tant que source d'énergie renouvelable. C'est ce que montre une étude du Worldwatch Institute « La consommation hydroélectrique mondiale a augmenté de plus de 5 % entre 2009 et 2010.

Fin 2010, elle atteignait un pic historique de 3 427 TWh, c'est près de 16,1 % de la consommation mondiale d'électricité, (21.000 TWh) poursuivant ainsi l'accélération observée depuis 2003.

Avec 16% de la production électrique mondiale, l'hydroélectricité constitue la troisième source de production électrique mondiale, derrière le charbon (41%) et le gaz (21%). Environ 3400TWh (soit 3400 milliards de KWh) d'électricité sont produits annuellement dans le monde à partir de l'énergie hydraulique. L'hydroélectricité représente 20% des capacités électriques mondiales avec 1 007 000 MW. C'est la Chine qui détient la plus grande capacité installée (220 GW) à ce jour, juste devant le Brésil, les Etats Unis, le Canada, l'Inde et la Russie. [2]

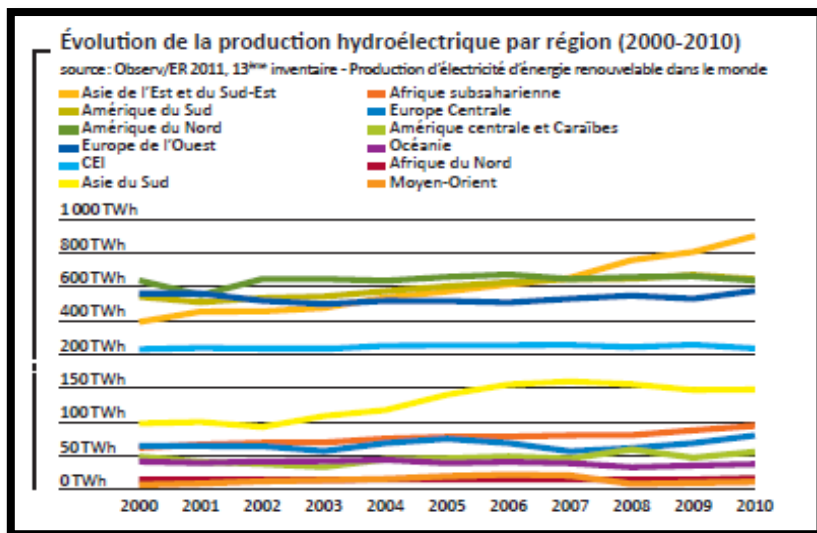


Figure 1.9 : Evolution de la production hydroélectrique. [1]

La production hydroélectrique est en croissance dans le monde, cette croissance est particulièrement importante en Amérique du sud ainsi qu'en Asie qui est le premier producteur d'hydroélectricité avec plus de 26 % de la production mondiale.

✓ L'énergie éolienne

La force du vent fait tourner des éoliennes qui produisent de l'électricité. Le parc mondial d'énergie éolienne s'élève à 433 GW fin 2015, contre 370 en 2014, enregistrant une croissance de 17%.

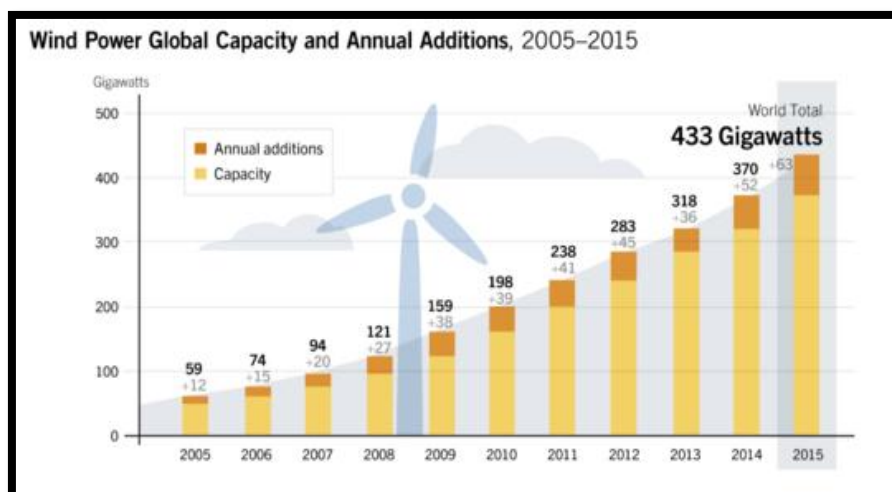


Figure 1.10 : Capacité annuelle installée en énergie éolienne. [1]

Le marché mondial est tiré par l'Asie : la Chine a installé près de 30 500 MW, soit la moitié de la progression mondiale. Son parc, qui a progressé de plus de 22% en un an, s'élève fin 2015 à 145 104 MW, celui de l'Inde à 25088 MW, avec 2623 installés en 2015.

Aux Etats-Unis, 8 600 MW ont été raccordés en 2015, le parc compte désormais 74 500 MW. En Amérique du Sud, la dynamique du marché repose sur le Brésil qui a vu son parc augmenter de 2 754 MW en un an et représente aujourd'hui un total de 8 715 MW, contre 5 962 MW fin 2014.

✓ L'énergie solaire

Les rayons du soleil chauffent l'eau grâce à des capteurs solaires ou fournissent de l'électricité grâce à des cellules photovoltaïques ou des centrales solaires.

L'énergie solaire photovoltaïque occupe une place importante dans la production électrique de certains pays, du fait de la baisse rapide de son coût, d'où la compétitivité de l'électricité photovoltaïque non subventionnée par rapport aux carburants fossiles.

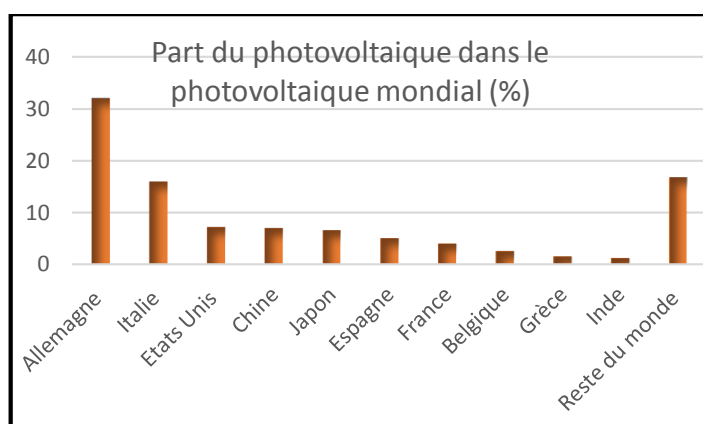


Figure 1.11 : Part du photovoltaïque. [1]

Tableau 1.4 : Puissance solaire thermique installée. [1]

pays	Puissances solaires thermiques installées (GWh)	% du parc mondial
Union Européenne		
Allemagne	10.7	39
France	1.5	5.5
Espagne	1.9	6.95
Italie	2.1	7.7
Grèce	2.9	10.6
Autriche	3.3	12
reste de l'UE	5	18.25
Total UE	27.4	11.75
Chine	152	65.2
Etats unis	15.7	6.7
Turquie	10.2	4.4
Brésil	5	2.2
Australie	4.6	2
Inde	3.3	1.4
Japon	3.3	1.4

L'énergie solaire occupe 0.7% des énergies renouvelables qui elles même occupent 19 % de l'énergie finale totale. Cette énergie solaire se partage en thermique à 70,7 % et photovoltaïque à 28.6 %.

✓ La biomasse

La biomasse est de la matière issue du vivant. Elle est définie par l'Union européenne comme « la fraction biodégradable des produits, déchets et résidus provenant de l'agriculture (comprenant les substances végétales et animales), ainsi que la fraction biodégradable des déchets industriels et municipaux ». Sa combustion permet de produire de l'électricité.

La biomasse est une énergie renouvelable, 2500 tonnes de déchets organiques renferment autant d'énergie que 200000 litres de Diesel. (170 tonnes de Diesel) Mais le principal inconvénient réside dans le dégagement, lors de la combustion du bois dans des installations non normalisées, de microparticules et d'oxyde d'azote.

La feuille de route, conçue par l'Agence Internationale de l'Energie Renouvelable (IRENA), donne un rôle crucial pour les technologies biomasses dans l'objectif visant à doubler la part des énergies renouvelables dans le mix énergétique mondial. Si toutes les options technologiques envisagées dans l'analyse sont déployées, la demande de la biomasse totale pourrait atteindre 108 Exajoules (ou 30.000.000 GWh) à travers le monde d'ici 2030, ce qui représente 60 % de la consommation totale d'énergie renouvelable mondiale.

Le nouveau rapport de l'IRENA montre que près de 40 % du potentiel total mondial d'approvisionnement en biomasse proviendrait de résidus agricoles et des déchets, avec un autre 30 % provenant des produits forestiers durables. Cette catégorie biomasse n'entrent pas en concurrence avec les ressources qui sont nécessaires à la production alimentaire telles que la terre et l'eau, et peuvent apporter une contribution significative à la réduction globale des émissions de CO₂ sur la voie des 450 ppm, d'ici à 2100, la hausse de la température mondiale à 2°C au-dessus des niveaux préindustriels.

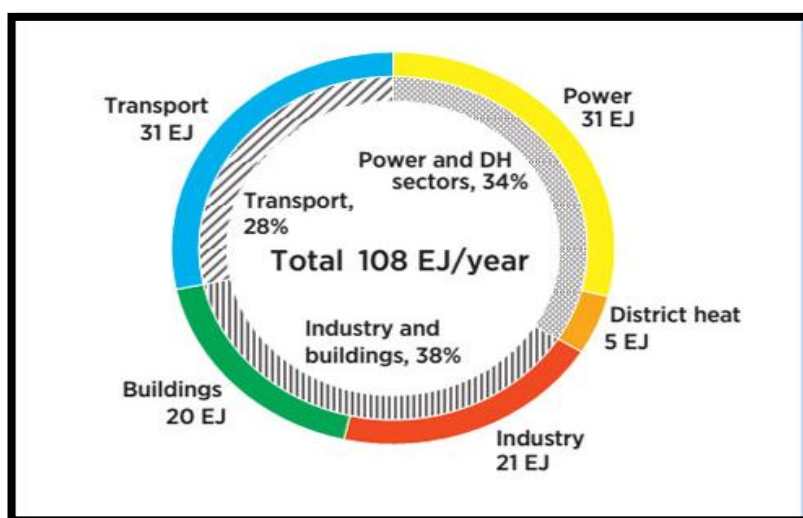
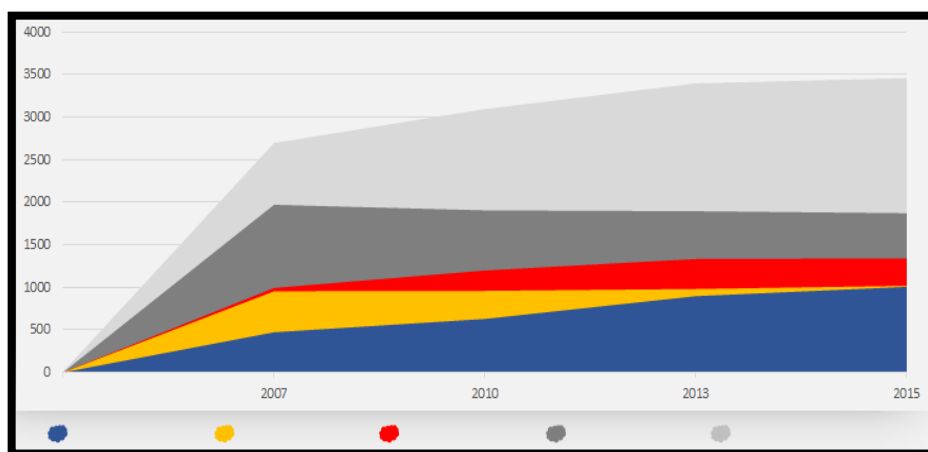


Figure 1.12 : Répartition de la demande mondiale en biomasse par secteur à l'horizon 2030, IRENA 2015

✓ La géothermie

La géothermie de moyenne et haute énergie permet de capter, dans le sous-sol terrestre, des eaux et de la vapeur d'eau très chaude qui seront utilisées pour tourner des turbines dans des centrales spécifiques afin de produire de l'électricité. Les ressources mondiales en géothermie haute température utilisées pour la production d'électricité se concentrent dans un nombre limité de pays situés autour des zones volcaniques actives du globe. Elles sont surtout localisées en Asie, dans les îles du Pacifique en Afrique de l'Est, des Grands Lacs en Amérique du Nord, dans les Pays Andins de l'Amérique du Sud, en Amérique Centrale et aux Caraïbes.

Sur la figure ci-dessous sont représentés les 5 plus grands pays producteur de l'électricité géothermique.



Nouvelle Zélande Mexique Indonésie Philippines USA

Figure 1.13 : La production d'électricité géothermique (MW)

On dénombre aujourd'hui un peu plus de 350 installations géothermiques de production d'électricité dans le monde. La puissance totale de ces centrales totalise 12,8 GW en 2015 avec au premier rang les États-Unis qui représente 28 % de la production mondiale, soit 3 187 MW de puissance installée répartie en 77 centrales, elle est suivie par le Philippines avec 1870 MW et l'Indonésie avec 1340 MW. L'Inde a annoncé un projet de développement de la première centrale géothermique à Chhattisgarh.

1.2.2. L'Électricité comme énergie secondaire

L'énergie électrique est le moteur de l'industrie et du développement technologique dans le monde. Elle est considérée comme une énergie secondaire obtenue par la transformation d'une énergie primaire au moyen d'un système de conversion de plus en plus performant. Dans les centrales thermiques la conversion est de l'ordre de 40 %. Avec la récupération de chaleur, on peut atteindre 80 % de rendement.

1.2.2.1. Production et consommation d'électricité dans le monde

Le tableau ci-dessous présente la production et la consommation dans dix pays du monde pour les années 2000 et 2014 ainsi que la consommation par habitant.

Tableau 1.5 : Production et consommation de l'électricité dans le monde. [1]

Pays	Production 10 ⁻⁹ (KWh)		Consommation (10 ⁻⁹) KWh		Population	Consommation (KWh/habitant)
	2000	2014	2000	2014		
Chine	1355,6	5649,6	1138	4833	1355692576	3564,97
USA	3990,5	4297,3	3590	3830	318892103	12010,33
Inde	554,7	1208,4	375	998	1236344631	807,22
Russie	877,8	1064,1	693	873	142470272	6127,59
Japon	1057,9	1061,2	958	903	127103388	7104,45
Canada	599,2	615,4	503	538	34834841	15444,31
Allemagne	576,6	614,0	501	516	80996685	6370,63
Brésil	348,9	582,6	329	524	202656788	2585,65
France	540,8	555,7	410	430	66259012	6489,68
Total général	15409,0	23536,5		19336,52	7161675908	
Moyenne mondiale	-	-	-	100.19	-	2700

D'après le tableau 1.5, nous observons une augmentation de la consommation en 2014 par rapport à l'année 2000, notamment pour la Chine (23,19%), l'Inde (11,8%) et le Brésil (4,23%). Pour le reste du monde, la variation reste faible. Le Brésil se situe dans la moyenne mondiale (consommation/hab). L'Algérie avec 50TWh est à 1250 kWh/hab/an.

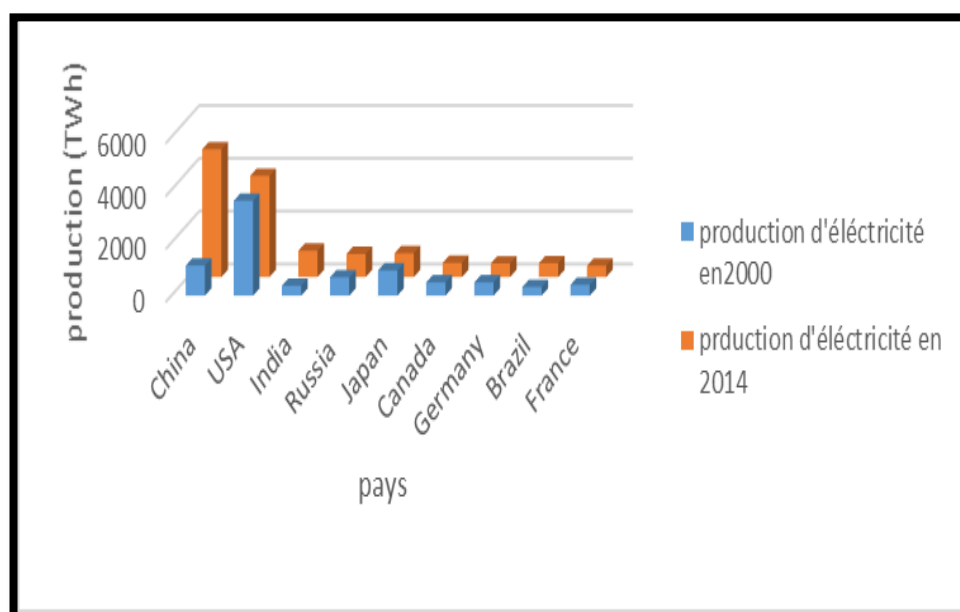


Figure 1.14 : Production de l'électricité dans les dix premiers pays dans le monde en 2000 et en 2014

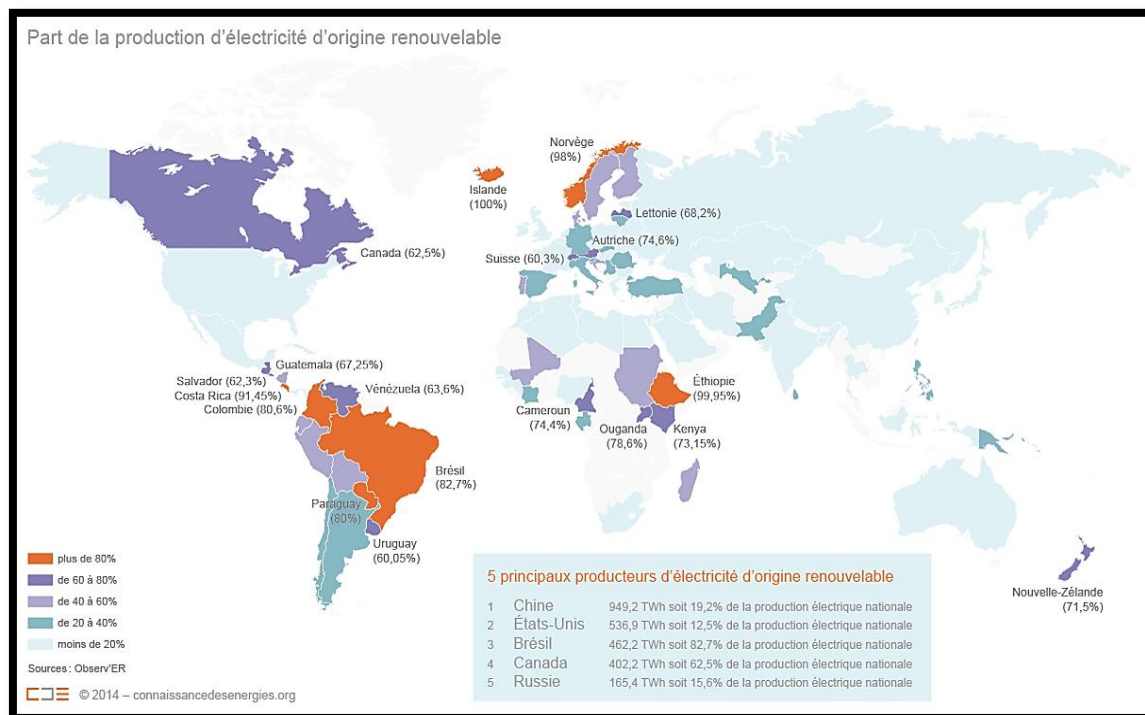


Figure 1.15 : Production d'électricité d'origine renouvelable

Source : BP Statistical Review 2016

Une partie de l'électricité est de plus en plus d'origine renouvelable ; Les sources renouvelables représentent **22.8%** de la production d'électricité, dont 16.6% en hydroélectricité, 3.1% en énergie éolienne, 1.8% de bioénergie, 0.9% en énergie solaire photovoltaïque et 0.4% en énergie géothermique, héliothermique à concentration et des océans.

1.2.2.2. Evolution de la production d'électricité d'origine renouvelable dans le monde

De 2005 à 2015 la production électrique annuelle mondiale s'est accrue de 31% pour atteindre 24 098 TWh en 2015. (Une consommation de 21.000 TWh). Par rapport à 2005, les 5740 TWh supplémentaires viennent majoritairement des combustibles fossiles (+ 3663 TWh), puis des renouvelables (+ 2 268 TWh). Le nucléaire est la seule source d'électricité dont la production annuelle a décliné entre 2005 et 2015 (- 191 TWh).

La part du nucléaire dans la production électrique était de 17,6% en 1996, elle n'est plus que de 10,7 % en 2015. Sur 10 ans, la croissance moyenne annuelle de la production électrique est de 2,8% par an, mais elle est seulement de 0,9% entre 2014 et 2015.

La production éolienne bondit d'un facteur 8,06 (toujours sur 10 ans) pour atteindre 841 TWh en 2015. Croissance moyenne annuelle de 23,2%.

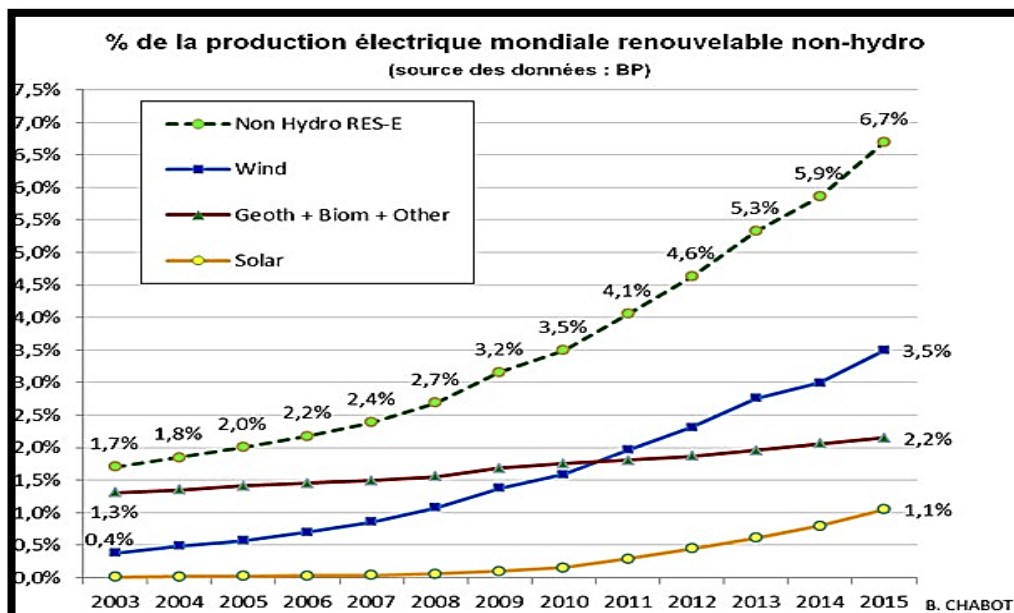


Figure 1.16 : Production d'électricité d'origine renouvelable

Source : BP Statistical Review 2016

La production électrique solaire (principalement photovoltaïque) est multipliée par 64 entre 2005 et 2015, une croissance moyenne explosive de 51,6% par an pour atteindre 253 TWh en 2015. Historiquement, jusqu'aujourd'hui, les combustibles fossiles n'ont jamais produit moins des 2/3 de l'électricité mondiale.

1.2.2.3. Production d'électricité à partir du nucléaire

En 2014, la France est classée la première dans la production d'électricité à partir du nucléaire. Avec environ 77% de la production globale. Suivi de la Slovaquie avec plus de 56 %.

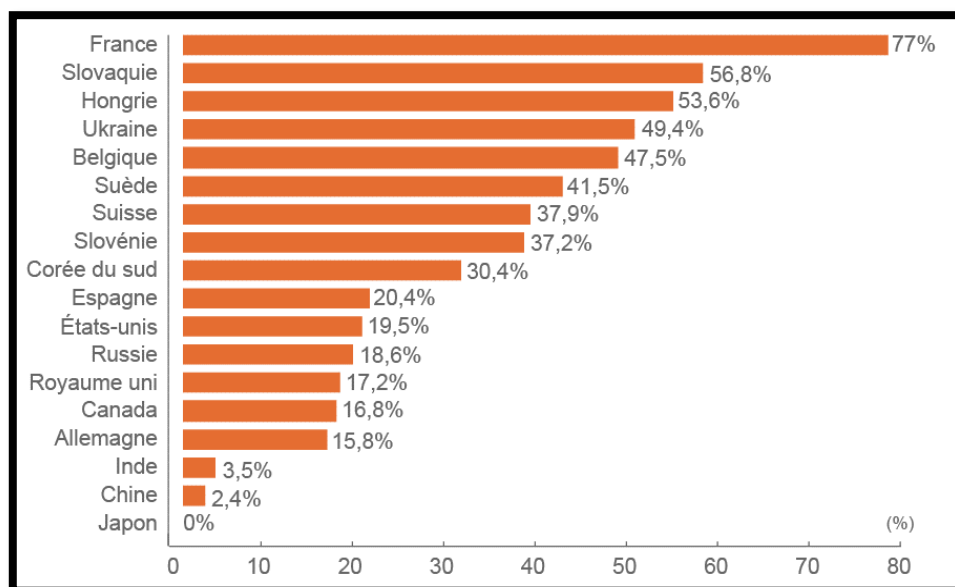


Figure 1.17 : Part du nucléaire dans la production mondiale d'électricité

Source : BP Statistical Review

1.2.2.4. Contribution de chaque source dans la production d'électricité

En 2015, la production d'électricité à partir des énergies fossiles est estimée à environ 15962 TWh, soit 66,2 % de la production totale. La part d'hydroélectricité est estimée à plus de 16 %, celle de nucléaire a atténué 10,7 % la production totale.

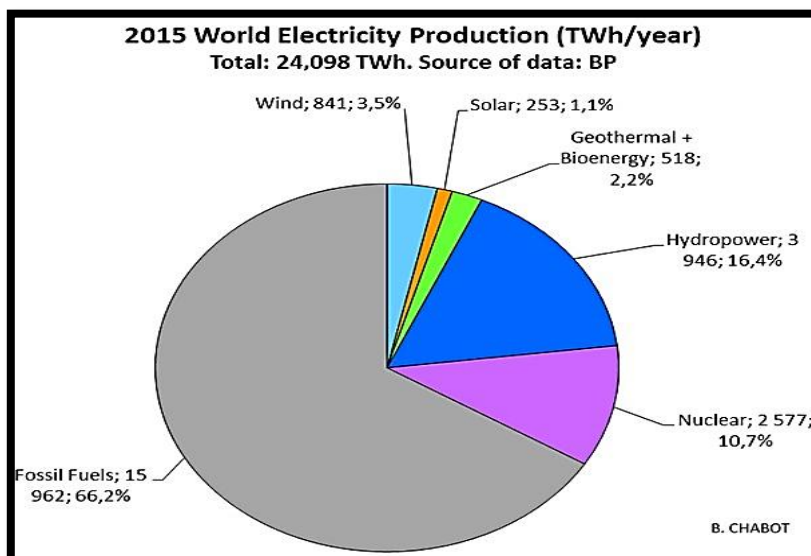


Figure 1.18 : Contribution de chaque source dans la production d'électricité

Source : BP Statistical Review 2016

1.3. Perspectives à l'horizon 2030

1.3.1. La consommation énergétique

Du fait de la prise de conscience mondiale de la nécessité d'arrêter graduellement le recours aux énergies fossiles, pour déclencher graduellement au développement durable respectueux de l'environnement et qui pourrait freiner les changements climatiques.

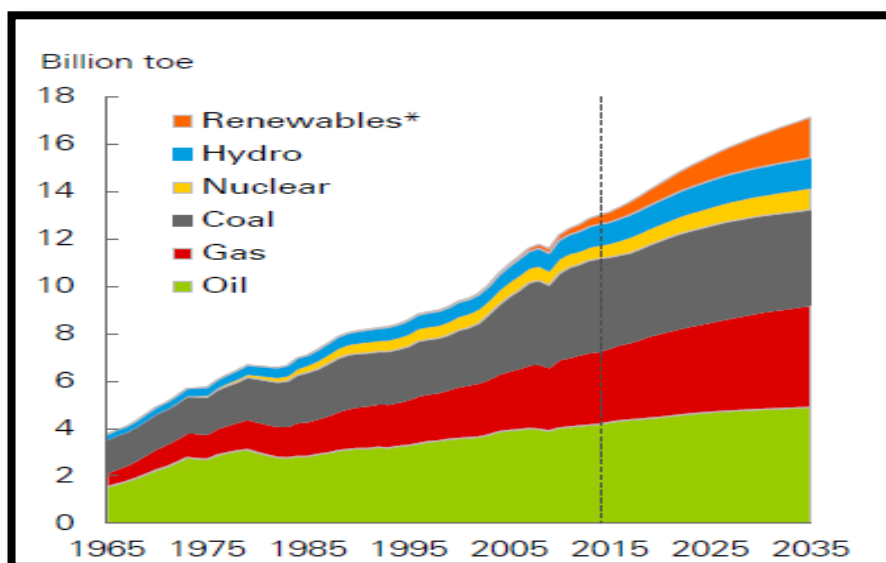


Figure 1.19 : Consommation mondiale d'énergie et perspectives. [1]

La transition énergétique devrait se poursuivre avec les énergies renouvelables, ainsi que le nucléaire et l'hydroélectrique, qui devraient représenter la moitié de la croissance de l'approvisionnement énergétique au cours des 20 prochaines années.

Cependant il ne faut pas se faire d'illusion le pétrole, le gaz et le charbon resteront encore les principales sources d'énergie qui alimentent l'économie mondiale, représentant plus des trois quarts de l'énergie totale fournie en 2035 (Contre 85 % en 2015).

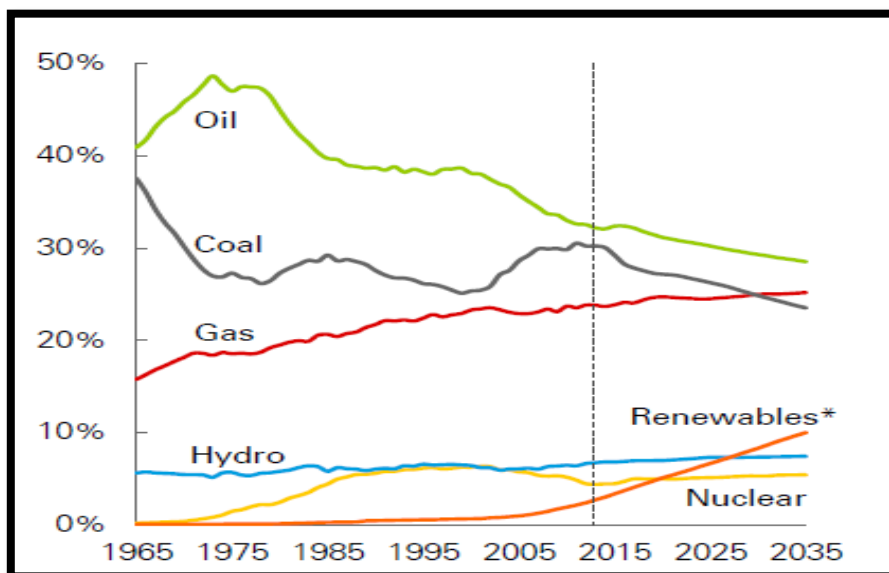


Figure 1.20 : Demande énergétique mondiale et perspectives. [1]

- Le gaz est le carburant qui augmente le plus rapidement 1,6% sa part dans l'énergie primaire dépasse celle du charbon et représente ainsi la deuxième source de carburant en 2035.
- Le pétrole va continuer de croître 0,7%, bien que son rythme de croissance doive ralentir progressivement.
- La croissance du charbon devrait diminuer fortement : 0,2% Comparé à 2,7% Au cours des 20 dernières années.
- L'énergie renouvelable est la source d'énergie qui croît plus rapidement (7,1%), sa part dans l'énergie primaire augmentera à 10% d'ici à 2035, contre 3% en 2015.

1.3.2. Les utilisations des énergies fossiles

Sous l'impulsion de l'électricité verte, la croissance de l'utilisation de l'énergie fossile dans les bâtiments ralentit (1,5%). L'amélioration de l'efficacité énergétique va aussi contribuer à diminuer la consommation. La consommation dans les transports diminue également (1,2%) car les gains d'économie de carburant s'accroissent. En revanche, la part des énergies non fossiles (électricité renouvelable, biocarburants) devient relativement plus forte (augmentation de 2,1%).

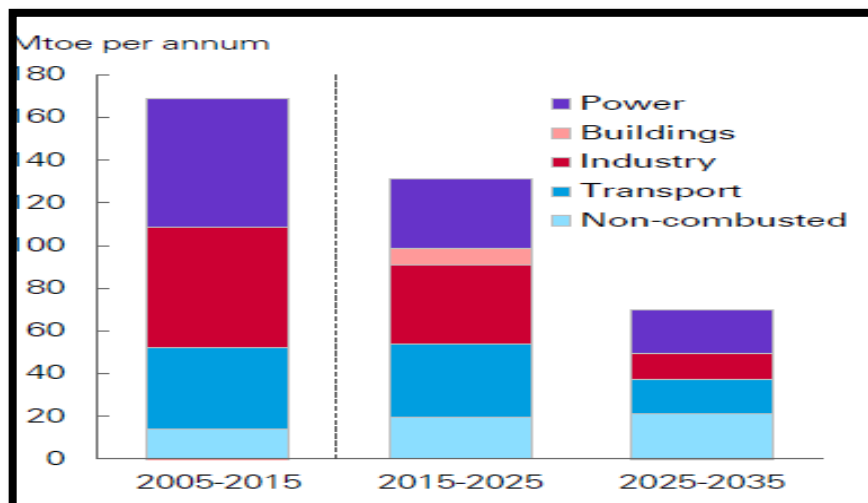


Figure 1.21 : La demande des combustibles fossiles par secteur. [1]

La croissance de la demande mondiale en charbon ralentit fortement par rapport au passé (0,2% contre 2,7% au cours des 20 dernières années). La consommation mondiale de charbon atteint son sommet au milieu des années 2020.

Une grande partie de ce ralentissement est entraîné par la Chine qui compte adapter un modèle plus durable, plus propre. Elle a arrêté la production de près de 800 millions de tonnes qu'elle a remplacé par une production d'électricité renouvelable (Solaire, éolien, hydraulique)

La consommation de charbon dans l'OCDE diminue de plus de 40%, car la part du charbon dans le secteur de l'électricité est bannie par les énergies renouvelables essentiellement et faiblement par le gaz naturel.

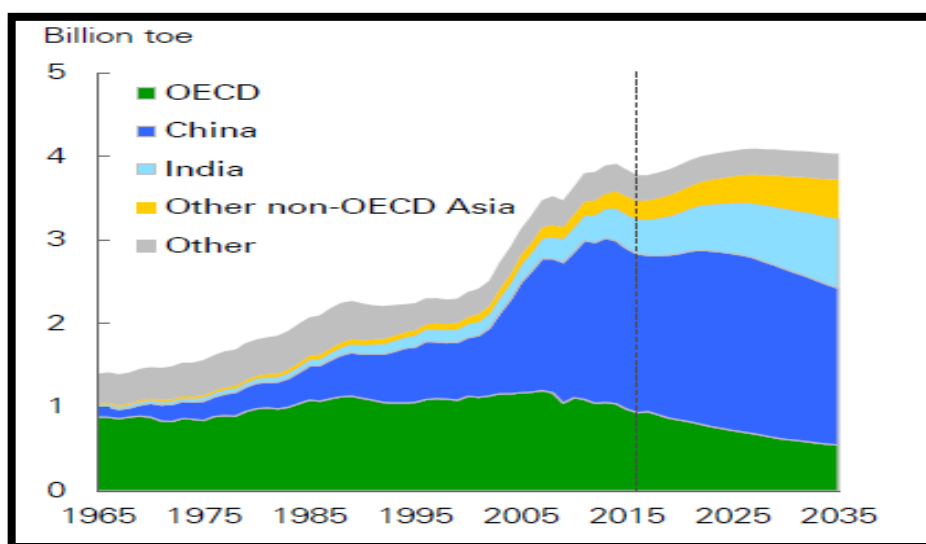


Figure 1.22 : Consommation en charbon par région. [1]

La demande en gaz naturel croit plus rapidement que le pétrole et le charbon, à savoir une augmentation de 1,6 % de 2015 à 2035. Par secteur, la contribution la plus importante dans la consommation est celle du secteur industriel 45 % suivie de l'électricité (36 %).

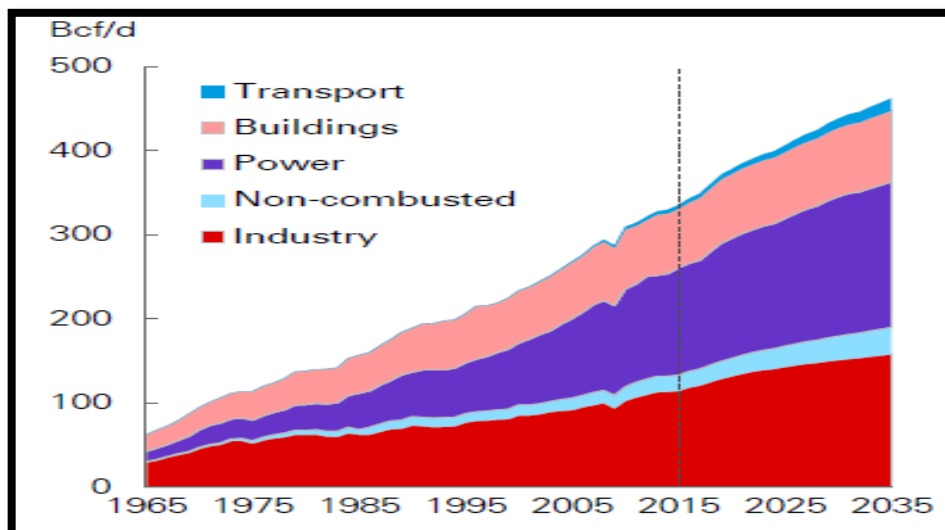


Figure 1.23 : Consommation en gaz naturel par secteur. [1]

1.3.3. La part des énergies renouvelables

Selon les perspectives, on prévoit que les sources d'énergie renouvelables vont croître de façon très rapide qui sera d'environ 7,6%.

- Les énergies renouvelables vont compter 40% de la croissance de la production d'électricité, et passent de 7% en 2015 à près de 20% d'ici 2035.
- Selon l'Union Européenne, la part des énergies renouvelables dans le secteur de l'électricité de l'UE double d'après les perspectives pour atteindre près de 40% d'ici à 2035. Cependant, la Chine est la plus grande source de croissance au cours des 20 prochaines années. La forte croissance des énergies renouvelables est soutenue par la compétitivité de l'énergie solaire et éolienne qui s'améliore significativement d'après les perspectives. [5]

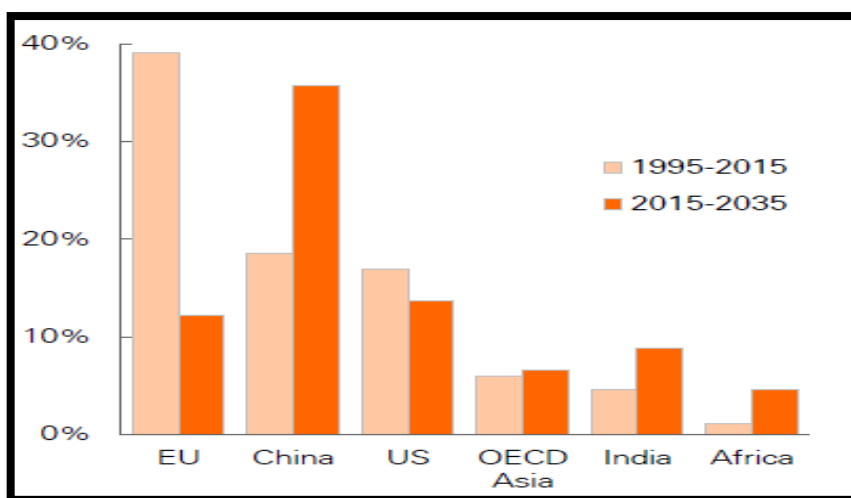


Figure 1.24 : Part des énergies renouvelables dans le monde et Prévisions. [1]

1.3.4. La part de l'électricité

Dans son nouveau rapport, l'AIE envisage une hausse de 42% des capacités électriques renouvelables installées dans le monde d'ici à 2021, soit une augmentation de 825 GW sur cette période.

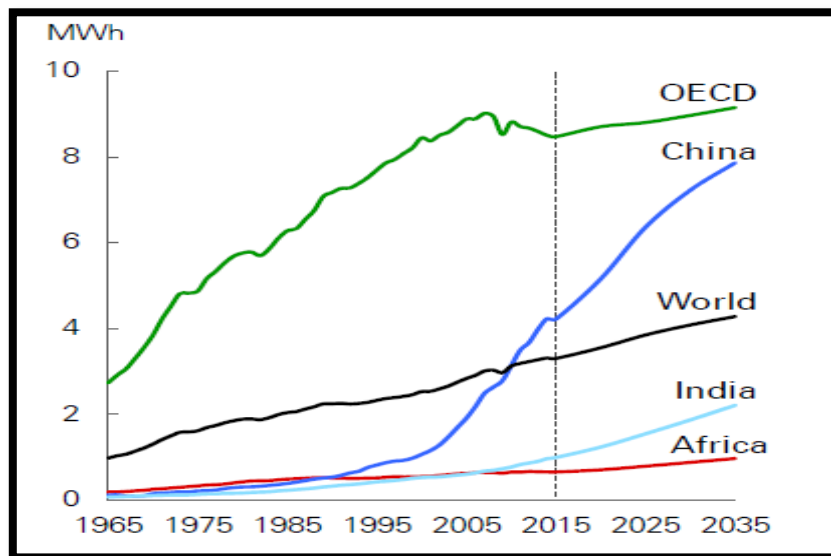


Figure 1.25 : Consommation électrique par région jusqu'à l'année 2035. [1]

Près des trois quarts de ces nouvelles capacités pourraient, selon les projections de l'AIE, provenir de l'installation d'éoliennes terrestres et de panneaux photovoltaïques. Concrètement, cela impliquerait d'installer 2,5 éoliennes et près de 30 000 panneaux solaires par heure dans le monde au cours des 5 prochaines années. [6]

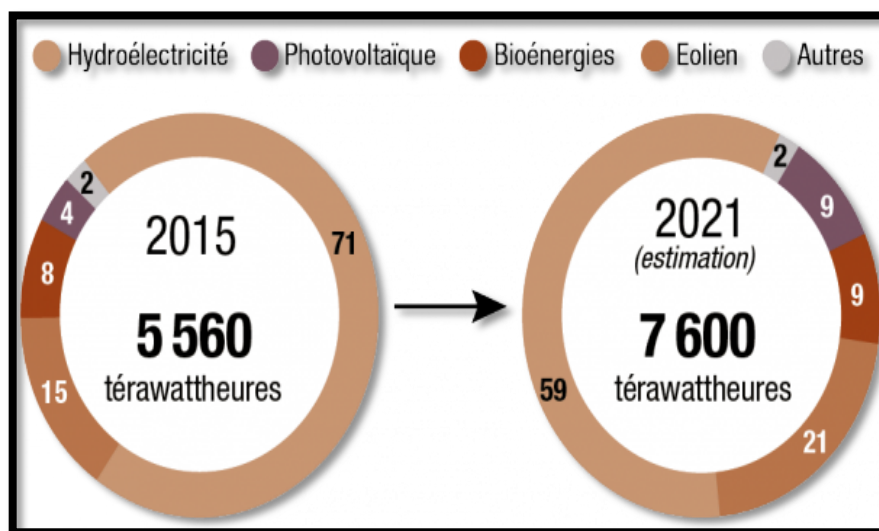


Figure 1.26 : Production mondiale d'électricité d'origine renouvelable, AIE 2016

1.4. Mix énergétique dans certains pays à l'horizon 2030 – 2050

Le mix énergétique mondial actuel est basé sur les énergies fossiles exigera 20600 GW en 2050 pour son approvisionnement contre 12100 en 2012. Le scénario 100 % renouvelable avec les performances de diminution de l'intensité énergétique exigeront, un scénario de 11800 GW en 2050, soit une moindre consommation énergétique mondiale de 42 %. Plusieurs pays dans le monde visant une transition énergétique élaborent des scénarios basés sur les énergies renouvelables à différents pourcentages à l'horizon 2030 – 2050.

1.4.1. L'Allemagne

L'Allemagne s'est désengagée du nucléaire après la catastrophe de Fukushima. Elle envisage désormais de devenir d'ici à 2050, le premier pays du G20 à être alimenté entièrement en énergie verte. Le pays produit actuellement 16 % de son électricité à partir de sources renouvelables et selon Jochen Flasbarth, le président de l'Agence Fédérale allemande de l'Environnement, « un basculement complet demeure possible tant du point de vue technique qu'environnemental ».

Les objectifs jugés réalistes se basent sur la technologie éolienne en vigueur. L'Allemagne qui est également un des leaders mondiaux dans le photovoltaïque espère ajouter plus de 5 000 MW de capacité en 2016 afin de développer au total 14.000 MW de puissance solaire. Le gouvernement a aussi fixé des objectifs pour réduire les émissions de gaz à effet de serre de l'ordre d'environ 80 à 85 % au cours des 4 prochaines décennies. Un basculement complet vers les énergies renouvelables signifierait également que le pays serait capable de réduire jusqu'à 40 % de ses émissions qui proviennent essentiellement des centrales électriques au charbon.

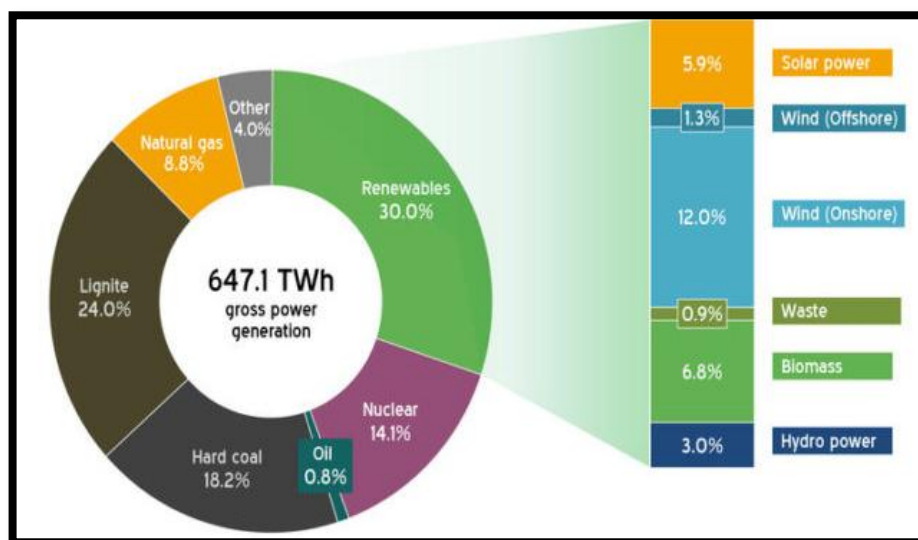


Figure 1.27 : Part de l'électricité renouvelable pour l'Allemagne, AIE 2016

1.4.2. La France

La France a misé pendant plus de 40 ans sur l'électricité nucléaire (75% du total de l'électricité), Elle n'a pas décidé de sortir du nucléaire si ce n'est partiellement (50% en 2030 ?)

Les ressources pour atteindre les 100% renouvelables selon L'université de Stanford. Le mix énergétique serait ainsi composé de 55% d'éolien offshore et terrestre, d'un peu plus de 35% de solaire sous toutes ses formes (y compris les centrales solaires à concentration), de 5,9% d'hydroélectricité et d'un complément en énergie marine qui serait inférieure de 36% à celle d'aujourd'hui du fait de l'absence de conversion. Les panneaux solaires occuperont 0,3% du territoire et les éoliennes 2,43%. Plus réellement d'ici 2020. Le tableau ci-dessous donne les cibles à atteindre.

Secteur renouvelable	Objectif 2020 en Mtep
Chaleur	19,6
Bois (chauffage domestique)	7,4 (9 millions d'appareils)
Bois et déchets (collectif/tertiaire/industrie)	9
Solaire thermique, PAC et géothermie	3,2
Electricité	12,65
Hydroélectricité	5,8
Biomasse	1,4
Eolien	5 25 000 MW (8 000 éoliennes)
Solaire photovoltaïque	0,45
Biocarburants	4
TOTAL	36,25 Mtep
Pourcentage de la consommation finale	23 %

Figure 1.28 : Capacité de renouvelable en France, EDF

En théorie la transition à 100 % renouvelable créera près de 700 000 emplois en 40 ans. Le pays économisera 200 milliards d'euros en frais de santé provoqués par la pollution de l'air avec près de 20000 morts évités chaque année. Quant au prix du kilowatt/heure, il sera à peine plus élevé (10,1 centimes) que si aucune transition n'a lieu (9,7 centimes).

1.4.3. Les Etats Unis

D'après l'étude faite par des chercheurs de l'Université de Stanford. Le plus gros consommateur du monde d'énergie par habitant pourrait parvenir à un objectif 100 % WWS (Wind, water, and sunlight) en 2050. En s'appuyant sur le mix suivant :

- 30,9 % d'éolien à terre et 19,1 % d'éolien en mer. 30,7 % de photovoltaïque avec des centrales de grande taille, 7,2 % de photovoltaïque résidentiel et autant de solaire thermodynamique avec stockage, le reliquat étant principalement assuré par l'hydroélectricité et la géothermie.

L'atteinte de cet objectif impliquerait pour chaque État une baisse de 40 % de sa demande, pour l'essentiel issue de gains d'efficacité en termes d'électrification.

L'étude estime qu'elle nécessiterait la création de 5,9 millions d'emplois, un volume supérieur aux 3,9 millions de jobs assurés par le secteur énergétique conventionnel. Cette recherche postule en outre que la réalisation de ce scénario permettrait 260 \$ par an d'économies sur la facture énergétique acquittée par chaque citoyen américain.

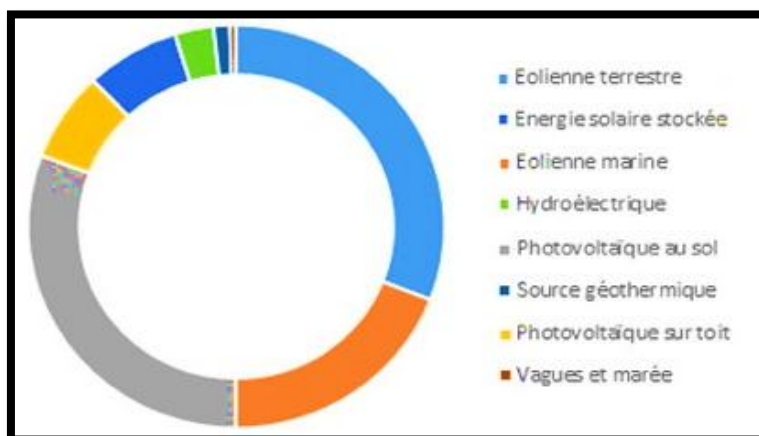


Figure 1.29 : Part des énergies renouvelables en 2050 pour les Etats-Unis, AIE

1.4.4. La Chine

Immense pays, Immense ambition, immense moyens. La Chine construit un réacteur nucléaire tous les six mois, une centrale à charbon par semaine Une éolienne de 2 MW toutes les deux heures. 50 MW de solaire par jour. Elle a décidé de sortir du charbon graduellement. Elle est actuellement leader du solaire et de l'éolien. Le plan d'investissement, qui couvre la période 2016 – 2020, prévoit d'investir 361 milliards de dollars dans l'électricité à base de renouvelables d'ici 2020, avec à la clé 13 millions de nouveaux emplois.

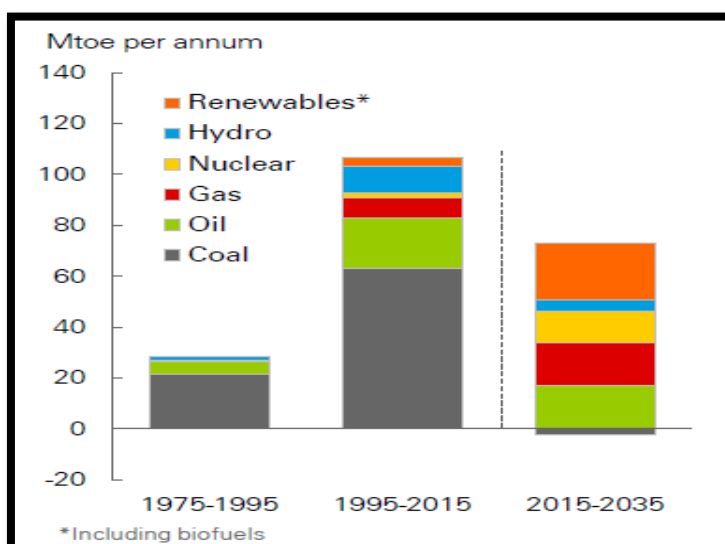


Figure1.30 : Part du renouvelable dans la demande énergétique en Chine. [1]

L'engagement du gouvernement porte surtout sur la réduction de la consommation de charbon, qui représente 64% du mix énergétique chinois. Ils prévoient de passer sous les 58% pour 2020. Le plan quinquennal prévoit d'arriver à 15% d'énergies non fossiles dans le mix énergétique d'ici trois ans. (2019) Dans ces 15% sont compter l'éolien (passage de 29 à 210 GW entre 2015 et 2020), le solaire (de 43 à 110 GW), mais surtout l'hydraulique.

Un barrage a une capacité de 140 % de la capacité électrique du parc algérien (24.000 MW) et le nucléaire. Plus d'une trentaine sont en exploitation et une dizaine de centrales seraient en construction. Le pays est devenu le premier producteur mondial d'énergie solaire en 2016. [7]

1.4.5. Le Danemark

Petit pays mais leader dans l'éolien offshore. Ce pays est en train de mettre en place de manière pragmatique un nouveau développement planifié du Smart Energy System « Ensemble de réseaux intelligents de chaleur, de froid, de gaz et d'électricité », élaboré par les chercheurs de l'Université d'Aalborg, pour assurer progressivement la pénétration massive et généralisée des énergies renouvelables dans les structures de production, distribution et stockage d'énergie du Danemark, et atteindre ses objectifs officiels :

- 50 % d'électricité éolienne, 40 % de réduction des émissions de CO₂ en 2020.
- Élimination totale des énergies fossiles dans la production de chaleur et d'électricité en 2035.
- 100 % d'énergie renouvelable en 2050.

1.4.6. Maroc

Avec des niveaux élevés d'ensoleillement. Le Maroc, qui a accueilli en novembre 2016 la conférence mondiale sur le climat (COP 22), a lancé en 2008 un ambitieux plan énergétique pour réduire sa dépendance aux énergies fossiles. Le point d'orgue de cette stratégie a été l'inauguration, en février dernier dans la région d'Ouarzazate, du projet Noor I, premier volet de ce qui sera la plus grande centrale solaire thermodynamique du monde. L'objectif est de porter en 2030 la part des sources renouvelables dans le mix énergétique national à 52% « 20% utilisant l'énergie solaire, 20% l'éolienne, 12% l'hydraulique ».

1.5. Evolution du marché pétrolier

Pendant longtemps, on disait qu'il faut des prix élevés pour que le renouvelable se développe. Il n'en est rien ! Le renouvelable dépasse les 30 % par an avec un prix du baril à moins de 50 \$. En 2016, la production mondiale de pétrole a atteint 97 millions de barils par jour. Fin novembre 2016, 11 des 14 pays membres de l'OPEP se sont engagés à réduire leur production de pétrole cumulée d'environ 1,2 million de barils par jour (Mb/j) à partir de janvier 2017 pour une durée de 6 mois. Le respect de l'accord de l'OPEP, qui n'allait pas de soi, a ainsi « contribué à soutenir le prix du pétrole » qui atteint presque 55 \$ par baril de Brent en moyenne depuis le début de l'année, contre 49 \$ par baril au 4^e trimestre 2016.

Un nouveau problème pour les rentiers qui sont dans l'ébriété des énergies fossiles : Le gaz de schiste. Un seuil de 40 à 50 \$ par baril serait actuellement suffisant pour assurer la rentabilité de l'exploitation d'une grande partie des bassins américains d'huiles de schiste. La production américaine d'huiles de schiste a ainsi été fortement relancée depuis mi-2016, avec notamment un quasi-doublement du nombre d'appareils de forages actifs aux États-Unis depuis lors. La production totale de pétrole des États-Unis a, selon IFP Énergies nouvelles, augmenté de 0,5 Mb/j entre octobre 2016 et février 2017, soit l'équivalent de l'effort de réduction des pays hors OPEP.

A chaque fois que les rentiers de l'Opep reculent en termes de quota le pétrole de schiste américain comble rapidement le déficit et dans ces conditions les prix ne risquent pas d'augmenter d'une façon significative pendant longtemps.

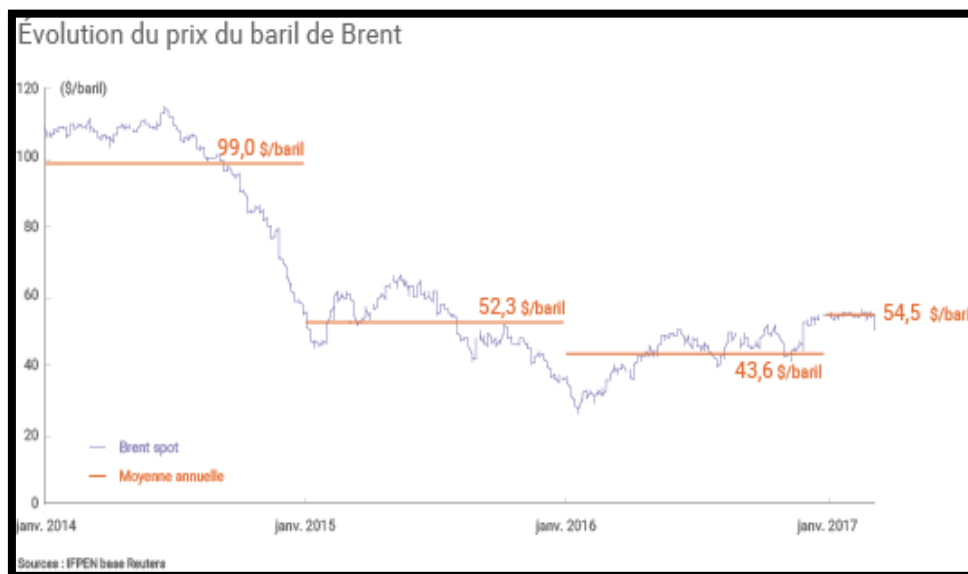


Figure 1.31 : Évolution du prix du baril de Brent, IFP Énergies nouvelles

Sur les marchés, le prix du pétrole a d'ailleurs fortement baissé de 54 \$ le baril le 7 mars à près de 50 \$ une semaine plus tard, une baisse qui s'explique selon IFP Énergies nouvelles par « un retournement de la vision des intervenants financiers concernant la capacité de l'OPEP à résorber les excédents pétroliers » face à la hausse de la production américaine.

Un choc pétrolier toutefois possible à moyen terme ?

A plus long terme, l'OPEP brandit le risque d'un nouveau choc pétrolier, également évoqué par l'AIE. Les investissements mondiaux dans l'amont pétrolier ont baissé de près de 40% à 45% depuis 2014, dans le contexte des prix bas du pétrole. Compte tenu du temps pour finaliser les projets de production (4 à 5 ans, hors huiles de schiste), IFP Énergies nouvelles reconnaît la possibilité d'une « secousse forte sur le marché pétrolier » en 2019/2020. Reste à voir à quel point les États-Unis mais aussi le Brésil, le Canada et les membres de l'OPEP pourraient augmenter leurs productions pour couvrir un éventuel déficit d'offre. [8]

Chapitre 2 Les changements Climatiques

Chapitre 2 Les changements Climatiques

2.1. Introduction

Le changement climatique est l'un des défis les plus complexes depuis la fin du XXe siècle. Aucun pays n'est à l'abri de ses effets et aucun pays ne peut seul faire face aux décisions politiques controversées, aux profondes transformations technologiques et autres enjeux indissociables et lourds de conséquences à l'échelle de la planète.

Le climat change, c'est un fait incontestable. Tous les scientifiques s'accordent à reconnaître que la température de la planète augmente, du fait en partie de l'activité humaine, le régime des précipitations se modifie et des phénomènes tels que sécheresse, inondations et incendies de forêts deviennent plus fréquents.

Que faut-il faire ? Doit-on continuer à polluer d'une façon inconsidérée ou doit-on freiner la production d'énergie fossile responsable de l'effet de serre par le CO₂ dégagé qui stationne en partie dans l'espace, étouffant la Terre, ou dans les océans amenant leur acidification et partant la destruction de la faune. Seule une faible partie est absorbée par les plantes ? Il ne faudrait pas croire cependant que l'introduction de l'environnement dans la sphère de l'économie du développement sera suffisante. La notion d'environnement aujourd'hui est imprégnée de valeurs de natures différentes, éthique, esthétique, morale, que nous ne saurions réduire à une simple valeur monétaire. Mesurons-nous de façon appropriée la valeur de la préservation d'une espèce par la somme que les gens seraient disposés à payer pour celle-ci ? Quelle est la valeur d'une nature vierge ?

Des scientifiques ont proposé de « mesurer » l'impact écologique par la mesure de l'empreinte écologique et définissent « l'overshoot day », qui est le jour du dépassement, c'est-à-dire la date à partir de laquelle nous vivons à crédit, ayant consommé le viatique mis à notre disposition par Dame Nature.

Dans notre quête pour un Développement Humain Durable, qui ne laisse personne sur le bord de la route, nous devons changer de paradigme et changer notre rapport à la Nature. Pour cela recourir aux méthodes de l'économie verte ne suffira pas. C'est toute une vision nouvelle que nous devons mettre en place, basée sur la sobriété en consommant mieux en consommant moins, l'économie circulaire permettra de donner une seconde vie aux choses.

2.2. Le système climatique

Le système climatique terrestre comprend l'atmosphère, les océans, les terres émergées, la cryosphère (la neige et la glace) et la biosphère.

Les descripteurs de ce système complexe sont notamment la température, la précipitation, l'humidité de l'air et de la couche voisine du sol, l'enneigement, la nébulosité, l'étendue des glaces terrestres et des glaces Demer, le niveau de la mer, les phénomènes météorologiques et climatiques extrêmes, la circulation atmosphérique et océanique à grande échelle et l'habitat des espèces animales et végétales, et accessoirement le champ électrique de l'atmosphère, l'ionisation de l'air, et sa composition chimique. [9]

2.3. Conférences et alertes notoires

L'idée de s'intéresser aux contraintes liées à l'environnement au sens universel a été amorcée en **1970** par le Club de Rome. Un rapport qui alerte sur l'épuisement des ressources en matières premières. Suivi par la conférence de Stockholm, en **juin 1972** qui est la première conférence des Nations unies consacrée aux questions d'environnement. Elle place pour la première fois les questions écologiques au rang de préoccupations internationales.

Le 4 août 1987. Le terme «développement durable» fait son entrée à l'Assemblée générale de l'ONU à l'occasion de la présentation du rapport Brundtland. L'expression du développement durable, aujourd'hui largement utilisée, sera popularisée à partir de **juin 1992** à l'occasion du sommet de la Terre à Rio de Janeiro.

2.3.1. Sommet de la terre Rio

Le Sommet de la Terre, qui s'est tenu en juin 1992 à Rio de Janeiro, au Brésil, était la première conférence mondiale sur l'environnement et le développement depuis celle de Stockholm, 20 ans plus tôt. Les textes adoptés à Rio sont :

- ✓ Le programme « Action 21 », qui comprend environ 2500 recommandations.
- ✓ La Convention sur la diversité biologique.
- ✓ La Convention-cadre sur les changements climatiques.
- ✓ La Convention sur la lutte contre la désertification, la Déclaration sur la gestion, la conservation et le développement durable des forêts.

Ils ont donné lieu à la création de nombreuses institutions internationales, dont la Commission du développement durable, sans compter tous les organes liés à ces différentes conventions.

2.3.2. Protocole de Kyoto

Signé en 1997, le protocole de Kyoto est un accord visant à réduire l'émission des gaz à effet de serre. Entrant en vigueur en 2005, il a été ratifié par 183 pays. Les États-Unis ont refusé de le signer alors qu'ils sont les plus gros pollueurs de la planète. Chaque pays a reçu un seuil à ne pas dépasser (55% des émissions de 1990, sauf les pays en voie de développement qui n'ont pas d'objectif chiffré), tandis que les meilleurs élèves peuvent vendre des « permis d'émission ». Ce mécanisme a été « vertement » critiqué par les environnementalistes.

Le protocole de Kyoto s'intéresse à six gaz en particulier, d'origine industrielle, soit le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄), l'oxyde nitreux (N₂O), les hydrofluorocarbures (HFC), les hydrocarbures perfluorés (PFC), l'hexafluorure de soufre(SF₆). [10]

2.3.3. La COP 21

La Conférence de Paris de 2015 sur le climat a eu lieu du 30 novembre au 12 décembre 2015 au Bourget en France. Elle est à la fois la 21^e conférence des parties (d'où le nom COP21) à la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC) et la 11^e conférence des parties siégeant en tant que réunion des parties au protocole de Kyoto (CMP11). Un accord international sur le climat, applicable à tous les pays, est validé par tous les pays participants, fixant comme objectif une limitation du réchauffement mondial entre 1,5 °C et 2 °C d'ici 2100. Début mai 2017 le président Donald Trump annonce que les Etats Unis se retirent de l'Accord de la COP 21. [12]

Parmi les institutions qui étudient les changements climatiques : Nous pouvons citer Le Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat (GIEC) est un organisme chargé du suivi scientifique des négociations internationales sur le changement climatique. Fondé en 1988 par l'Organisation météorologique mondiale et le Programme des Nations unies pour l'environnement, il joue un rôle central dans les négociations. Le 12 octobre 2007, le GIEC obtient, avec l'ancien vice-président américain Al Gore, le Prix Nobel de la paix pour "leurs efforts de collecte et de diffusion des connaissances sur les changements climatiques provoqués par l'homme."

Citons aussi le WWF (World Wildlife Fund), le fond mondial pour la planète, est créé en Suisse, le 11 septembre 1961 avec pour objectif la préservation de la diversité biologique. Son objectif est de stopper la dégradation de l'environnement dans le monde et construire un avenir où les êtres humains pourront vivre en harmonie avec la nature, en préservant la biodiversité du globe, en garantissant une utilisation durable des ressources naturelles renouvelables, en encourageant les mesures destinées à réduire la pollution et la surconsommation. Ses activités sont la Surveillance de l'application de la réglementation internationale et nationale. Les études scientifiques pour les diagnostics ou les propositions. La restauration d'espaces naturels dégradés. La formation, éducation et sensibilisation de tout public de tout âge à l'environnement.

2.4. Les impacts du changement climatique

Le climat change. Les effets de ce changement se font déjà sentir, ici et ailleurs. Ces conséquences n'auront pas partout la même ampleur. Mais une chose est sûre, les populations déjà vulnérables des pays en développement en subiront les effets les plus importants.

2.4.1. Elévation du niveau de la mer

Lors de la dernière glaciation, il y a environ 20 000 ans, le niveau de la mer était en moyenne 120 m plus bas qu'aujourd'hui. Avec la fonte des grandes calottes glaciaires qui recouvraient le nord de l'Amérique et de l'Europe, le niveau de la mer est remonté de moins de 0.1 mm par an globalement pendant plusieurs millénaires.

Depuis la fin du XIX^{ème} siècle, le niveau de la mer est monté de façon significative, à une vitesse de l'ordre de 2 mm par an, soit 20 fois plus vite qu'au cours des derniers siècles. Cette hausse du niveau de la mer est une des conséquences du réchauffement climatique observé depuis plusieurs décennies. Il y a deux raisons à cela : la fonte des glaciers continentaux et la dilatation thermique des océans. [12]

Le premier phénomène est le plus intuitif. Si l'élévation des températures provoque la fonte de la glace située sur les continents (calotte polaire antarctique, glaciers alpins, andins, etc.), l'eau piégée dans cette glace va se retrouver dans les océans. L'augmentation du volume d'eau entraînera mécaniquement une hausse du niveau de la mer. Mais l'effet de la dilation thermique est plus important. Les scientifiques annoncent que le niveau des océans devrait s'élever de 18 à 59 cm d'ici 2100 du fait du réchauffement climatique.

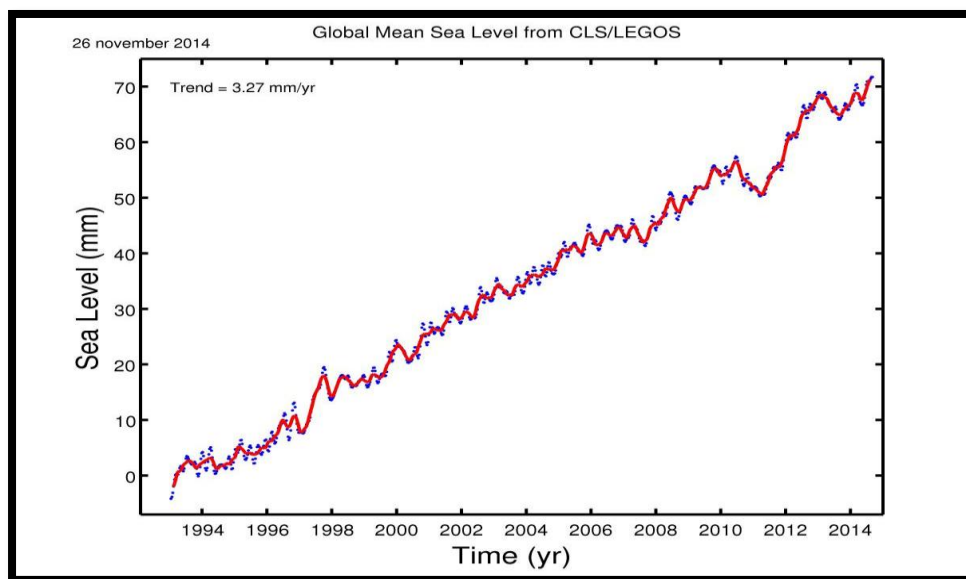


Figure 2.1 : Elévation du niveau de la mer entre 1995 et 2015. (Legos)

2.4.2. L'augmentation de la température mondiale

Depuis quelques années, les experts en météorologie ont remarqué une augmentation de la température. D'après le rapport que l'OMM (Organisation Météorologique Mondiale) a sorti, la première décennie du XXI^e siècle a été la plus chaude depuis 1881. Environ 370000 personnes sont décédées depuis à cause des conditions climatiques extrêmes.

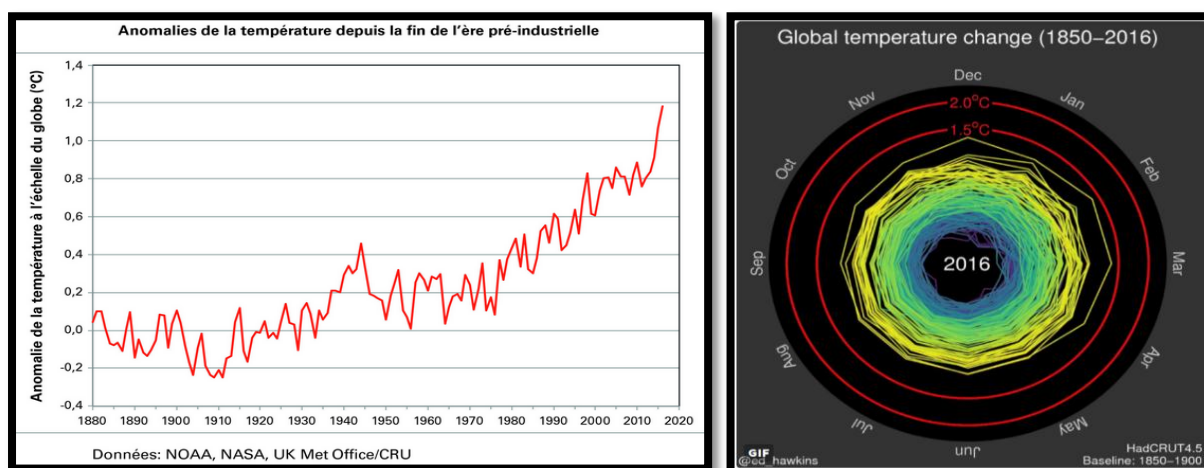


Figure 2.2 : Augmentation de la température depuis l'ère préindustrielle.

Source : OMM

Dans le rapport, il est indiqué que l'année 2016 a bien été l'année la plus chaude jamais enregistrée, surpassant encore 2015, le précédent record établi. La température moyenne de 2016 se situe à 1,1° C au-dessus de celle de la période préindustrielle et à 0,83° C au-dessus de la période de référence 1961-1990 (14° C), battant de 0,07° C le record de l'année précédente. [13]

2.4.3. Extinction de la faune et de la flore

Le risque d'extinction d'espèces et de détérioration des récifs coralliens augmente avec le réchauffement. Si la température moyenne de la planète dépassait de plus de 1,5 à 2,5 °C les niveaux de 1980 à 1999, le risque d'extinction de 20 à 30 % des espèces végétales et animales recensées à ce jour serait probablement accru.

2.4.4. Conséquence sur l'agriculture

Les changements climatiques risquent de dégrader irrémédiablement le stock de ressources naturelles dont dépend l'agriculture. La relation entre changements climatiques et agriculture est à double sens, l'agriculture contribue à maints égards aux changements climatiques, et les changements climatiques ont généralement des répercussions négatives sur l'agriculture. L'accélération du changement climatique, jointe à la croissance de la population et du revenu au niveau mondial, menace partout la sécurité alimentaire.

Toutefois, dans les régions tropicales, les conséquences du changement climatique pour l'agriculture sont toujours catastrophiques. Moins de pluie et de la sécheresse, ou inversement de fortes pluies et une érosion des sols occasionneront de graves dégâts dans l'agriculture. Prenons l'exemple de la production de café en Afrique. De plus la raréfaction de l'eau aura aussi un impact sur les plants qui pousseront moins.

Dans les pays en développement, le changement climatique provoquera une baisse de la production des cultures les plus importantes. Cette baisse se fera particulièrement sentir dans l'Asie du Sud. Prenons l'exemple de la production du riz du Vietnam, elle serait sensible à une évaluation du niveau des mers de 30 cm (19 cm actuellement). Une baisse de 12 % de la production est possible.

2.5. Solutions stratégiques pour la lutte contre le changement climatique

Les impacts négatifs du changement climatique affecteront de façon disproportionnée les pays et les populations pauvres. Il est essentiel que la communauté du développement parvienne à ce que l'adaptation au changement climatique soit prise en compte à tous les niveaux de la prise de décision en matière de développement. [14]

2.5.1. Atténuer le changement climatique, mais aussi s'adapter

Le principe de précaution exige que le changement climatique soit traité comme une question prioritaire dans chaque pays et l'atténuation du changement climatique une priorité de sa stratégie de développement. Mais les mesures d'atténuation du changement climatique ne sont pas une alternative à l'adaptation, Les mesures d'adaptation doivent devenir une priorité urgente dans tous les pays en développement.

La recherche agricole doit être orientée vers les caractéristiques du futur climat. Les systèmes de santé devront prendre en compte les évolutions prévisibles dans la localisation des maladies.

2.5.2. Réductions des GES

Pour empêcher toute perturbation dangereuse conformément aux termes de la convention, il conviendra d'atteindre ce niveau dans un délai suffisant pour que les écosystèmes puissent s'adapter naturellement au changement climatique, que la production alimentaire ne soit pas menacée et que le développement économique puisse se poursuivre **d'une manière durable**. Il est de l'intérêt de chaque pays de faire de la réduction des émissions de GES et pour réduire ces émissions il faut :

- Élaborer des stratégies visant la réduction des émissions de GES.
- Identifier et quantifier des projets de réduction des émissions de GES.
- Soutien dans la préparation des demandes de financement de projets de réduction des émissions de GES.
- Analyse de l'empreinte carbone générée par des produits et des organisations.
- Comptabiliser des réductions des émissions de GES nécessaires pour la compensation carbone et préparation des rapports. [15]

2.6. Conclusion

La détérioration de l'environnement, pourtant visible, n'a pas été saisie dans toute sa gravité, comme un danger non seulement pour le bien-être humain, mais aussi pour le développement des sociétés.

Aujourd'hui, beaucoup reste encore à faire. Il sera nécessaire de placer l'environnement au centre des stratégies de développement, plutôt que d'avoir une stratégie pour le développement et d'autres pour l'environnement. Pour faire face aux défis, des réponses devront se fonder sur une meilleure compréhension des phénomènes en cours.

Des technologies et des instruments innovants seront nécessaires pour aborder les nouveaux problèmes que nous ne comprenons pas encore totalement. La science et la technologie joueront incontestablement un rôle important, mais il sera tout aussi essentiel d'impliquer tous les acteurs concernés dans la définition et la mise en œuvre des politiques requises.

Du fait de l'évolution rapide des événements au cours de ces dernières années, beaucoup comprennent aujourd'hui que l'environnement ne peut plus être ignoré et que de nouvelles approches s'imposent. Si elle constitue un préalable nécessaire, cette révélation ne rapproche pas pour autant le monde du développement durable. L'objectif demeure aussi distant que jamais, mais cette urgence enfin ressentie annonce peut-être la fin du commencement.

Nous avons tous le devoir d'agir pour arrêter l'escalade. Et il faut réfléchir à tous les efforts de tous les individus, les gouvernements, les entreprises et les écoles, en ensemble pour un meilleur état et un avenir meilleur. Cela ne peut se réaliser que si on inscrit la dimension du Développement Humain Durable dans les préoccupations des décideurs mais pas seulement, le citoyen est tenu lui aussi par un comportement vertueux d'éco-citoyen à apporter sa pierre à l'avènement d'un monde où il est fera bon vivre. Ce sont ces questions d'un développement humain durable qui sont déterminants pour l'avenir de la planète que nous allons tenter d'explicitier dans le chapitre suivant.

Chapitre 3 Le Développement Humain Durable

Chapitre 3 Le Développement Humain Durable

3.1.Introduction

Le monde dans lequel nous vivons ne cesse d'évoluer et de se développer. Ce développement nous a mené à devenir une société énergivore, qui met son développement économique au-dessus de tout autre considération.

Cette façon de faire a forcé les scientifiques de la planète à tirer la sonnette d'alarme. Ils ont défini à la fin du 20^{ème} siècle un nouveau concept qui vise à préserver l'environnement et favoriser la cohésion sociale, sans nuire au développement de l'économie et de la société, bien au contraire, il permet de garantir aux générations futures une planète avec des conditions de vie aussi bonne que celles d'aujourd'hui et peut être bien meilleur, ce concept défini en 1987 est connu sous le nom de développement durable. Les Nations Unies ont donné une extension en septembre 2016 en proposant 19 thèmes du Développement Humain Durable.

Plusieurs pays ont commencé à s'y mettre, notamment à travers un comportement sobre et qui fait appel de plus en plus aux énergies renouvelables, c'est le cas, d'ailleurs, de nos voisins marocains, qui ont mis en place la plus grande installation d'énergie solaire dans le monde, sans oublier les leaders dans ce domaine qui sont La Chine, L'Allemagne, et le Danemark

Il faut souligner que l'Algérie possède un immense potentiel naturel qu'elle doit impérativement exploiter si elle veut se débarrasser de sa dépendance au pétrole, un pétrole précieux qu'on devrait laisser comme viatique pour les générations futures.

3.2.Définition

Il existe maintes définitions du développement durable. Cependant, la plus fréquemment citée est tirée de notre avenir à tous, rapport également connu sous le nom de *Rapport Brundtland* : « Le développement durable est un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leur »

Le développement durable a pour vocation de réconcilier l'homme, la nature et l'économie, à long terme et à une échelle mondiale en affirmant une approche double :

- ✓ **Dans le temps** : nous avons le droit d'utiliser les ressources de la Terre, mais le devoir d'en assurer la pérennité pour les générations futures.
- ✓ **Dans l'espace** : chaque humain a le même droit aux ressources naturelles de la Terre
« Principe de destination universelle des biens ».

Pour assurer le bien-être de tous êtres humains qui vivent aujourd'hui et vivront demain sur la Terre, en harmonie avec l'environnement dans lequel ils évoluent.

3.3.Piliers du Développement Durable

Ce sont les questions environnementales (épuisement des matières premières, changement climatique, perte de la biodiversité...) qui ont conduit, dans les années 1980, à l'émergence de la notion de « développement durable. L'idée est de lier fortement le développement économique avec le maintien des équilibres écologiques, de façon à éviter les dégradations irréversibles pour les générations à venir et l'épuisement des ressources naturelles non renouvelables. Il s'agit de trois piliers principaux.

- **Préserver l'environnement**

Les ressources naturelles ne sont pas infinies. La faune, la flore, l'eau, l'air et les sols, indispensables à notre survie, sont en voie de dégradation. Ce constat de rareté et de finitude des ressources naturelles se traduit par la nécessité de protéger ces grands équilibres écologiques pour préserver nos sociétés et la vie sur Terre.

- **Favoriser la cohésion sociale**

La dimension d'un Développement Durable dont lequel l'Homme est acteur est mis en avant. C'est la capacité de notre société à assurer le bien-être de tous ses citoyens. Ce bien-être se traduit par la possibilité de chacun, à accéder, quel que soit son niveau de vie, aux besoins essentiels : alimentation, logement, santé, accès égal au travail, sécurité, éducation, droits de l'homme, culture et patrimoine.

- **Promouvoir une économie responsable**

Il s'agit de concilier la viabilité d'un projet, d'une organisation avec des principes éthiques, tels que la protection de l'environnement et la préservation du lien social. Selon ce système, le prix des biens et services doit refléter le coût environnemental et social de l'ensemble de leur cycle de vie. C'est-à-dire de l'extraction des ressources à la valorisation, en tenant compte de la fabrication, de la distribution et de l'utilisation.

3.4.Pourquoi le monde se dirige-t-il vers le Développement humain durable ?

Actuellement, la Terre va mal. La consommation excessive entraîne un gaspillage des ressources naturelles que la planète a mis des millions d'années à créer et qui ne se renouvellent pas assez vite pour satisfaire la demande croissante. Il est important de satisfaire dignement les besoins des hommes d'aujourd'hui tout en léguant notre planète en bon état aux générations qui l'habiteront après nous. Il faut apprendre à économiser et à partager de manière équitable les ressources en utilisant les technologies qui polluent moins, qui gaspillent moins d'eau et moins d'énergie. Nous devons surtout changer nos habitudes de consommation actuelle.

- **L'augmentation de la population**

Actuellement, la population mondiale est à 7,3 milliards. Selon le dernier rapport de BP Energy Outlook 2017, les projections à l'horizon 2035 indiquent que la population sera de 8,8 milliards d'individus. Et elle devrait atteindre les 9,6 milliards d'habitants en 2050 et grimper à 10,9 milliards d'habitants en 2100.

Comment accueillir dans des conditions correctes les 2 à 3 milliards d'habitants en plus ?

Le défi est d'autant plus grand que cet excédent de population se concentrera dans les continents du Sud, les continents du Nord devant garder la même population ou presque. L'Afrique verra en particulier sa population multipliée par deux. Ses différents pays ont déjà du mal à rattraper leur écart de développement avec le reste du monde. Vont-ils pouvoir gérer en même temps un doublement de leur population ?

■ **Augmentation de la consommation d'énergie**

Nous avons décrit dans les chapitres précédents les tendances de production et de consommation d'énergie. Dans les 18 dernières années, la consommation d'énergie dans le monde a augmenté de 40%. Elle est donc amenée à exploser dans les pays émergents et dans les pays en voie de développement. Ces pays représenteront 90 % de la croissance de la demande en énergie au cours des prochaines décennies.

Si les inégalités d'accès à l'énergie devraient progressivement se combler, cette croissance de la demande, portée par la hausse conjuguée de la population et du taux d'urbanisation, n'est pas sans poser des défis énergétiques et environnementaux majeurs. S'il ne faut pas interdire aux pays en développement de se développer, on rappelle qu'un Sahélien consomme en une année (0,15 tep) ce que consomme un américain en une année (8tep) ! Il en est de même de la consommation d'eau. Un Européen consomme 4 tep/ an. Est-il deux fois moins heureux qu'un américain ? En clair quel est le seuil de dignité en terme de consommation d'énergie. Dire que la Chine pollue est malhonnête si on n'ajoute pas que l'Américain consomme 4 fois plus d'énergie que le Chinois.

Par ailleurs, la production et la consommation d'énergie se fait majoritairement à partir des combustibles fossiles, ce qui engendre des conséquences fatales pour notre écosystème et notre environnement. En effet, les gaz à effet de serre sont la cause principale des changements climatiques qui sont devenus ces dernières années incontrôlables et qui empire. Un grand nombre de chercheurs, scientifiques et climatologues, déclarent désormais que les tendances au réchauffement se rapprochent dangereusement d'un point de non-retour. Diriger ainsi vers une stratégie de développement durable respectueux de l'environnement est une nécessité incontournable.

3.5. Les 17 projets des Nations Unies sur le Développement Humain Durable

Le 25 septembre 2015, les pays ont eu la possibilité d'adopter un ensemble d'objectifs de développement durable pour éradiquer la pauvreté, protéger la planète et garantir la prospérité pour tous dans le cadre d'un nouvel agenda de développement durable. Chaque objectif a des cibles spécifiques à atteindre dans les prochaines années. Ces objectifs sont au nombre de 17.

- Eliminer la pauvreté sous toutes ses formes et partout dans le monde.
- Eliminer la faim, assurer la sécurité alimentaire, améliorer la nutrition et promouvoir l'agriculture durable.
- Donner aux individus les moyens de vivre une vie saine et promouvoir le bien-être de tous à tous les âges.
- Veiller à ce que tous puissent suivre une éducation de qualité dans des conditions d'équité et promouvoir les opportunités d'apprentissage tout au long de la vie.

- Réaliser l'égalité des sexes et autonomiser toutes les femmes et les filles.
- Garantir l'accès de tous à des services d'approvisionnement en eau et d'assainissement et assurer une gestion durable des services en eau.
- Garantir l'accès de tous à des services énergétiques fiables, durables et modernes à un coût abordable.
- Promouvoir une croissance économique soutenue, partagée et durable, le plein emploi productif et un travail décent pour tous.
- Mettre en place une infrastructure résiliente, promouvoir une industrialisation soutenable qui profite à tous et encourager l'innovation.
- Réduire les inégalités entre les pays et en leur sein.
- Faire en sorte que les villes et les établissements humains soient ouverts à tous, sûrs, résilients et soutenables.
- Instaurer des modes de consommation et de production soutenables.
- Prendre d'urgence des mesures pour lutter contre les changements climatiques et leurs répercussions.
- Conserver et exploiter de manière soutenable les océans, les mers et les ressources marines aux fins du développement durable.
- Préserver et restaurer les écosystèmes terrestres, en veillant à les exploiter de façon durable, gérer durablement les forêts, lutter contre la désertification, enrayer et inverser le processus de dégradation des terres et mettre fin à l'appauvrissement de la biodiversité.
- Promouvoir l'avènement de sociétés pacifiques et ouvertes aux fins du développement durable, assurer à tous l'accès à la justice et mettre en place, à tous les niveaux, des institutions efficaces, responsables et ouvertes.
- Revitaliser le partenariat mondial au service du développement soutenable et renforcer les moyens de ce partenariat.

3.6. Conclusion

Vue l'état actuel des ressources naturels dans le monde, opter pour le développement durable, s'avère être une nécessité. On ne peut plus continuer à ce rythme. Notre consommation d'énergie augmente et nous épuisons de plus en plus nos ressources fossiles sans penser à sauvegarder la part des générations avenir.

Notre pays est toujours dépendant de ses ressources fossiles, une dépendance qu'on a nettement les moyens de contourner si on commence à exploiter notre potentiel et à développer le sud qui est notre richesse. Nous sommes mieux armés pour prévoir un avenir qui se dérobe sans cesse, et nous pouvons seulement esquisser des scénarii entre lesquels nous ne savons pas choisir, des futurs qui ne sont plus probables, mais simplement possibles.

« Vive la crise si elle nous permet de nous réveiller »

L'ambition de ce modeste travail est de convaincre qu'il y a un chemin pour un développement respectueux de l'environnement qui ne laisse personne sur le bord de la route en garantissant à l'Algérien un minimum de conditions pour l'épanouissement, un droit à l'énergie dans toutes ses formes.

Partie II Pour une transition énergétique vers le Développement
Humain Durable en Algérie

Chapitre 4 Etat des lieux de l'énergie en Algérie

Chapitre 4 Etat des lieux de l'énergie en Algérie

4.1. Présentation du pays

Pays sud méditerranéen situé au nord-ouest du continent africain et au centre du Maghreb. Bordée au nord par la Méditerranée avec près de 1 200 km de côtes, l'Algérie est enchâssée entre six pays et un territoire : le Maroc et le Sahara Occidental à l'ouest, la Mauritanie, le Mali et le Niger au sud et la Libye et la Tunisie à l'est.

L'Algérie a pour capitale Alger, c'est le 10ème plus grand pays au monde et le premier pays d'Afrique en termes de superficie qui s'évalue à 2.381.741 km² dont 3% de terres cultivables et 85% de désert.

Le relief de l'Algérie est constitué par deux chaînes montagneuses à peu près parallèles d'est en ouest qui découpent le pays en trois bandes offrant une grande diversité de paysages du nord au sud :

- Le Tell est une zone de plaines littorales bordées de côtes abruptes, s'étend sur 1200km.
- Les hautes plaines consistent dans une zone steppique de moyenne altitude séparée du Sahara par l'Atlas saharien.
- L'Atlas saharien est une succession de chaînes de 500 à 2 500 m d'altitude, au caractère aride et désertique.



Figure 4.1: Carte topographique de l'Algérie

Source : <http://www.algerianembassy.it>

Les aires climatiques sont très diversifiées et le climat varie du type méditerranéen au type saharien. Au nord, les hivers sont pluvieux et froids, les étés chauds et secs. Le climat, le long de la côte, est adouci par la présence de la mer.

L'Est algérien est une région plus pluvieuse que l'Ouest, avec ses 2 mètres de pluie par an et des sommets enneigés d'octobre à juillet.

Le pied sud de l'Atlas tellien marque la limite du climat aride, sec et tropical, avec de grands écarts de températures en hiver : la température moyenne est de 36°C le jour et 5°C la nuit.

4.2. La démographie en Algérie

Les dernières estimations de l'Office Nationale des Statistiques (ONS), évaluent une population de 40,4 millions d'habitants au 1^{er} janvier 2016. L'Algérie est une nation jeune 70% de sa population à moins de 15 ans. Le taux de croissance démographique est de 1,92% en 2016. L'espérance de vie se situe aux alentours de 76 ans en 2016. La couverture médicale est d'environ un médecin pour 1 100 habitants.

▪ L'évolution de la population algérienne

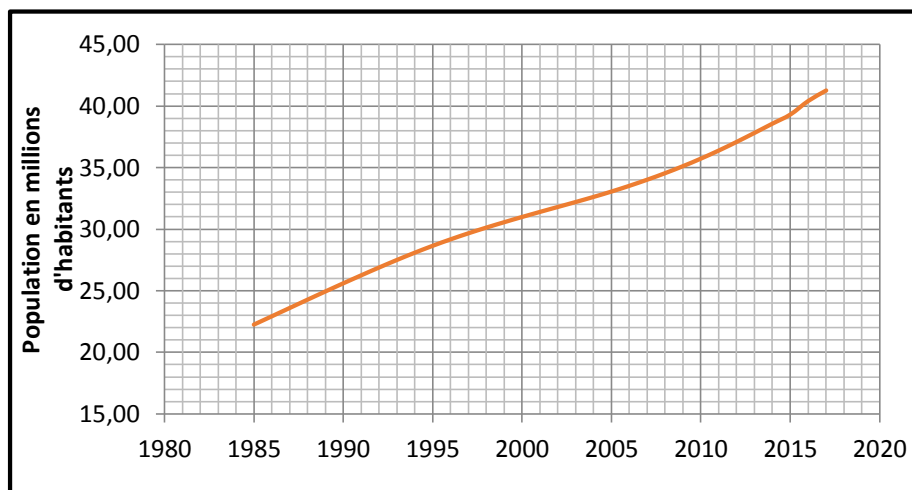


Figure 4.2 : Evolution de la population algérienne en millions d'habitants.

Source : Countrymeters.info/fr/Algeria

Le graphique ci-dessus montre que la population Algérienne a plus que doublé en vingt ans, puisqu'en 1985, elle était estimée à 22 millions d'habitants et en 2016 à 40.4 millions d'habitants. Il est vrai que la croissance démographique est permanente depuis 50 ans, mais à des taux différents. Le graphe ci-dessous représente la variation du taux d'accroissement de la démographie.

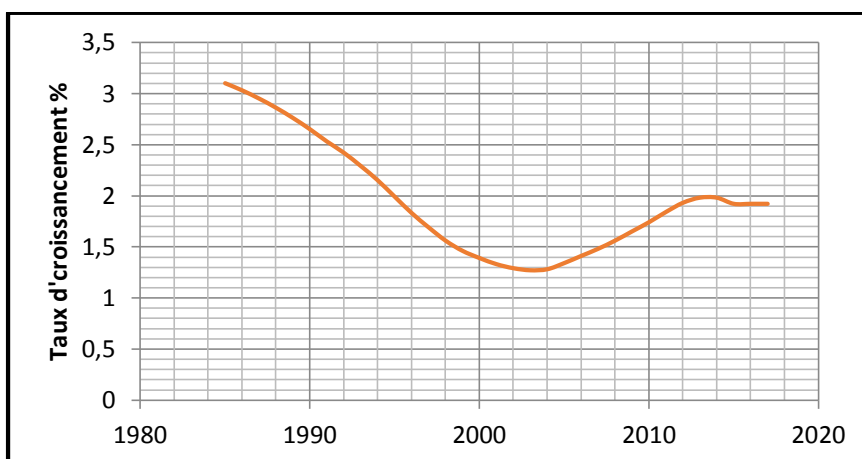


Figure 4.3 : Taux de croissance entre 1985 – 2016, Info. Algeria

Après les années quatre-vingt, le taux de natalité baisse sensiblement jusqu'à atteindre 1,4%, ces dix dernières années. Parmi les causes de cette diminution de natalité, on pourrait évoquer, en premier lieu, les années noires par lesquelles notre pays est passé (1991-2002), mais aussi le changement de train de vie des Algériens, qui s'est modernisé et qui a suscité une prise de conscience face aux inconvénients multiples que rencontrent les familles nombreuses dans une société en pleine mutation.

4.3. L'énergie primaire en Algérie

Le secteur économique de l'énergie en Algérie comprend la production locale et l'importation d'énergies primaires, leur transformation éventuelle en agents énergétiques secondaires, le transport de ces agents et leur consommation finale, ainsi que les flux d'importations et d'exportations d'énergies. Les hydrocarbures et le gaz naturel présentent de très loin, la principale source de revenus du pays.

4.3.1. Energies fossiles

Le tableau suivant résume l'état actuel de réserve, de production et de consommation en Algérie.

Tableau 4.1 : Réserves, Production et consommation des énergies fossiles en Algérie

	Réserves R	Production P	Consommation C	R / P
Charbon	208 millions de tonnes	–	–	–
Pétrole	1,1 milliards de tonnes	50 millions de tonnes/ an	21 millions de tonnes	22 ans
Gaz Naturel	25 millions de m ³	100 million m ³ /an	39 milliards de m ³	25 ans
Gaz de schiste	20 000 milliards de m ³	–	–	–
Nucléaire	40 000 tonnes U ₃ O ₈	–	–	–

✓ Pétrole

L'Algérie est un pays membre de l'Organisation des pays exportateurs de pétrole et du Forum des pays exportateurs de gaz. Elle est le 3^{ème} producteur de pétrole en Afrique derrière le Nigeria et l'Angola et le 11^{ème} exportateur de pétrole à l'échelle mondiale. Selon la fondation Américaine 'business insider', elle occupe la 18^{ème} place mondiale en matière de réserves pétrolières, et 18^{ème} producteur mondial de pétrole.

La Sonatrach est le groupement pétrolier algérien chargé de la production, le transport, la transformation et la commercialisation des hydrocarbures, elle a été classée 1^{ère} société en Afrique et 12^{ème} plus grand groupe pétrolier au monde par le Petroleum Intelligence Weekly. [16]

▪ Réserve et exploitation

Selon les données de BP 2015, 2016, l'Algérie dispose de 12 milliards de barils de réserves prouvées de pétrole brut.

La majorité des réserves de pétrole prouvées sont dans la zone de Hassi Messaoud, qui contient le plus ancien et le plus grand champ pétrolifère du pays, est estimé à tenir 3,9 milliards de barils de réserves récupérables prouvées et probables, suivis par le champ de Hassi R'mel 3,7 milliards de barils.

▪ Production

Les champs pétroliers algériens produisent du pétrole brut léger de haute qualité avec une très faible teneur en soufre et de minéraux idéale pour la pétrochimie.

En 2016, l'Algérie a produit 50 millions de tonnes de pétrole, soit 1 Mb/j. Ce qui la classe au 18 rang mondial avec une production mondiale de 1,6 %.

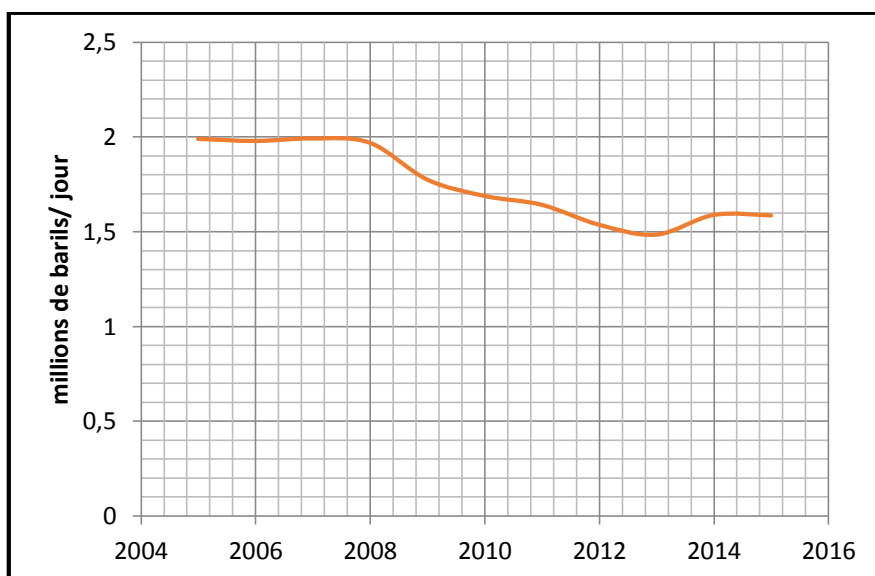


Figure 4.4 : Evolution de la production du pétrole brut en Algérie. [1]

En 2015, l'Algérie a produit 56 millions de tonnes de pétrole, ce qui correspond à une baisse de 0,22 % en 2015 mais qui est en recul de 20,3 % depuis 2005.

Avec ce rythme d'exploitation, les réserves de pétrole vont tenir encore 22 ans de production, périodes relativement faibles d'où la nécessité d'élaborer dès maintenant un plan d'action afin de trouver d'autres alternatives et laisser les ressources fossiles restantes aux générations futures.

▪ Consommation

En 2015, l'Algérie a consommé 21 millions de tonnes de pétrole, soit 422 000 b/j en hausse de 5,8 % en 2015 et de 70 % depuis 2005. Elle se classe au 40^{ème} rang mondial avec 0,4 % de la consommation mondiale. La consommation n'absorbe que 27 % de la production. Cependant l'Algérie importe aussi entre 2 et 3 millions de tonnes de carburant.

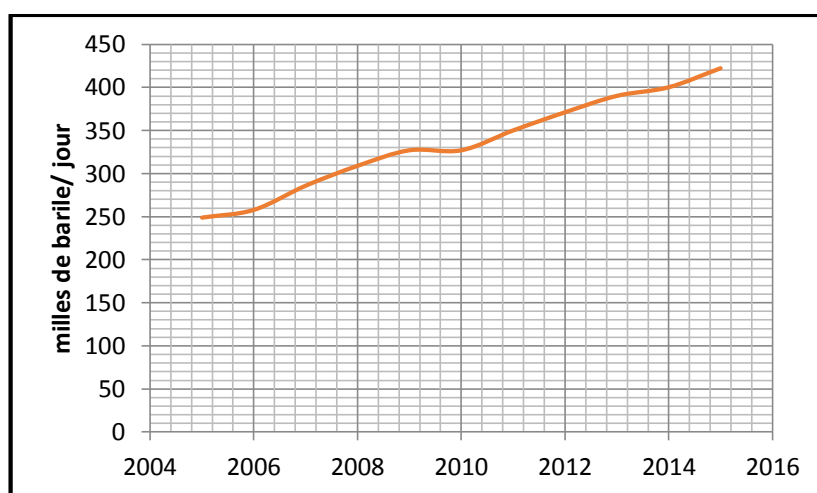


Figure 4.5 : Evolution de la consommation du pétrole brut en Algérie. [1]

✓ Gaz naturel

▪ Réserves et exploitation

Selon différentes sources dont BP, l'Algérie a des réserves prouvées de 2500 milliards de m³ en fin 2016, le dixième rang réserves de gaz naturel dans le monde et le deuxième plus grand en Afrique, derrière le Nigeria.

Le plus grand champ de gaz naturel de l'Algérie, Hassi R'mel, a été découvert en 1956. Situé dans le centre du pays au nord-ouest de Hassi Messaoud, il détient des réserves prouvées d'environ 85 billions de pieds cubes, plus de la moitié du total de l'Algérie réserves prouvées de gaz naturel. Le reste de réserves de gaz naturel de l'Algérie se trouve dans des domaines connexes et non associé dans les régions du sud et du sud-est du pays.

▪ Production

La production brute de l'Algérie est en baisse depuis son sommet de 85,8 billions de mètre cubes en 2008. La baisse en 2012 reflète principalement moins de volumes de gaz naturel utilisé pour améliorer la récupération du pétrole en le réinjectant dans des puits.

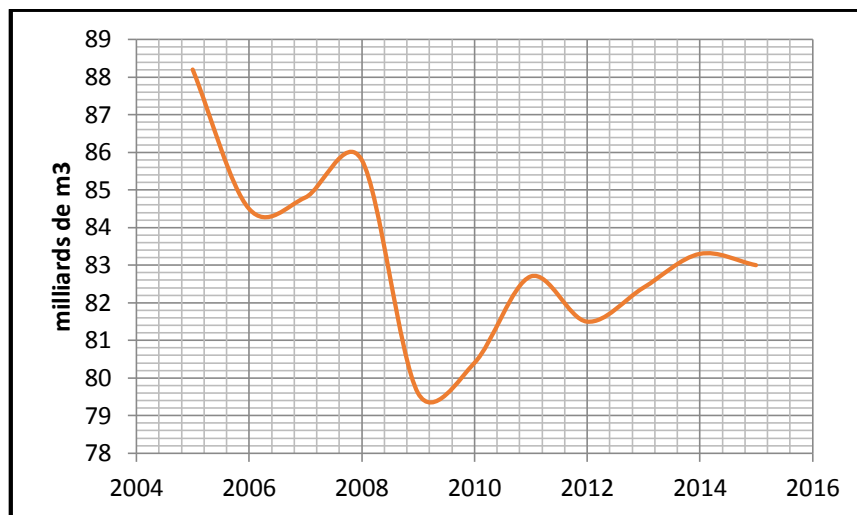


Figure 4.6 : Evolution de la production du gaz naturel en Algérie. [1]

En 2015, l'Algérie a produit 83 milliards de m³ de gaz naturel, soit une baisse de 5.9 % depuis 2005. Elle se classe ainsi au 9^{ème} rang mondiale avec 2,4% de la production mondiale et au 1^{er} rang en Afrique.

La figure suivante représente la situation des gisements gaziers et pétroliers en Algérie, tel que les principaux bassins à dominante gazière se trouvent à In Salah, In Amenas et à Hassi R'mel.

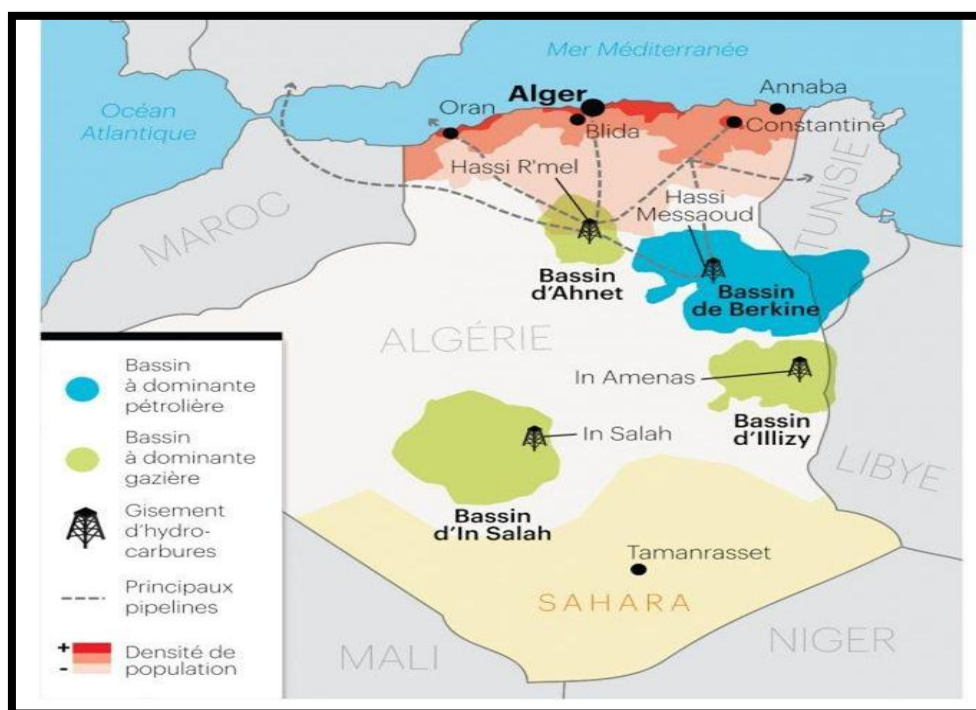


Figure 4.7 : Carte des gisements pétroliers et gaziers en Algérie

▪ Consommation

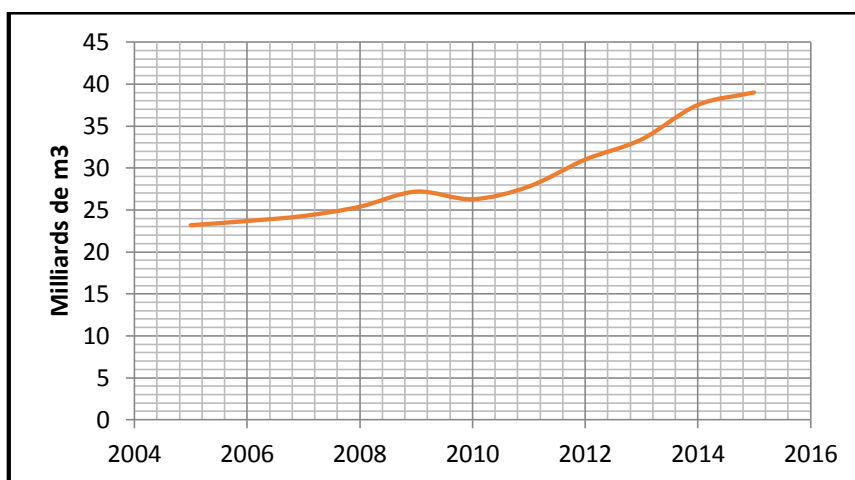


Figure 4.8 : Evolution de la consommation du gaz naturel en Algérie. [1]

En 2015, l'Algérie a consommé 39 milliards de m³ de gaz naturel, en progression de 4 % en 2015 et de 68 % depuis 2005. Elle se classe au 27^{ème} rang mondial avec 1,1 % de la consommation mondiale. Sa consommation absorbe 45 % de sa production. Ce rythme de consommation de 10 % par an compromet dangereusement les réserves de gaz pour les générations futures.

✓ Charbon

La région de Béchar recèle un gisement de charbon subdivisé en trois sous bassins, à savoir Mezarif, Kenadsa et Abadla qui totalisent des réserves potentielles de plus de **208 millions de tonnes**, dont le plus important est celui de Kenadsa avec un potentiel estimé à 142 millions de tonnes. L'Algérie, qui fait face à un accroissement de la demande en électricité, du fait notamment de l'évolution du parc immobilier, étudie la possibilité d'exploiter ses importantes réserves de charbon pour produire de l'électricité. Avec seulement 20 millions de tonnes, il est possible de faire fonctionner une centrale électrique de 300 à 400 MW durant 30 ans. Il reste que le charbon poserait des **problèmes de pollution**.

✓ Gaz de schiste

On estimait à 23 000 milliards de m³ les réserves de gaz en place et à 6 500 milliards de m³ les réserves de gaz techniquement exploitables, ces dernières étant situées dans le bassin de Ghadamès « 5 500 milliards de m³ » et le bassin de Tindouf « 1 000 milliards de m³ » au sud-ouest de l'Algérie. L'État algérien a également annoncé la mise en place de nouvelles mesures fiscales visant à encourager l'exploration et le développement des hydrocarbures non conventionnels. « Selon les données de la banque africaine »

Un tel projet nécessite une action de formation de très nombreux spécialistes et techniciens. L'Algérie, a déjà envoyé dix-huit cadres aux États-Unis pour y suivre une formation. Un autre groupe de cadres devrait entamer une formation dans ce même pays en février 2014.

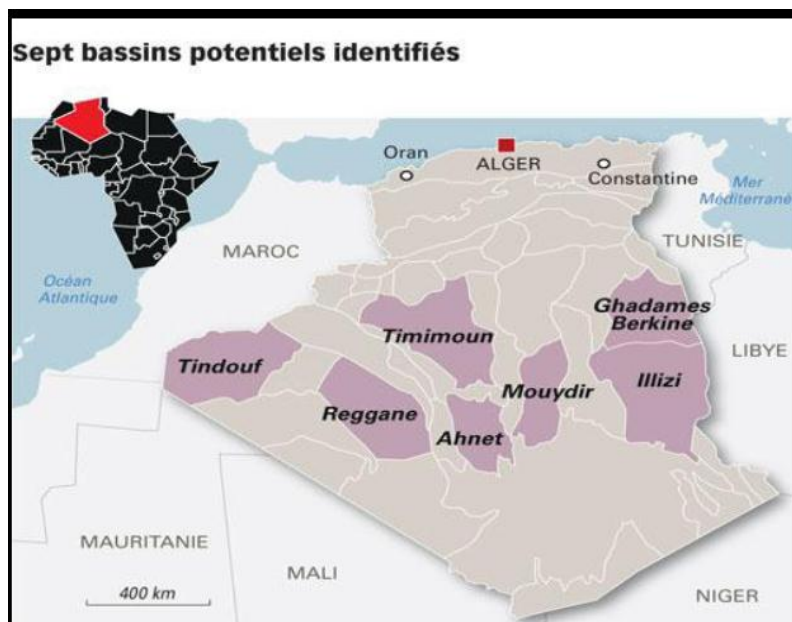


Figure 4.9 : Les réserves non conventionnelles en Algérie, SONATRACH 2013,

La technologie du gaz de schiste est dangereuse car elle utilise des quantités importantes d'eau (1 million de m³ d'eau douce pour 1 milliard de m³ extrait). Cette eau par différentes infiltration remonte avec plusieurs dizaines de produits chimiques dont certains sont cancérigènes. La nappe phréatique de 45000 milliards de m³ risque d'être polluée d'une façon irréversible. Il faut donc attendre que la technologie soit mature et ne présente pas de danger ; Ce sera l'affaire des générations futures à partir de 2030. D'ici là il faut une veille technologique. C'est quand elle sera maîtrisée et son impact sur l'environnement réduit à son maximum que le gaz de schiste pourra devenir un atout majeur du bouquet énergétique.

4.3.2. Ressources fissiles

L'Algérie a un gisement potentiel évalué à 40 000 tonnes d'uranium au Hoggar. Avec ses trois réacteurs nucléaires, le premier à Ain Oussera, le second à Draria, et le troisième à Alger, l'Algérie n'est pas encore au stade de la généralisation du procédé nucléaire.

4.3.3. Energies renouvelables

C'est peut-être là l'avenir de l'Algérie. Nous ne disposons plus que de 20 à 25 années de production de pétrole et de gaz, d'où l'urgence de la mise en place d'une stratégie énergétique ambitieuse vers les énergies propres. On distingue 5 sources d'énergie renouvelable, dont la géothermie, le solaire, l'éolien, la biomasse et l'hydraulique.

▪ Source géothermie

L'Algérie est l'un des pays les plus riches d'Afrique en termes de sources géothermiques, en effet, Le pays dispose d'un potentiel thermal considérable constitué de 282 sources thermales localisées principalement dans les régions du Nord-est et Nord-ouest du pays.

Les réservoirs géothermiques débitent à travers des sources thermales et des forages artésiens, dont la température varie entre 19°C et 98°C.

Ces sources se trouvent à des températures souvent supérieures à 40°C, la plus chaude étant celle de Hammam Meskhoutine (98°C). Plus au sud, se trouve un vaste réservoir géothermique dont la température moyenne est de 57 °C qui s'étend sur plusieurs milliers de Km², il est appelé communément "Nappe Albiennne". La nappe Albiennne se trouve en grande partie dans le Sahara algérien, et en petite partie en Tunisie et Libye.

En termes de puissance, cela correspond à plus de 700MWthermique (MWt), elle est la plus grande réserve d'eau douce au monde. Elle contient environ 50 000 milliards de mètres cubes d'eau douce, l'équivalent de 50 000 fois le barrage de Beni Haroun qui se trouve à l'est du pays et qui alimente six wilayas limitrophes. [17]

Les sources thermales peuvent être classées :

✓ **Selon le potentiel**

- Zone d'ouest avec un potentiel de 80 MWt
- Zone d'est avec un potentiel supérieur à 120 MWt

✓ **Selon le débit**

La classification des sources thermales identifiées selon leurs débits se présente comme suit.

Tableau 4.2 : Classification des sources thermales selon leurs débits

Classe	Débit fort (supérieur à 10 l/s)	Débit moyen (entre 5 et 10 l/s)	Débit faible (inférieur à 5 l/s)
Nombre de sources thermales	98	48	136

✓ **Selon la température**

La géothermie en Algérie est de type basse et moyenne température, Les eaux peuvent être classées en fonction de leur température.

Tableau 4.3 : Classification des sources thermales selon leurs températures

Classe	Hyperthermales (T > 50°C)	Méso thermales (de 35 à 50°C)	Hypo thermales (de 20 à 35°C)	Eaux froides (T < 20°C)
Nombre de sources thermales	80	81	102	19

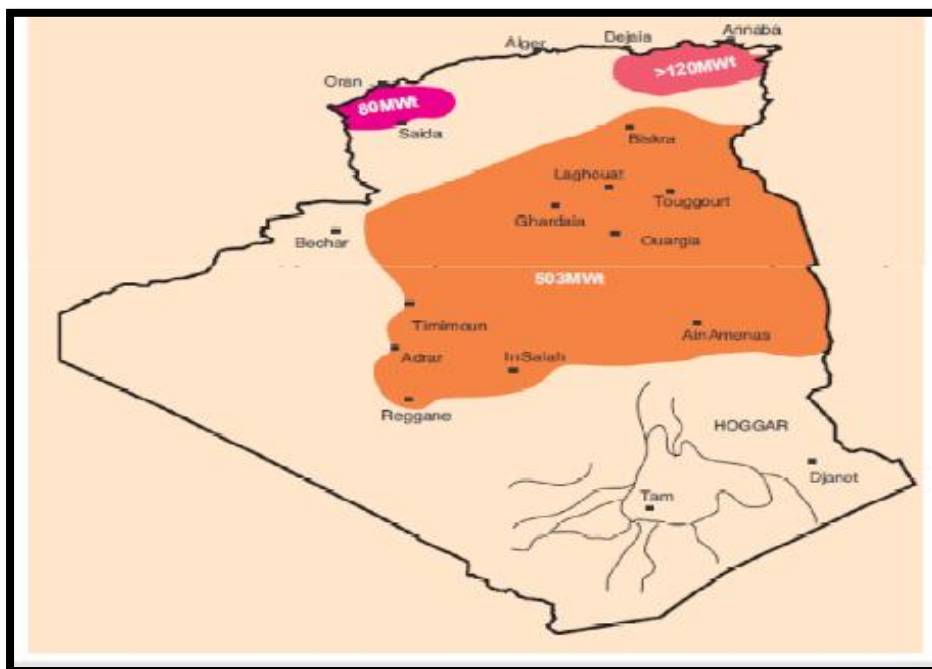


Figure 4.10 : Localisation de la nappe Albiense, CDER

▪ Energie solaire

Vue de sa localisation géographique, l'Algérie dispose d'un des gisements solaire les plus élevés au monde. La durée d'insolation sur la quasi-totalité du territoire national dépasse les 2000 heures annuellement et peut atteindre les 3900 heures (hauts plateaux et Sahara). L'énergie reçue annuellement sur une surface horizontale de 1 m² soit près de 3 KWh/m² au nord et dépasse 5,6 KWh/m au Grand Sud (Tamenrasset).

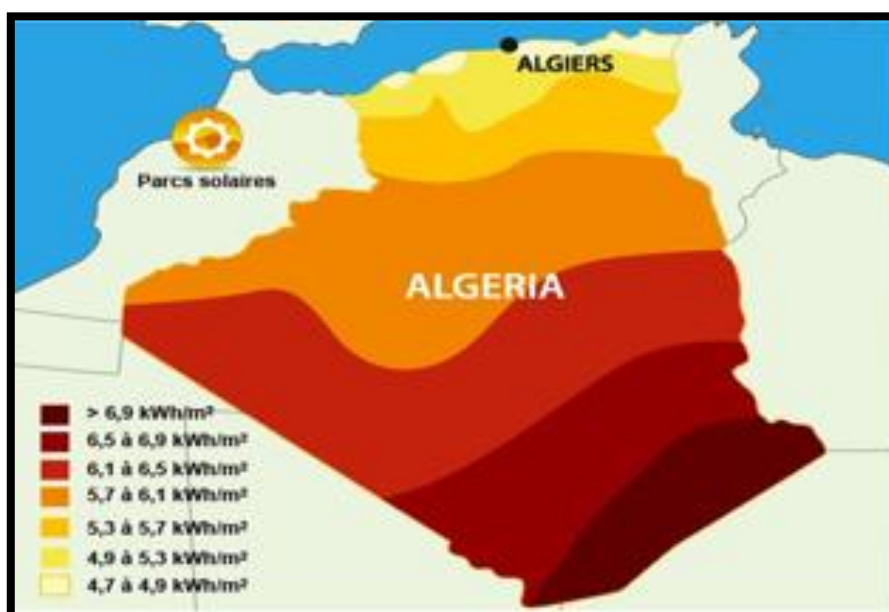


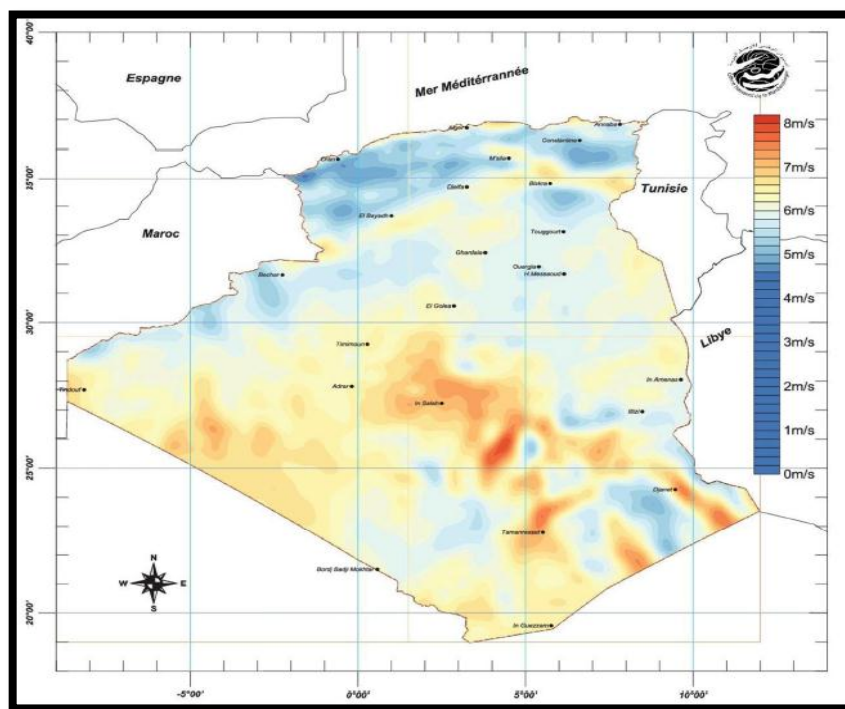
Figure 4.11 : Parcs solaires en Algérie

✓ **Durée d'ensoleillement et énergie reçue****Tableau 4.4** : Potentiel solaire en Algérie, CDER.

Régions	Région côtière	Hauts plateaux	Sahara
Durée moyenne d'ensoleillement (h/an)	2650	3000	3500
Energie moyenne reçue (KWh/m ² /an)	1700	1900	2650

▪ **Energie éolienne**

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 montre que le Sud est caractérisé par des vitesses plus élevées que le Nord, plus particulièrement dans le Sud-Est, avec des vitesses supérieures à 7 m/s et qui dépassent la valeur de 8 m/s dans la région de Tamanrasset. 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 Tébessa, Biskra, M'sila et Elbayadh (6 à 7 m/s), et le Grand Sud (> 8 m/s).

**Figure 4.12** : Carte du vent annuel moyen à 50 m (Période 2001-2010), Algérie. énergie-renouvelable.

▪ La Biomasse

La biomasse est une source d'énergie renouvelable unique puisqu'elle peut se présenter sous forme liquide, solide, ou encore gazeuse selon sa provenance. L'Algérie possède un potentiel très important en biomasse provenant de différents sources, sachant que la plupart de ces ressources ne sont pas exploitées ou partiellement.

Le tableau suivant donne des statistiques approximatives de ce potentiel prenant en considération les différentes sources :

Tableau 4.5 : Potentiel de la biomasse

Potentiel de la forêt	<ul style="list-style-type: none"> • Le potentiel actuel est évalué à environ 37 Mtep. • Le potentiel récupérable est de l'ordre 3,7 Mtep. • Le taux de récupération actuel est de l'ordre de 10%.
Potentiel énergétique des déchets urbains et agricoles	<ul style="list-style-type: none"> • 5 millions de tonnes de déchets urbains et agricoles ne sont pas recyclés. • Ce potentiel représente un gisement de l'ordre de 1.33 Mtep/an
Déchets ménagères	<ul style="list-style-type: none"> • La quantité moyenne journalière de déchets générés par habitant a presque doublé entre 1980 et 2010, passant d'une moyenne de 0,63 kg/j/ habitant en 1980 à 1 kg/j/habitant en 2010. • Selon le Ministère de l'Aménagement du Territoire de et l'Environnement (MATE), cette tendance devrait se poursuivre durant les prochaines années. En 2025, la moyenne journalière devra atteindre 1,25 Kg par habitant.
Les boues des stations d'épuration des eaux usées (STEP)	<ul style="list-style-type: none"> • Les stations d'épuration peuvent produire d'importantes quantités d'énergie propre. • En 2013, on comptait 150 STEP en exploitation au niveau national. Celles-ci auraient produit 539 tonnes de boue par Jour • Au niveau national, la production de boues est estimée à environ 250 000 t/an.

D'autres sources de biomasse peuvent être mobilisées en Algérie, afin de produire de la bioénergie de manière durable. Parmi les sources que nous pouvons citer : les déchets d'abattoirs, les coproduits des industries oléicoles, les coproduits des industries laitières... Bien qu'elles existent en quantités relativement faibles, la valorisation énergétique de ces gisements représente une solution concrète et environnementale.

▪ Energie hydraulique

Pour la part de l'hydraulique, les ressources sont évaluées à 18 milliards de m³ en eau conventionnelle et à 20.000 milliards de m³ pour la nappe albiennne.

L'Algérie compte 70 barrages avec une capacité théorique de 7 milliards de m³.

Malgré cette capacité importante, la part de l'hydraulique dans le parc de production électrique total n'est que de 5%, soit 286 MW sur les 450 MW hérités à l'indépendance. Cette faible puissance est due au non exploitation de ces ressources.

Tableau 4.6 : Parc de production hydroélectrique en Algérie, MEM

Centrale	Puissance installée (MW)	Centrales	Puissance installée (MW)
Darguina	71.5	Ghrib	7.0
Lghil emda	24	Gouriet	6.4
Mansoria	100	Bouhanifia	5.7
Erraguene	16	Oued fodda	15.6
Souk el djemaa	8.0	Beni behdel	3.5
Tizi meden	4.5	Tessala	4.3
Lghzenchebel	2.7	Total	286

4.4. L'énergie secondaire « Electricité » en Algérie

Dès son indépendance, en 1962, l'Algérie a opté pour le développement du secteur de l'électricité. L'abondance des ressources gazières a favorisé ce développement. Ainsi, de par la mission que lui ont confiée les pouvoirs publics, Sonelgaz a joué un rôle important dans ce cadre (une couverture en électricité de 96% sur le territoire nationale).

4.4.1. Production d'énergie électrique

Dans la figure suivante nous avons une image de la production d'énergie électrique qui a connu deux périodes jusqu'en 2000 avec une pente moins importante que la période suivante à partir de 2000. La production a été multipliée par 2,4 !

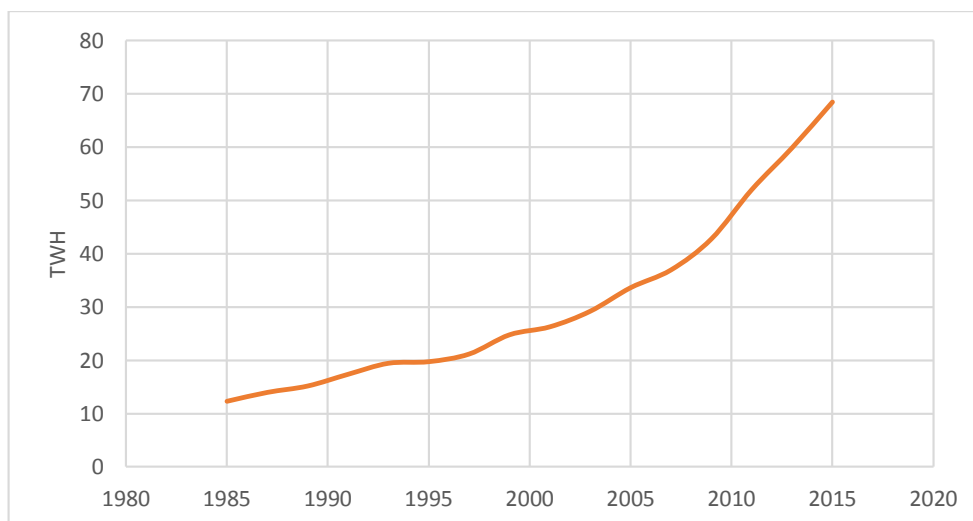


Figure 4.13 : Evolution de la production électrique en Algérie entre 1985 – 2015. [1]

Si l'on analyse l'évolution de la production électrique nationale, on constate une forte croissance, ayant presque triplé en 20 ans passant de 12 TWh en 1985 à 68 TWh en 2016, soit une progression de 6.78 % en 2015.

4.4.2. Consommation d'électricité

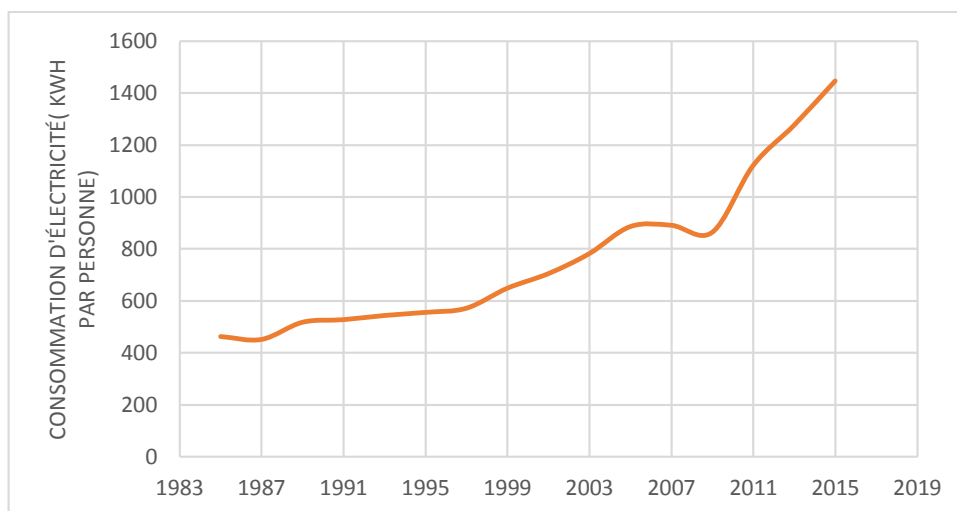


Figure 4.14 : Evolution de la consommation électrique algérienne par habitant jusqu'à 2015. [1]

Il est vrai que la consommation électrique par habitant a fortement augmenté en Algérie, passant de **464 KWh en 1985 à 1447 KWh en 2015 (multipliée par 3)** notamment par le développement des appareils électroménagers, des équipements de loisir, des climatiseurs... Mais elle reste toujours inférieure à la moyenne mondiale de 2500 kWh /hab/an.

4.5. Les changements climatiques, une des contraintes du futur

Devant un avenir de plus en plus imprévisible l'Algérie, partant du constat que l'on ne peut pas continuer à utiliser les énergies fossiles d'une façon débridée doit tenir aussi de la réalité des changements climatiques et de l'impossibilité de compter sur la rente pétrolière dont le prix du baril nous échappe. Il y a une nécessité à s'inscrire dans la vision du Développement Humain Durable.

L'Algérie est menacée par les changements climatiques. Elle fait partie de ce monde qui se réchauffe. A l'instar des autres pays, elle est également touchée par le changement climatique. Parmi les impacts potentiels en Algérie, le professeur Senouci, expert au GIEC citera les phénomènes violents (cyclogenèse, vagues de chaleur, tempêtes de sable). Il avancera également que le XXIe siècle sera caractérisé par une augmentation des températures, de l'ordre de 4°C.

Le secteur de l'eau sera l'un des plus déstabilisé, diminution de l'écoulement des eaux, modification du régime hydrologique saisonnier avec des impacts sur certains aménagements hydrauliques et agricoles, augmentation de la salinité des eaux, baisse du niveau des nappes souterraines sont les conséquences prévisibles.

Concernant l'impact sur le littoral, il est craint une altération de la dynamique côtière avec l'élévation du niveau de la mer, l'érosion de certaines franges côtières, la perte de terres au profit des eaux marines, la fragilisation du système socioéconomique de ces zones liées à la fréquence des inondations et d'érosion des terres.

Pour l'agriculture, l'érosion des sols entraîne une dégradation des terres, les déficits en pluviométrie pouvant atteindre 50 % durant la période 2000/2020 provoqueront un déficit des rendements des cultures pluviales et l'activité agricole côtière se réduira à cause de la salinisation des nappes.

4.6. Le Développement Humain Durable en Algérie

L'Algérie doit engager à relever les défis du XXI^e siècle en faisant du développement humain durable un véritable projet de société et un nouveau modèle de développement. Depuis lors, cet engagement aux principes fondamentaux du développement durable s'est traduit par des réformes successives visant à bâtir des bases solides de développement économique, améliorer les conditions sociales et accélérer la cadence des réalisations environnementales à travers des mesures tant préventives que correctives.

Malgré les efforts déployés pour ancrer les principes de développement durable, l'Algérie est encore confronté à des difficultés pour répondre à ses défis : l'augmentation continue des coûts de l'énergie ou des produits alimentaires, la baisse des prix des hydrocarbures, les effets négatifs liés aux changements climatiques, la perte de la diversité biologique, l'épuisement des ressources naturelles...

Ces défis auraient pu handicaper le développement de l'Algérie mais en capitalisant sur les réformes engagées depuis ces dernières années, on doit fortement accéléré la cadence de réalisations donnant au pays un essor visible et reconnu grâce à la conduite concomitante et maîtrisée de plusieurs chantiers structurels d'importance essentielle :

- Formation des gens sur la réalité de développement durables.
- Renforcement du cadre économique et de l'orientation libérale : Maintien des équilibres macroéconomiques et création de multiples zones de libre-échange.
- Mise en service d'une nouvelle stratégie de transport en intégrant les ressources vertes.
- Mise en œuvre de politiques sectorielles volontaristes : Projet Vert (agriculture), Projet Industriel (industrie), Vision 2025 (tourisme), Projet Intadj Bladi (commerce), Projet Numérique (nouvelles technologies de l'information et de la communication), Projet exploitant les ressources maritimes (Pêches maritimes), Projet d'Innovation 2035, **Stratégie Énergétique** – Projet I 2017-2030 – Projet II 2030-2050.
- **Mise en œuvre d'une politique de promotion des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique** : Renforcement du cadre réglementaire et institutionnel, incitations économiques, Projet du Solaire, projet d'éolien, du géothermique...

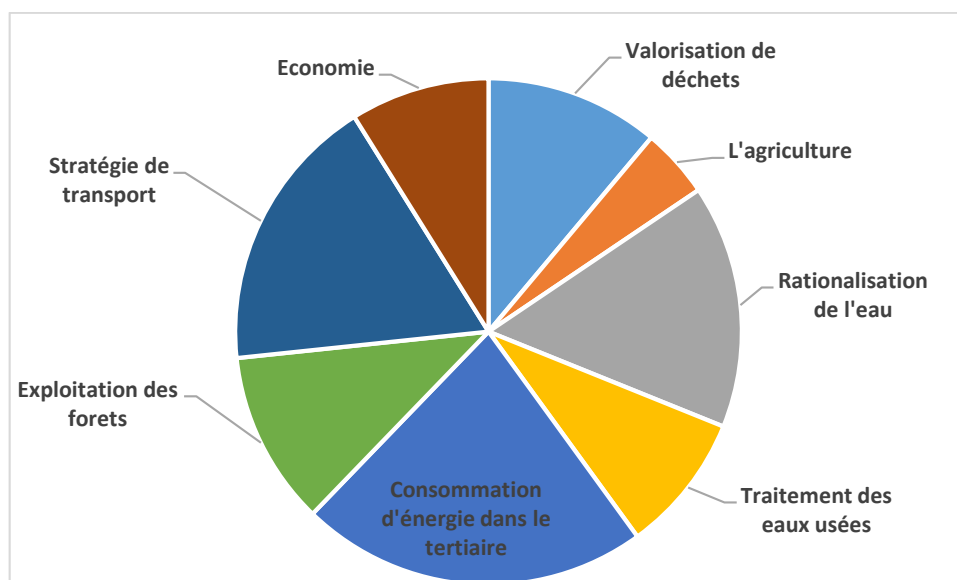


Figure 4.15 : Le nouveau programme de renforcement de l'économie nationale du pays sous l'air de Développement Humain Durable en 2030

Le programme décrit est théorique. En pratique les efforts sont largement insuffisants et le résultat est à la marge. Depuis 35 ans qu'en Algérie on parle d'énergie renouvelable, cette dernière ne représente que moins de 2% dans la consommation d'énergie électrique.

La complexité croissante des problématiques des communautés vivantes à l'échelle locale, nationale et planétaire, et les limites de nos connaissances dans un monde en évolution permanente, nécessitent une refondation radicale de nos manières de penser et d'agir.

Ainsi, le développement durable est une philosophie, un mode de vie qu'il faut adopter au plus vite, et inculquer aux jeunes pour faire d'eux des éco citoyens. Pour se faire, intégrer cette notion dans le système éducatif doit être une priorité pour encren la réalité de l'impact du développement durable sur les générations futures et leurs modes de vie.

L'Éducation au développement durable permet à chacun d'acquérir les connaissances, les compétences, les attitudes et les valeurs nécessaires pour bâtir un avenir durable. Elle consiste à intégrer dans l'enseignement et l'apprentissage les thèmes clés du développement durable, comme le changement climatique, la prévention des catastrophes, la biodiversité, la réduction de la pauvreté ou la consommation durable. Elle implique l'adoption de méthodes pédagogiques participatives visant à motiver et à autonomiser les apprenants, pour qu'ils modifient leurs comportements et deviennent les acteurs du développement durable.

C'est pourquoi l'Éducation au développement durable favorise l'acquisition de compétences permettant aux apprenants de développer leur esprit critique, d'imaginer des scénarios prospectifs et de prendre des décisions communes.

4.7. Conclusion

Nous vivons dans une bulle, en nous contentant d'engranger des dollars avec le tiroir-caisse de Sonatrach. Nos réserves s'amenuisent et sont gaspillées outre mesure. Encore une fois, notre meilleure banque est notre sous-sol. Pourquoi pomper frénétiquement une ressource de plus en plus rare pour avoir des dollars qui s'effritent dans des banques ?

La stratégie énergétique attend d'être inventée ! Distribuer la rente nous donne des sursis éphémères mais est-ce cela le développement durable et l'attention à accorder aux générations montantes qui ne trouveront rien à cette cadence de pompage frénétique pour se développer ? Seule une stratégie énergétique adossée à un modèle énergétique flexible avec le consensus de tous, permettra de mobiliser tous les Algériens.

En 2030, l'Algérie n'exportera plus de pétrole à cette cadence de pompage (AIE). Peut-on continuer sur cette voie sans compromettre l'avenir des générations futures ? L'absence d'une vision d'ensemble de ce secteur stratégique engendrera, à Dieu ne plaise, un désordre qui placera définitivement l'Algérie dans une zone grise quand la rente ne sera plus là pour cacher notre errance multidimensionnelle.

La question qui se pose : Peut-on continuer ainsi alors que les ressources sont limitées et qu'elles risquent de disparaître ? Ne laissant rien aux générations futures ? Ce qui est en contradiction avec la philosophie du Développement Humain Durable. Pour cela, il nous faut mettre sans tarder une stratégie énergétique vers le Développement Humain Durable, qui consiste à mettre en place une transition énergétique et écologique avec la participation des citoyens qui seront eux-mêmes les acteurs de la réussite ou de l'échec de cette stratégie de la dernière chance. Dans laquelle il faudra donner un prix à l'énergie, mettre fin au gaspillage important de l'ordre de 10 à 20 % selon les experts, et enfin mettre en place sans tarder un plan solaire et éolien qui peut donner corps aux annonces du gouvernement du fameux plan énergie renouvelable depuis 2008 plusieurs fois remaniée la dernière mouture datant de mars 2015 avec 22.000 MW.

Dans ce cadre du développement humain durable traduit dans les faits, nous proposons des modèles énergétiques aux horizons 2030 et 2050 basées sur le recours massif aux énergies renouvelables.

Chapitre 5 Modèles énergétiques proposés à l'horizon
2030 – 2050

Chapitre 5 Modèles énergétiques proposés à l'horizon 2030 – 2050

1.1.Introduction

L'Algérie est dotée de richesses et de ressources d'énergies très variées que ce soit du fossile ou du renouvelable, mais le recours aux énergies fossiles n'est plus une alternative ces dernières années, ce qui est normal car celles-ci sont non seulement très polluantes et néfastes pour l'environnement mais elles sont aussi sur le déclin, malgré de petites découvertes qui sont loin en terme de volumes des grands gisements découverts jusqu'alors. Il devient de ce fait, urgent de mettre en œuvre une transition écologique et énergétique vers le Développement Humain Durable. Pour rappel, cette transition désigne le passage du système écologique et énergétique actuel utilisant des ressources non renouvelables responsables des changements climatiques et de la dégradation de l'environnement vers un « bouquet énergétique » basé principalement sur des ressources renouvelables mais aussi sur le plus grand gisement en Algérie qui est celui des économies d'énergie qui interviendraient dans une fourchette de 10 à 20 % selon les études.

Dans ce chapitre, deux scénarii possibles sont élaborés, le premier est tendanciel alors que le second est volontariste. Les projections réalisées, n'ont pas pour ambition de calculer précisément les quantités d'énergie produites à moyen et à long termes, tâche quasiment impossible, mais d'estimer la demande énergétique du secteur tertiaire telle qu'elle pourrait être à l'horizon 2030, 2050, moyennant un certain nombre d'hypothèses de base.

1.2.Objectifs

Le but de cette étude est d'établir un modèle énergétique pour l'Algérie de demain, qui permet de déterminer une perspective de production d'énergie dans le tertiaire à **50%, à 80% et à 100 % renouvelable**. Dans lequel, nous allons tracer la procédure à suivre à pour y parvenir en 2030 – 2050 aux objectifs tracés en 2017.

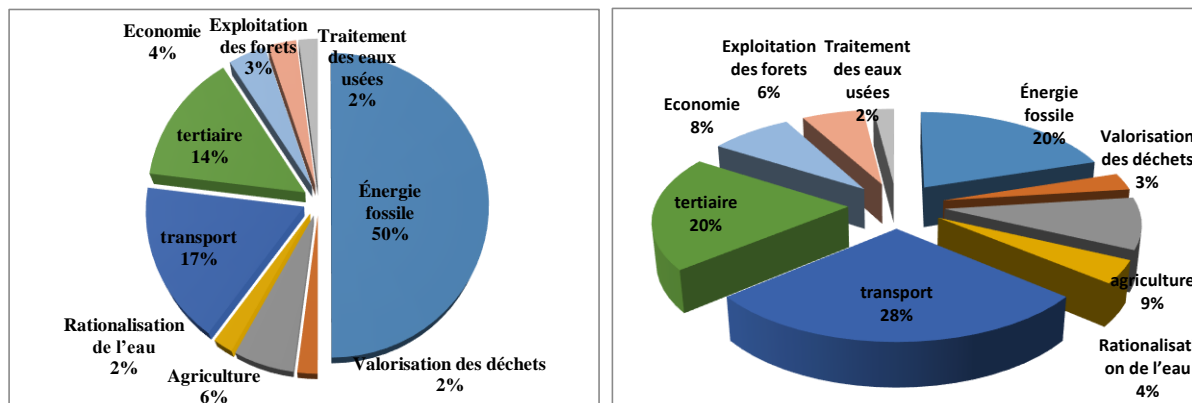


Figure 5.1 : Scénarios 50 % et 80 % renouvelable

Les modèles comporteront deux scénarii :

- **Scénario au fil de l'eau**, dans lequel nous allons décrire les tendances actuelles de consommation d'énergie en Algérie. Nous concentrerons nos calculs plus précisément sur l'électricité. Nous allons également calculer la quantité de gaz naturel que nous pourrions épargner pour les générations futures, ce qui nous permettra aussi, de diminuer la quantité de gaz à effet de serre.
- **Scénario volontariste**, dont le but est d'améliorer le niveau de vie des Algériens. En 2030, nous proposons 2500 kWh/hab/an qui sont la moyenne mondiale en 2016. **Pour 2050, nous proposons 3500 kWh/hab/an qui sont la moyenne mondiale en 2030.**

1.3. Evolution démographique

La population a un impact direct sur la demande énergétique du **secteur tertiaire et dans les transports**. Il est donc important de faire des prévisions à différentes horizons.

Tableau 5.1 : Evolution de la population Algérienne en millions d'habitants jusqu'à 2050. [1]

Année	2011	2016	2020	2025	2030	2035	2040	2050
Population (Millions d'habitants)	36.7	40.4	43.3	47	50.6	54.3	57.9	65.2

NB : D'autres sources indiquent 55 millions en 2030.

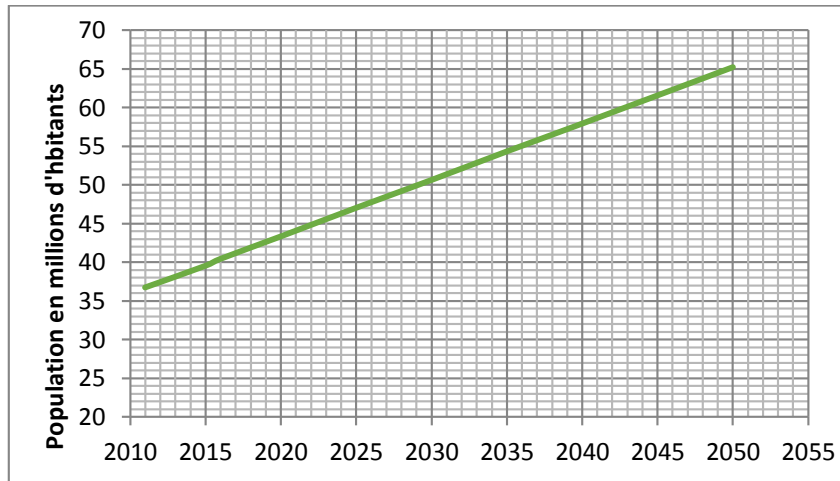


Figure 5.2 : Evolution de la population en Algérie jusqu'à 2050 « Banque Mondiale »

La projection a été faite suivant la tendance des années précédentes (2000-2015). En 2030, la population serait de **50,6 millions d'habitants** (chiffre confirmé par les estimations du Ministère de l'habitat), et **65 millions d'habitants en 2050**, ce qui entrainera une augmentation considérable de la demande énergétique.

1.4.Scénario fil de l'eau

Hypothèse

Sur la base de la continuation des tendances actuelles, nous allons estimer la consommation électrique à moyen et long terme, Nous supposons que la consommation par personne en Algérie reste constante autour de 1500 kWh consommés en 2016.

▪ Consommation électrique

Tableau 5.2 : Evolution de la consommation électrique d'ici 2050 « Scénario fil de l'eau »

Année	2011	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2050
consommation globale (TWh)	41.17	57.15	66.6	70.35	75.91	81.3	86.86	97.81

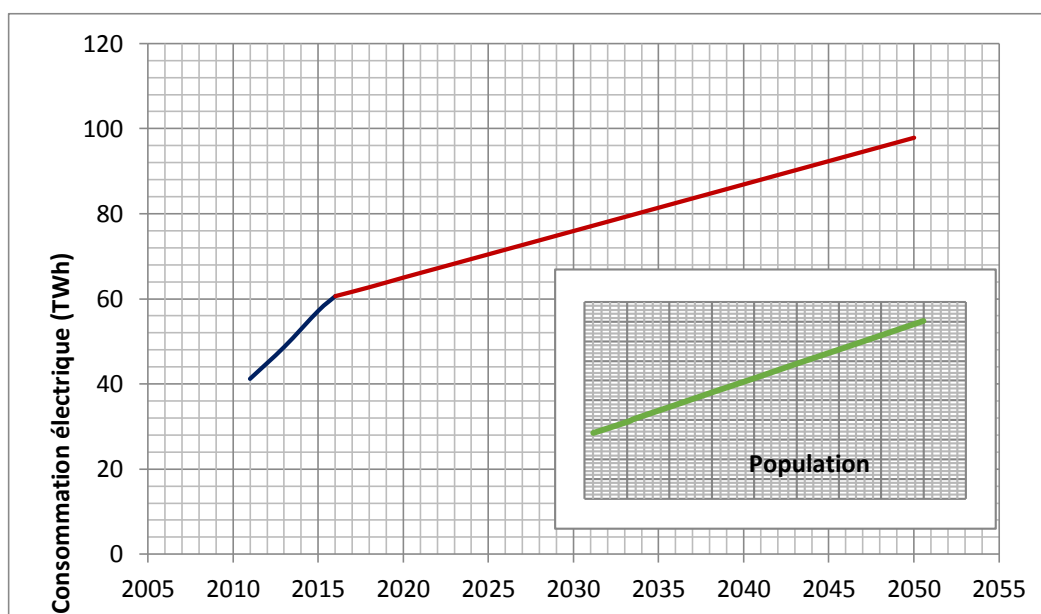


Figure 5.3 : Projection de la consommation électrique d'ici 2050 « scénario au fil de l'eau »

La consommation électrique en Algérie a augmenté rapidement dans les années précédentes. Passant de **12.6 TWh** en **1985** arrivant à **60.6 TWh** en **2016**, avec un accroissement d'environ **6% en 2016**. D'après le scénario *fil de l'eau* le taux d'accroissement va diminuer graduellement, telle qu'en **2030** la consommation électrique atteindra les **76 TWh**, et **98 TWh en 2050**.

1.5.Scénarios volontaristes

Hypothèses

Dans ce scénario d'amélioration de la qualité de vie des citoyens, nous considérons que la consommation électrique sera de **2500 kWh/hab/an** en **2030**, et **3500 kWh/hab/an** en **2050**.

La consommation actuelle de l'électricité est de **60 TWh**. la capacité installée est **18000 MW** ceci pour **41 millions d'habitants**. **Le cout d'installation du solaire a été divisé par 8 depuis 2000**. Actuellement les prix sont de l'ordre de 4 à 6 cent /kWh, Le solaire est partout rentable même en Algérie si on veut l'aligner sur le prix du kWh thermique qui est de 6 DA.

- Une centrale solaire de 1000 MW c'est l'équivalent de 1 milliard de dollars.
- Une centrale éolienne de 1000 MW c'est l'équivalent de 1 milliard de dollars.

▪ Gain en gaz naturel

Une centrale de **1000 MW** est l'équivalent de **1.5 milliards de m³** de gaz naturel. Avec la **consommation actuelle de l'ordre de 35 milliards de m³ dont 27 milliards pour le résidentiel.**

1.5.1. Scénario 50% renouvelable en 2030

Nous voulons atteindre en **2030** une moyenne de **2500 KWh/hab/an**, comment faire ?

Selon les estimations, en **2030** l'Algérie comptera **50 millions d'habitants**. Donc d'ici 2030, la consommation nationale annuelle sera de **50*2500 = 125 TWh/an**. Nous devons passer de **60 TWh** (18000 MW de puissance installée) à **125 TWh (37000 MW) dans 13 ans**.

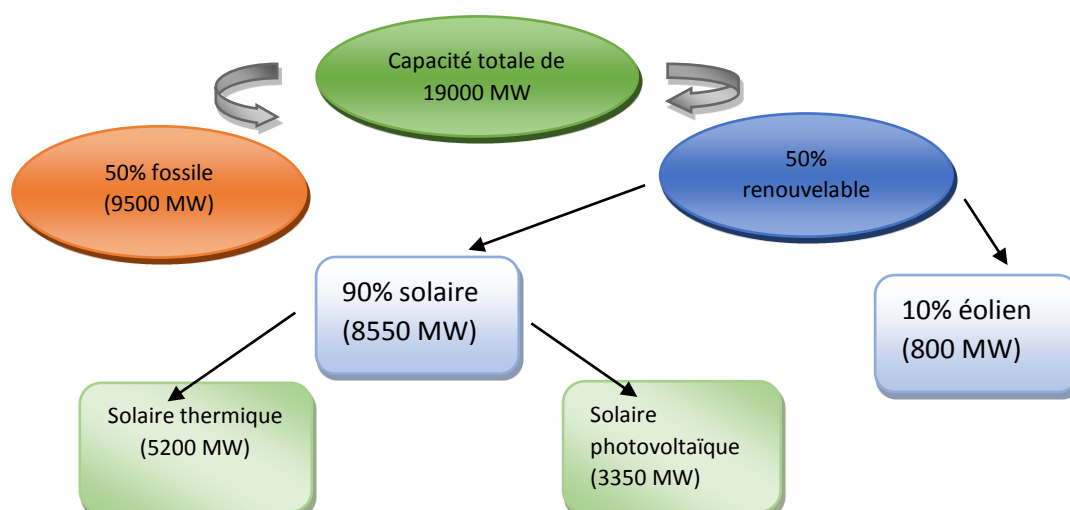
Nous devons construire alors $37000 - 18000 = 19000$ MW pour atteindre les **125 TWh**. Soit **1500 MW par an**. Si nous continuerons avec la même consommation actuelle « Consommation à 100% fossile », et si nous ne prenons pas en considération le plan de transition énergétique vers les énergies vertes, les résultats seront d'ici 2030 comme suit :

Tableau 5.3 : Evolution de la consommation de gaz naturel d'ici 2030 « Scénario volontariste »

Année	2018	2020	2022	2024	2026	2028	2030
Capacité (MW)	1500	4500	7500	10500	13500	16500	19500
Consommation de gaz naturel (milliards de m ³)	2.25	6.75	11.25	15.75	20.25	24.75	29.25
Consommation totale nouvelle	2,25	9	20,25	36	56,25	81	111

Nous allons consommer d'ici 2030 un potentiel de **110 milliards de m³** en gaz naturel qui s'ajoute aux 35 milliards que nous consommons en 2016 soit sur 13 ans, $35 \times 13 = 455$ milliards de m³. Donc au total $455 + 110 = 565$ milliards de m³. L'état actuel de nos réserves en énergie fossiles et notre potentiel en énergie renouvelable laisse prévoir que notre pays devra investir dans les énergies vertes. **Ce que nous proposons**

✓ Consommation d'électricité à l'horizon 2030



○ Solaire

Nous proposons que les **90%** de la production renouvelable (**8550MW**) proviendrait du solaire à l'horizon **2030**, tel que **5200 MW** auraient pour sources **des centrales utilisant le solaire thermique** et **3350 MW** proviendraient de **centrales photovoltaïques**.

Pour cela, la démarche serait la suivante :

- Installation **d'une centrale thermique** de capacité unitaire **400 MW** chaque année pendant les 13 ans jusqu'à 2030.
- Installation **de 5 centrales photovoltaïques** de capacité unitaire **50 MW** par an pendant les 11 ans (**jusqu'à 2028**) puis **6 centrales** par an jusqu'à **2030**.

Globalement, pendant les 13 ans, nous allons installer **13 centrales thermiques et 67 centrales photovoltaïques**.

Tableau 5.4 : Capacité solaire cumulée installée d'ici 2030 « Scénario volontariste »

Année	2018	2020	2022	2024	2026	2028	2030
Solaire thermique (MW)	400	1200	2000	2800	3600	4400	5200
Solaire photovoltaïque (MW)	250	750	1250	1750	2250	2750	3350
Capacité installée (MW)	650	1950	3250	4550	5850	7150	8550

○ Eolien

Les **10 %** restants seront d'origine éolienne (**800 MW**), pour cela il faut un parc de **190** éoliennes de **5 MW**, qui seront installées comme suit :

14 éoliennes de **5 MW** par an jusqu'à **2028**, puis **18** éoliennes par an jusqu'à **2030**.

Tableau 5.5 : Capacité éolienne cumulée installée d'ici 2030 « Scénario volontariste »

Année	2018	2020	2022	2024	2026	2028	2030
Capacité installée (MW)	70	210	350	490	630	770	950

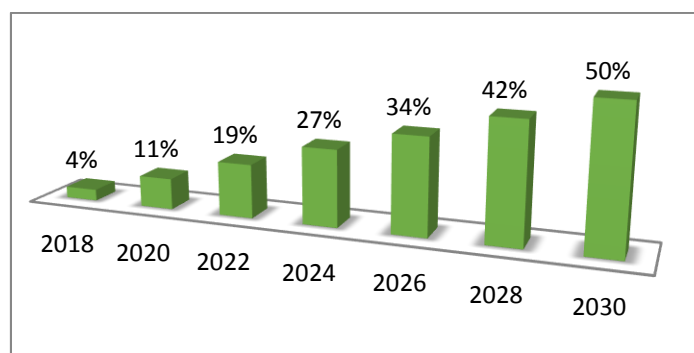


Figure 5.4 : Evolution du pourcentage de la production renouvelable à l'horizon 2030 « Scénario volontariste »

✓ Le coût des installations

En absence de chiffre global nous devons retenir que le kWh solaire coute autant qu'un kWh thermique. Il n'y a donc pas de rentabilité puisque dans tous les cas il faut produire l'électricité. A titre indicatif nous donnons les exemples suivants.

Tableau 5.6 : Projection de prix des installations solaires et éoliennes « Scénario volontariste »

Année	2018	2020	2022	2024	2026	2028	2030
Cout (milliards de dollars) « solaire »	0.65	1.95	3.25	4.55	5.85	7.15	8.55
Cout (milliards de dollars) « éolien »	0.07	0.21	0.35	0.49	0.63	0.77	0.95
Cout totale (milliards de dollars)	0.72	2.16	3.6	5.04	6.48	7.92	9.5

- Ce vaste chantier reviendrait à **9,5 milliards de dollars** (solaire et éolien). Il est important de noter que chaque fois qu'une installation renouvelable est réalisée le gain en énergie fossile (gaz naturel) non utilisé peut être utilisé pour le financement du plan renouvelable.
- La durée de vie minimale est de 20 – 25 ans pour un rendement de 80 %.

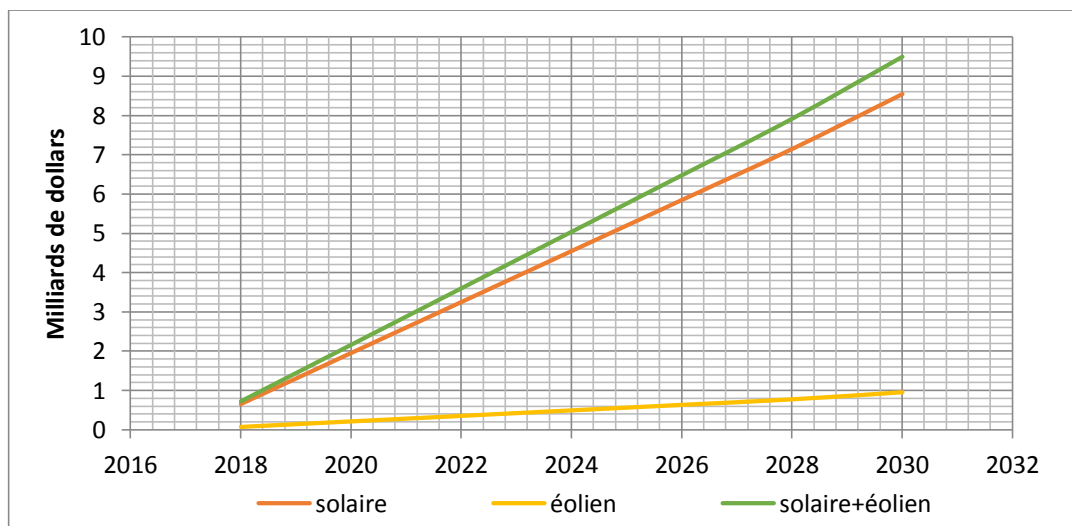


Figure 5.5 : Evolution du cout des installations solaires et éoliennes à l'horizon 2030 « Scénario volontariste »

✓ Gain en gaz naturel

Tableau 5.7 : Estimation du gain en gaz naturel d'ici 2030

Année	2018	2020	2022	2024	2026	2028	2030
Gain (milliards de m³)	1.08	3.24	5.4	7.56	9.72	11.88	14.25

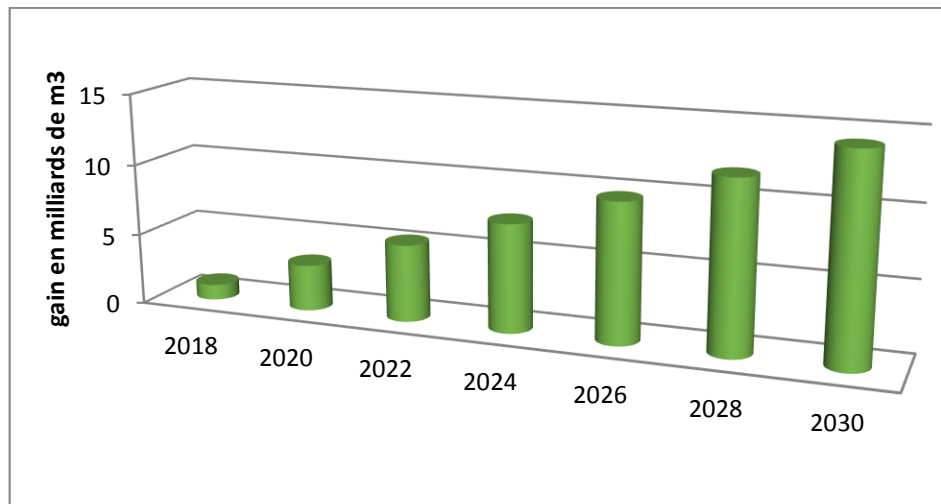
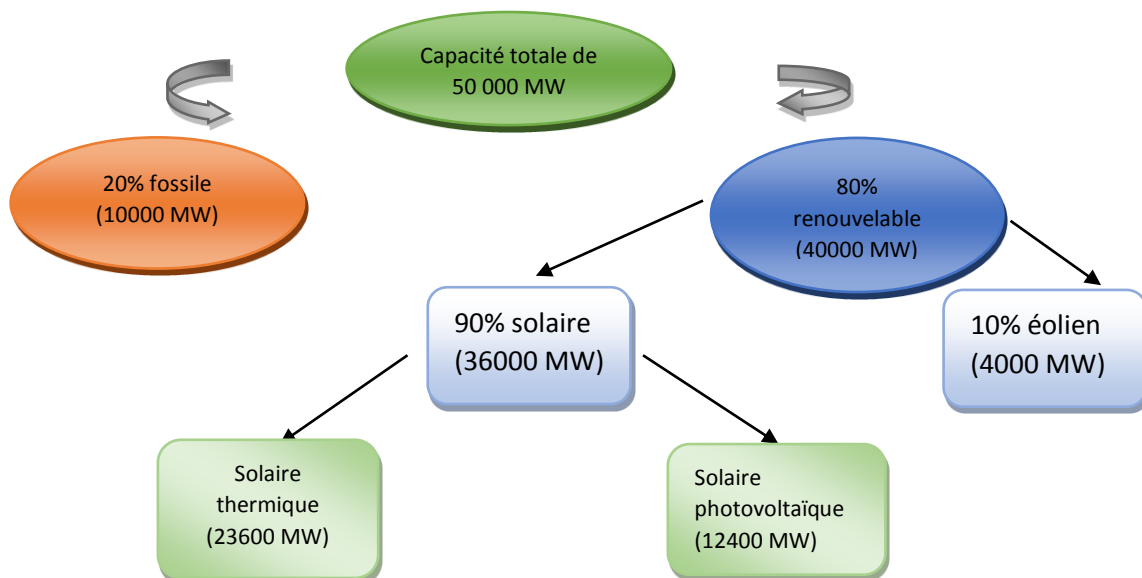


Figure 5.6 : Estimation de gaz naturel épargné d'ici 2030 « scénario volontariste »

En 2030, nous atteindrons un gain plus de **14 milliards de m³** de gaz naturel, si nous adoptons la politique du renouvelable, nous pourrions épargner la moitié de gaz naturel d'ici 2030. Cette quantité de gaz épargnée sera conservée pour les générations futures ou notamment pour payer les fabricants des centrales solaires.

1.5.2. Scénario 80 % renouvelable en 2050



Nous considérons que la consommation sera de 3500 kWh/hab/an en 2050. La population sera de 65 millions d'habitants. Ce qui donne une consommation globale de **227 TWh** à l'horizon 2050.

Donc d'ici 2050, nous devons construire **50 000 MW** pour atteindre les **227 TWh**.

✓ Consommation d'électricité à l'horizon 2050

Nous allons installer **50 000 MW** en **33 ans**, dont **80%** d'énergie renouvelable, soit **40000 MW**.

○ Solaire

Nous proposons que **90 %** de la production renouvelable (**36000 MW**) proviendraient du solaire à l'horizon 2050, tel que **23600 MW** auraient pour sources **des centrales solaire thermiques** et **12400 MW** proviendraient de **centrales photovoltaïques**.

Pour cela, la feuille de route suivante pourrait être proposée :

- Installation d'une centrale thermique de capacité unitaire **400 MW** par an pendant les 13 ans jusqu'à 2030, puis deux centrales thermiques par an jusqu'à 2048 et 5 centrales thermiques par an pour les années 2049 et 2050.
- Installation de 6 centrales photovoltaïques de capacité unitaire de **50 MW** par an pendant les 13 ans (jusqu'à 2030) puis 8 centrales par an jusqu'à 2048 et 13 centrales pendant les deux derniers années.

Globalement, pendant les 33 ans, Nous allons installer **59 centrales thermiques** et **248 centrales photovoltaïques**.

Tableau 5.8 : Capacité solaire cumulée installée d'ici 2050 « Scénario volontariste »

Année	2018	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Energie solaire thermique (MW)	400	1200	3200	5200	9200	13200	17200	23600
Energie photovoltaïque (MW)	300	900	2400	3900	5900	7900	9900	12400
Capacité installée (MW)	650	1950	5200	8450	13700	19000	24600	32400

○ Eolien

Les **10 %** restants seront d'origine éolienne (**4000 MW**), pour cela il faut un parc de **800** éoliennes de **5 MW**, qui seront installées comme suit :

22 éoliennes de **5 MW** par an jusqu'à **2030**, puis **25** éoliennes par an jusqu' à **2048** et **64** éoliennes pendant les **deux dernières années**.

Tableau 5.9 : Capacité éolienne cumulée installée d'ici 2050 « Scénario volontariste »

Année	2018	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Capacité installée (MW)	110	330	880	1430	2055	2705	3305	4000

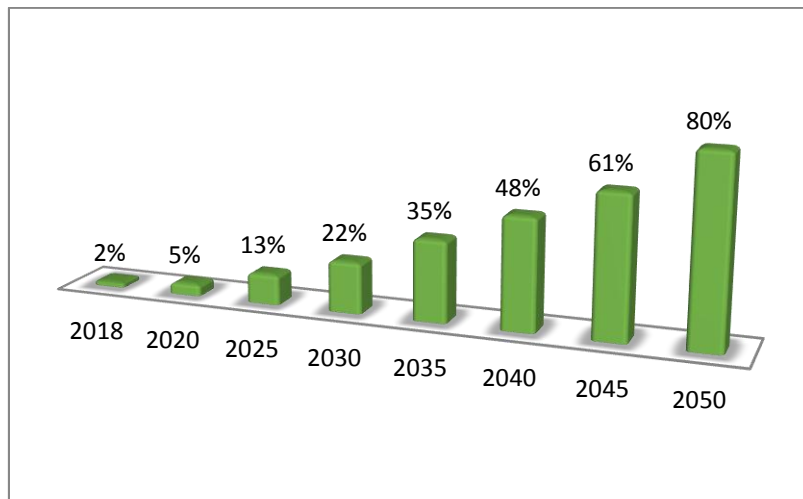


Figure 5.7 : Evolution du pourcentage de la production renouvelable à l'horizon 2030 « Scénario volontariste »

✓ **Le cout des installations**

Tableau 5.10 : Projection des couts des installations solaires et éoliennes d'ici 2050 « Scénario volontariste »

Année	2018	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Cout (milliards de dollars) « solaire »	0.70	2.10	5.60	9.10	15.10	21.10	27.10	36.00
Cout (milliards de dollars) « éolien »	0.11	0.33	0.88	1.43	2.06	2.71	3.31	4.00
Cout (milliards de dollars)	0.81	2.43	6.48	10.53	17.16	23.81	30.41	40.00

✓ Ce vaste chantier coûterait plus que **40 milliards de dollars.**

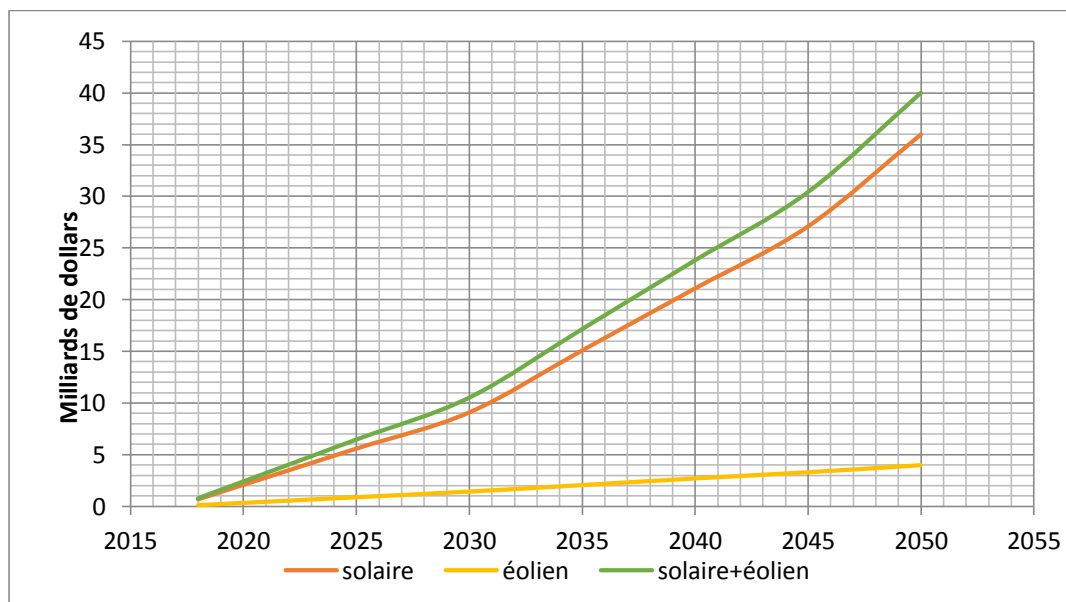
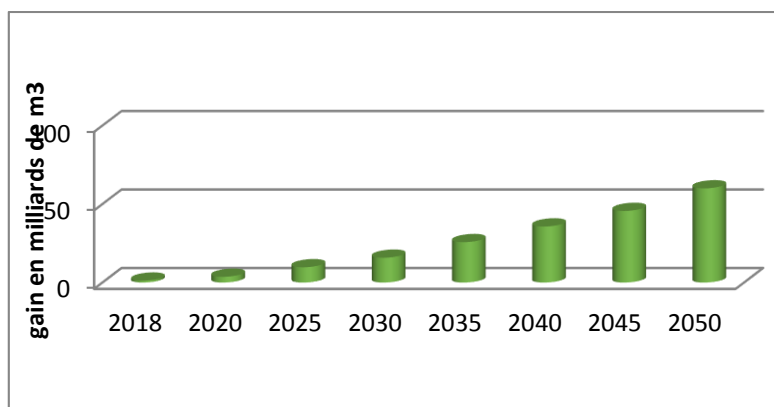


Figure 5.8 : Evolution du cout cumulé des installations d'ici 2050 « scénario volontariste »

✓ **Gain en gaz naturel****Tableau 5.11** : Estimation du gain en gaz naturel d'ici 2050 « scénario volontariste »

Année	2018	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Gain (milliards de m ³)	1.22	3.65	9.72	15.80	25.73	35.71	45.61	60.00

**Figure 5.9** : Projection du gaz naturel épargné à l'horizon 2050 « Scénario volontariste »

D'ici 2050, nous atteindrons un gain de 60 milliards de m³ de gaz naturel.

1.5.3. Scénario 100 % renouvelable en 2050

La consommation totale d'électricité qui est **50 000 MW** sera d'origine renouvelable.

✓ **Consommation d'électricité**○ **Solaire**

Nous proposons que **90%** de la production renouvelable (**45000 MW**) proviendraient du solaire à l'horizon 2050, tel que **30000 MW** auraient pour sources **des centrales solaire thermiques** et **15000 MW** proviendraient de **centrales photovoltaïques**. Pendant les 33 ans, nous allons installer **75 centrales solaires thermiques** et **300 centrales photovoltaïques**.

Tableau 5.12 : Capacité solaire cumulée installée d'ici 2050 « Scénario volontariste »

Année	2018	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Capacité installée (MW)	800	2400	6400	11200	19450	27700	35950	45000

○ **Eolien**

Les **10 %** restants seront d'origine éolienne (**5000 MW**), pour cela il faut un parc de **1000** éoliennes de **5 MW**, qui seront installées comme suit :

Tableau 5.13 : Capacité éolienne cumulée installée d'ici 2050 « Scénario volontariste »

Année	2018	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Capacité installée (MW)	140	420	1120	1820	2570	3320	4070	5000

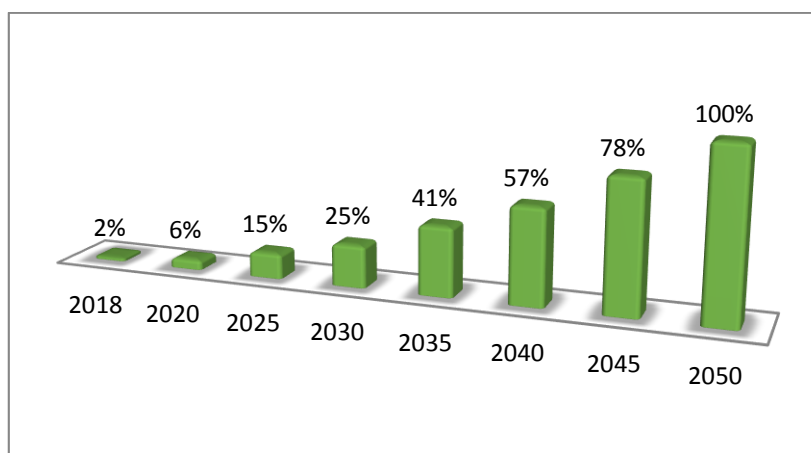


Figure 5.10 : Evolution du pourcentage de la production renouvelable à l'horizon 2050 « Scénario volontariste »

Au niveau environnemental, ce scénario permettrait à l'Algérie de réduire non seulement des émissions de CO₂, mais aussi l'ensemble des gaz à effet de serre. Et avec comme avantage collatéral une amélioration de la qualité de l'air, de l'eau et des sols.

✓ Le cout des installations

Tableau 5.14 : Estimation des couts cumulés des installations solaires et éoliennes à l'horizon 2050 « Scénario volontariste »

Année	2018	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Cout (milliards de dollars) « solaire »	0.8	2.4	6.4	11.2	19.45	27.7	35.95	45
Cout (milliards de dollars) « éolien »	0.14	0.42	1.12	1.82	2.57	3.32	4.07	5
Cout (milliards de dollars)	0.94	2.82	7.52	13.02	22.02	31.02	40.02	50

✓ Ce vaste chantier coûterait plus que **50 milliards de dollars**.

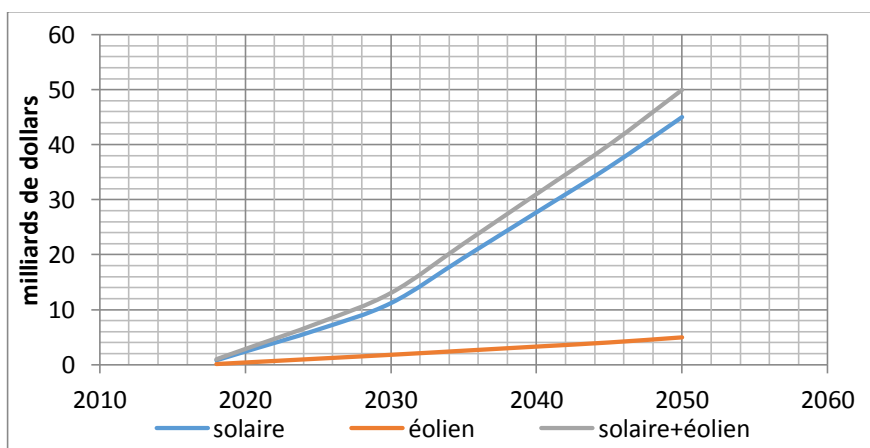
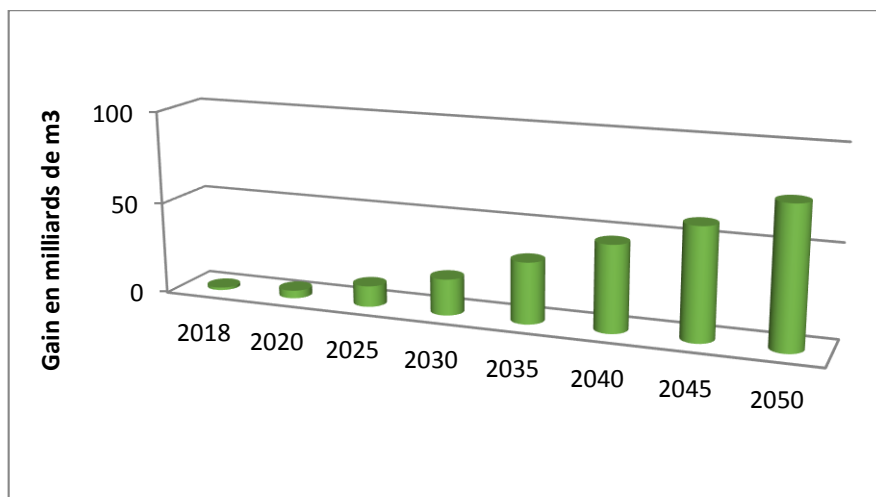


Figure 5.11 : Evolution du cout cumulé des installations d'ici 2050 « scénario volontariste »

✓ **Gain en gaz naturel****Tableau 5.15** : Estimation du gain en gaz naturel d'ici 2050 « Scénario Volontariste »

Année	2018	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Gain (milliards de m ³)	1.41	4.23	11.28	19.53	33.03	46.53	60.03	75

**Figure 5.12** : Projection du gaz naturel épargné à l'horizon 2050 « Scénario Volontariste »

D'après les calculs, cette transition énergétique permettrait, sur le cumul de la période 2018 - 2050, une économie globale de **75 milliards de m³**. Hors que 1 milliard de m³ représente l'équivalent de 360 millions de dollars. Soit un gain de 27 000 millions de dollars.

« Le plan énergie solaire doit se faire le plus rapidement possible »

Les gains en GN peuvent financer une partie des coûts d'installation des centrales solaires.

1.6. Les autres possibilités permettant d'atteindre un Développement Humain Durable

1.6.1. Energies renouvelables autres que l'éolien et le solaire

A côté des énergies renouvelables (Solaire et éolien), l'Algérie devrait aussi exploiter ses autres sources d'énergie renouvelable. Nous citerons la biomasse, l'hydroélectricité et la biomasse.

▪ **Energie géothermique**

✓ **Potentiel**

- Plus de 280 sources chaudes ont été inventoriées dans la partie Nord du Pays dont 33% d'entre elles ont des températures supérieures à 45°C.
- Il existe des sources à hautes températures pouvant atteindre 118°C à Biskra.

✓ **Utilisations**

- **La géothermie pour produire de la chaleur** : L'eau puisée dans le sous-sol par le puits de production cède ses calories à un circuit de tuyaux « Principe de l'échangeur thermique » qui permet de chauffer les bâtiments.
- **La géothermie pour produire de l'électricité** : L'eau est alors présente dans le sous-sol sous forme liquide ou sous forme de vapeur. Cette vapeur va permettre de faire tourner une turbine, qui, accouplée d'un alternateur, produira de l'électricité.

▪ Hydroélectricité**✓ Potentiel**

Les quantités globales tombant sur le territoire algérien sont importantes et estimées à 65 milliards de m³.

✓ Utilisation

103 sites de barrages ont été recensés. Plus de 50 barrages sont actuellement en exploitation. 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 à la non-exploitation des sites hydrauliques existants !

▪ Biomasse**✓ Potentiel**

La forêt, l'Algérie se subdivise en deux parties.

- Les régions selvatiques qui occupent environ 25 millions hectares, soit un peu plus de 10% de la superficie totale du pays.
- Les régions sahariennes arides couvrant presque 90 % du territoire.

Dans le nord, 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.

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.

✓ Utilisation

- **Bois énergie**, est sans doute la source d'énergie la plus intéressante dans la problématique des énergies renouvelables. Tout le monde a en tête les dégâts provoqués par la déforestation dans les régions tropicales.
- **Le biocarburant**, dont il en existe deux types, les éthanol destinés aux moteurs à essence, sont issus de différentes plantes comme le blé, le maïs, la betterave et la canne à sucre. Le procédé consiste à extraire le sucre de la plante pour obtenir de l'éthanol après fermentation.
- Les biodiesels sont extraits des oléagineux (Colza, tournesol, soja...).

Le biogaz

Le biogaz est un mélange composé essentiellement de méthane (CH₄) et de gaz carbonique (CO₂). Suivant sa provenance, il contient aussi des quantités variables d'eau, d'azote, d'hydrogène sulfuré (H₂S), d'oxygène, d'aromatiques, de composés organohalogénés (chlore et fluor) et des métaux lourds en traces. Il est produit par un processus de fermentation anaérobie des matières organiques animales ou végétales.

Plan d'action

- L'analyse et le diagnostic de la situation actuelle en matière de ressources forestières et d'équilibres naturels « La régénération naturelle du Pin d'Alep dans le barrage vert».
- L'organisation à mettre en place et les moyens à mettre en œuvre pour arriver à prendre en charge des mesures liées à la restauration des équilibres et faciliter à l'utilisation durable des ressources forestières dans des projets agricoles.

1.6.4. Mise en œuvre d'une politique de promotion des économies d'énergie

Les économies d'énergie sont l'ensemble des actions économiquement rentables par un individu ou une entreprise pour réduire les consommations d'énergie.

Enjeu financier : Dans un contexte de crise économique et sociale et d'augmentation des prix de l'énergie, beaucoup des gens estiment que leurs factures d'énergie représentent une part importante des dépenses totales du foyer.

Enjeu environnemental : La raréfaction des ressources, la hausse de la température moyenne de la planète et la pollution sont sources de préoccupation.

Ci-après, nous présentons un ensemble d'actions d'économie d'énergie.

a) Les utilisateurs des locaux

✓ L'éclairage

- Utilisez des lampes "basse consommation", leur durée de vie est multipliée par dix par rapport aux lampes à incandescence et elles consomment cinq fois moins d'électricité.
- Eteignez la lumière dans les pièces non occupées.
- Laissez entrer la lumière naturelle dans les pièces, elle est gratuite et inépuisable.

✓ Coupure des veilles des appareils électriques

Il est recommandé d'éviter les positions "veille" des appareils électriques pour éviter toute consommation superflue. En diminuant ainsi 10 % de la consommation électrique.

✓ Le chauffage

- Limitez les températures dans vos pièces : la température conseillée est de 19°C dans le salon et la salle à manger et de 16°C dans les chambres. "1° de moins représente 7 % d'économies".
- Lorsque vous vous absentez, n'oubliez pas de baisser le chauffage.
- Il est important de contrôler l'aération de votre logement. Une fenêtre entre-ouverte toute la journée consomme une énorme quantité d'énergie. Afin d'économiser votre chauffage, il suffit d'aérer abondamment vos pièces deux à trois fois par jour durant cinq à dix minutes maximum.
- Nettoyez régulièrement vos convecteurs pour les rendre plus efficaces.

✓ L'eau

- Si possible, utilisez des limiteurs de débit pour la douche et les robinets. Ceux-ci vous permettront de réduire d'environ 50 % votre facture d'eau annuelle.

- Faites détartrer et régler périodiquement votre chauffe-eau et limitez la température à 60°.
- Prenez des douches plutôt que des bains.
- N'utilisez votre lave-linge et votre lave-vaisselle que lorsque c'est nécessaire. Evitez de les employer lorsqu'ils ne sont que partiellement remplis. Le pré-lavage n'est pas toujours utile.
- N'oubliez pas de faire réparer les robinets et chasses d'eau qui fuient. Un robinet qui goutte gaspille environ 10 litres par jour et un simple filet d'eau dans la cuve peut utiliser de 200 à 500 litres par jour.
- ✓ **Cuisson**
- Dès que possible, couvrez vos plats pendant la cuisson ou utilisez un autocuiseur. Vous économiserez environ 30 % d'énergie.
- Limitez la durée du préchauffage de votre four et pensez à l'arrêter quelques minutes avant la fin de la cuisson.
- ✓ **Electroménager**
- Ne mettez pas d'aliments encore chauds dans le congélateur ou le réfrigérateur.
- Dépoussiérez les grilles arrière de ces appareils.
- Dégivrez dès que la couche de givre dépasse 3 mm.
- Ne placez pas ces appareils près d'une source de chaleur.
- séchez votre linge à l'air libre « le sèche-linge est très énergivore ».

b) Le bâtiment

Certaines caractéristiques d'un bâtiment influencent les besoins en énergie.

✓ S'il s'agit d'un bâtiment existant

- Il faut favoriser au maximum l'éclairage naturel pour n'avoir besoin que d'un minimum d'éclairage artificiel.
- Contrôles des systèmes, des appareils de régulation comme des thermostats, des horloges... doivent être accessibles.

✓ S'il s'agit d'un nouveau bâtiment

- Orientation : Un bâtiment orienté au sud aura certainement un besoin moins important en chauffage grâce aux apports solaires.
- Isolation : Un bâtiment bien isolé aura des besoins de chauffage et de climatisation moins importants.
- Matériaux : Les matériaux utilisés lors de la construction ont un impact sur les transferts de chaleur et, par conséquent, sur les consommations d'énergie.

c) Equipements installés

✓ Chaudière gaz à condensation

Comme une chaudière classique, une chaudière à condensation brûle du gaz pour produire de la chaleur. Au lieu d'en rejeter une partie sous forme de fumée chaude, la chaudière à condensation refroidit la fumée jusqu'à la rendre liquide, pour récupérer le maximum de chaleur

✓ Chaudière fioul à condensation

Comme une chaudière classique, une chaudière fioul à condensation brûle du fioul pour produire de la chaleur. En refroidissant par condensation les fumées émises lors de la combustion du fioul, la chaudière fioul à condensation récupère davantage de chaleur sans consommer plus de fioul.

✓ Chaudière gaz basse température

Le chauffage avec une chaudière gaz basse température permet de faire jusqu'à 20% d'économie par rapport à une chaudière gaz classique.

La chaudière gaz basse température est un générateur de chaleur économe en énergie grâce à ses bons rendements. Son fonctionnement est comparable à une chaudière gaz classique.

✓ Chauffe-eau solaire

Le chauffe-eau solaire fait partie des équipements domestiques qui ont été modifiés pour fonctionner grâce à la ressource des énergies renouvelables, en réalisant des économies.

Pour le faire fonctionner, il faut installer un panneau solaire thermique qui permet de capter la chaleur du soleil. Ce capteur solaire se compose d'une plaque reliée à des tubes métalliques. La chaleur captée est transportée dans un circuit étanche jusqu'au ballon de stockage. La chaleur est alors libérée pour chauffer l'eau chaude sanitaire qui est ensuite utilisée dans la maison. Pour plus de sûreté, ce système de chauffe-eau solaire embarque également un dispositif d'appoint sur lequel le ballon d'eau chaude peut basculer dès que l'énergie solaire vient à manquer pour le faire fonctionner.

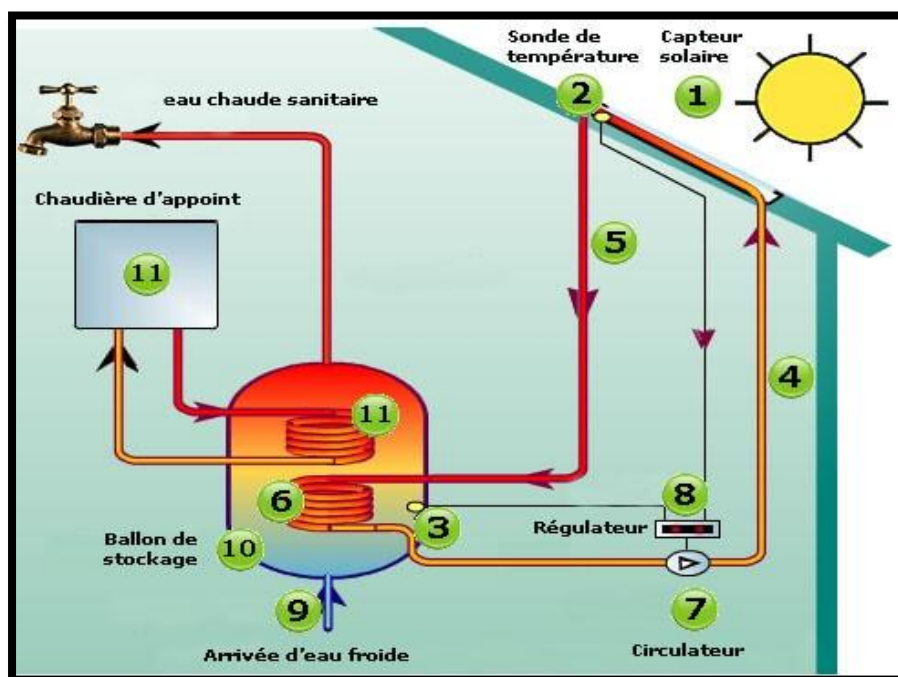


Figure 5.14 : Le principe de fonctionnement d'un chauffe-eau solaire, EDF

1.6.5. Valorisation des déchets

En 2016, les déchets ménagers en Algérie sont estimés à 14 Mt, répartis en 62% de matières organiques, 24% de produits inorganiques et autres.

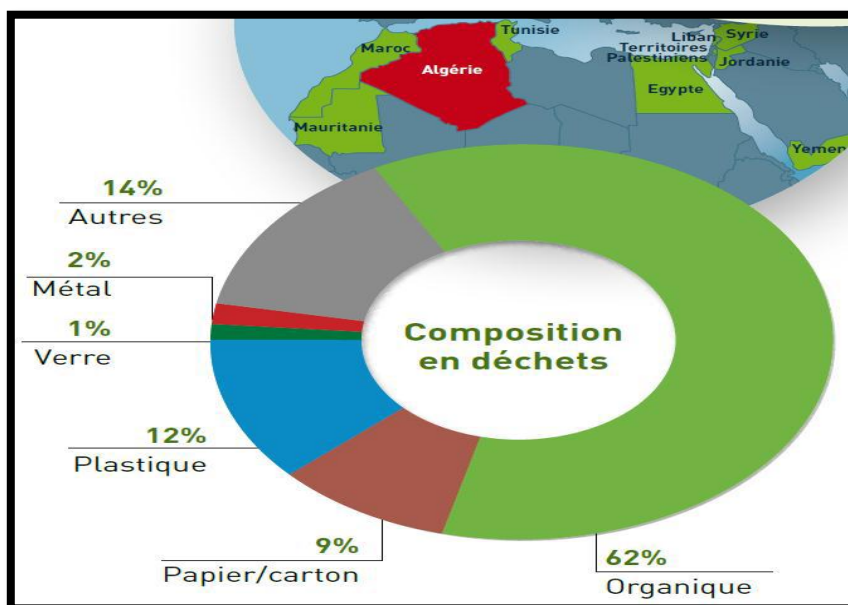


Figure 5.15 : Composition de déchets ménagers en Algérie

Déchets organiques

Sachant qu'une tonne de déchet donne 500 m³ de biogaz, 400 kg de charbon, 300 m³ de gaz naturel, soit 3000 kW. La valorisation des 8.7 Mt de déchets organiques produits annuellement donne alors, 4 milliards m³ de biogaz sont récupérés ou bien 2,6 milliards m³ de gaz naturel, 26 millions MWh ou encore 2,3 millions de TEP.

Déchets inorganiques

- Le Papier et le carton sont faits de fibres de bois (cellulose) biodégradables et recyclables et non-toxiques. Il est donc possible de les composter, de les valoriser énergétiquement. A Chaque fois qu'une tonne de papier est recyclée, 1.4 tonne de bois est économisée, soit 10,2 MWh d'énergie.
- Le plastique représente deux types :

Les PET, Polyéthylène Téréphtalate, c'est l'ensemble des plastiques transparents, dont une tonne recyclée représente 0,6 tonne de pétrole brute économisée ainsi que 0,2 m³ de gaz naturel et 11 MWh.

Les PEHD, Polyéthylène Haute Densité, généralement des plastiques opaques. Pour une tonne recyclée représente 0,5 tonne de pétrole brut économisée ainsi que 0,3 m³ de gaz naturel et 8 MWh.

- Le verre : le recyclage du verre est beaucoup plus simple que le recyclage du papier, car le verre peut se recycler à l'infini. Une tonne de verre recyclée représente 0,6 tonne de sable économisée ainsi que 0,1 tonne de calcaire et 0,5 tonne d'équivalent CO₂ évitée.

- Les métaux : les métaux qui peuvent être recyclés sont l'aluminium et l'acier. Pour une tonne d'aluminium recyclée, un gain de 2,4 tonnes de bauxite et 26,6 MWh, soit 6,9 tonnes d'équivalent CO₂ évitée. Alors que pour une tonne d'acier recyclée, on gagne près de 1,9 tonne de minerai de fer ainsi que 0,6 tonne de coke (charbon) et 4,4 MWh, soit 1,8 tonne d'équivalent CO₂ évitée.

1.6.6. Traitement des eaux usées

Les eaux usées sont des eaux qui ont été altérées par l'activité humaine. Le recyclage de ces eaux remplit un double objectif. En amont, il permet de l'économiser en fournissant une « ressource alternative », tandis qu'à l'autre bout de la chaîne, il diminue le volume des rejets d'eaux usées dans l'environnement. La raréfaction des ressources et l'importance des coûts d'acheminement et d'évacuation des eaux pour l'alimentation des villes ont poussé les autorités un peu partout dans le monde à se pencher sur la question de la réutilisation des eaux usées. Une station d'épuration rassemble une succession de procédés qui permettent de purifier l'eau, dont les principales étapes sont résumées sur la figure ci-dessous.

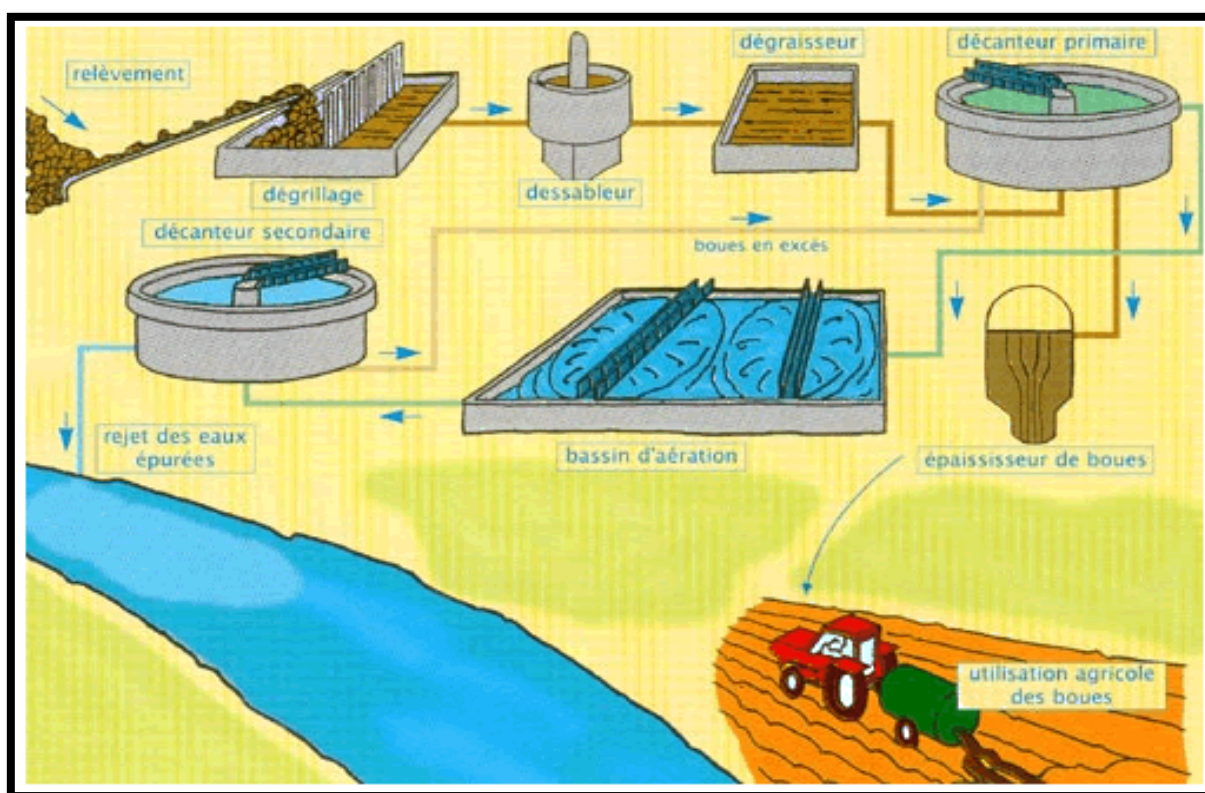


Figure 5.16 : Les grandes étapes de purification d'une eau usée

- Environ 25% des eaux usées, soit 450 millions de m³ à la fin 2016, le nombre total des stations d'épuration en exploitation par l'ONA a atteint un nombre de 136 stations, avec une capacité globale installée de 9 millions équivalent habitant pour un débit nominal moyen de 1,4 millions m³/j.
- Le volume mensuel des eaux épurées du mois est de plus de 15 Millions de m³, avec un débit moyen journalier de : 488 516 m³.

La charge moyenne hydraulique par rapport aux capacités installées est de 35%. Pour arriver à épurer plus de 600 millions de m³ d'eaux usées au futur de 2030, il faudra réaliser en moyenne 4 stations par an pour arriver aux 52 stations à l'horizon 2030.

1.6.7. Lutte contre le gaspillage d'aliments

Chaque jour, on gaspille des quantités importantes d'aliments produits tandis que dans le même temps, une part importante de la population peine à se nourrir. Pour lutter contre ce gaspillage, une idée simple mais géniale a été évoluée au Québec. Des habitants installent dans la rue des frigos accessibles à tous pour partager les aliments destinés à la poubelle. Le mouvement a rencontré un grand succès.

Une vingtaine de frigos communautaires ont fleuri dans les villes du Québec depuis deux ans, dont une dizaine à Montréal. Au fond d'une boutique, à l'entrée d'un centre communautaire, dans le jardin d'un particulier... Les lieux sont divers, mais le principe est toujours le même, les frigos sont là pour accueillir de la nourriture préalablement destinée à être jetée. Quiconque peut venir y déposer ou prendre des denrées. « C'est un moyen de garder active la discussion autour du gaspillage alimentaire ». Beaucoup n'osent pas venir se servir, car ils préfèrent laisser la nourriture à ceux qui en ont le plus besoin. Mais si, pour compléter un repas, ils peuvent récupérer gratuitement du pain qui était destiné à être jeté, qu'ils le prennent ! C'est un combat de gagné contre le gaspillage. [18]



Figure 5.17 : Jonathan Fleury et le frigo des Buissons d'Anjou, à Montréal.

« Ce sont des petits projets, mais leur réussite prouve le succès de la communauté »

1.7. Conclusion

Un ensemble de scénarios énergétiques sont proposés au cours de cette étude. Chaque scénario peut être considéré comme l'instantané d'un avenir possible, mais ceci ne représente évidemment qu'une des perspectives possibles à l'avenir des énergies fossiles pour la production de l'électricité. Ces perspectives essaient de répondre à la question : **Comment construire un système énergétique soutenable ?**

L'Algérie doit se diriger vers une nouvelle stratégie sobre qui consomme moins et mieux. Il est nécessaire de freiner le pompage des hydrocarbures d'une façon débridée, notre meilleure banque est notre sous-sol. Consommons vert. Nous devons sans tarder aller vers les énergies renouvelables qui sont la force de notre pays. Nous n'hypothéquons pas l'avenir des générations futures en leur laissant une Algérie vivante.

Chapitre 6 Une nouvelle stratégie énergétique

Chapitre 6 Une nouvelle stratégie énergétique

6.1. Introduction

En complément des scénarios proposés pour le développement des énergies renouvelables, dans le droit fil de l'implémentation graduel de la nécessité d'aller vers le Développement Humain Durable seules issue qui nous reste pour laisser une Algérie viable aux générations futures, nous nous sommes intéressés dans le cadre des applications de l'énergie à deux grands secteurs qui sont principaux en Algérie le Secteur des transports et le secteur résidentiel. Nous commençons ci-dessus par le secteur des transports.

6.2. Une nouvelle stratégie pour les transports

Le secteur de transport en Algérie est considéré comme l'un des secteurs les plus énergivores avec 41% de la consommation d'énergie finale du pays. La demande en produits pétroliers utilisées dans ce secteur ne cesse d'augmenter d'une manière appréciable, ce qui a engendré un déficit de carburants dans ces dernières années. En l'occurrence, l'Algérie est menacée d'épuisement des ressources fossiles à ce rythme. Des analyses et des études préalables sont réalisées dans cette partie sur le parc d'automobile algérien et les divers carburants. Des solutions stratégiques sont proposées afin d'améliorer la consommation énergétique dans le secteur de transport en construisant une nouvelle société qui consomme moins et mieux. Pour laisser une partie réserve aux générations futures tout en protégeant notre environnement.

6.2.1. Etat des lieux du transport en Algérie

6.2.1.1. Evolution du parc automobile

Nous présentons sur la figure ci-dessous l'évolution du parc depuis une vingtaine d'années. Il est à remarquer que d'autres statistiques avancent le chiffre de 6,5 millions de véhicules.

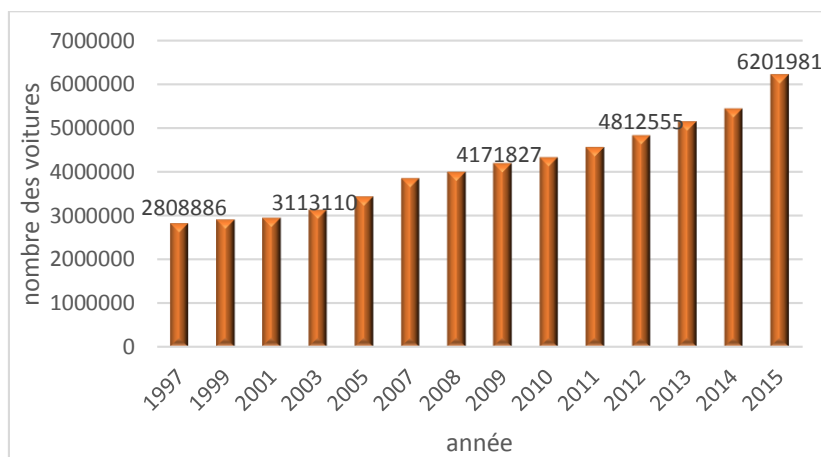


Figure 6.1 : L'évolution de parc de vehicule Algérien, ONS

L'augmentation du parc avant l'année 2002 était de l'ordre de 1 % par an. Ensuite, le parc a augmenté en moyenne de 4,75 % par an.

En 15 ans, le parc automobile a été multiplié par 2 en allant de 2001 à 2015 passant de 2,9 millions de véhicules en 2001 jusqu'à 6.2 millions en fin de l'année 2015. Le premier facteur, qui représente la cause principale de ces résultats, est l'augmentation de la population algérienne mais aussi la qualité de vie qui s'est améliorées selon les indicateurs du PNUD. [19]

6.2.1.2. La répartition de parc de véhicules par wilaya

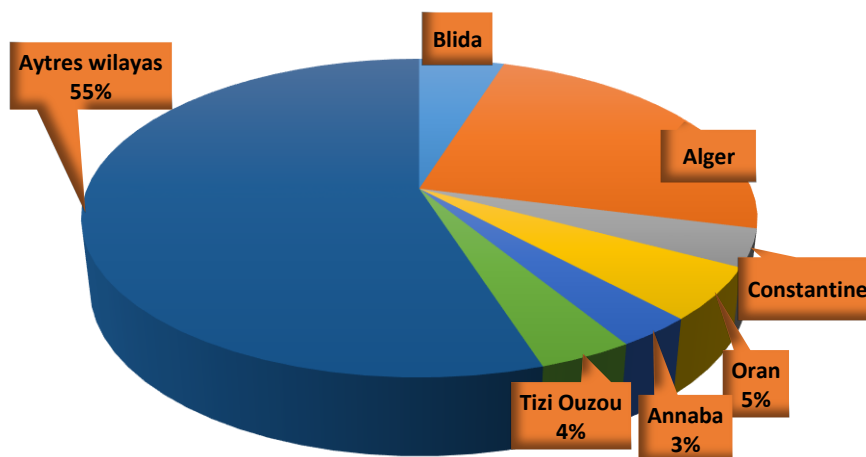


Figure 6.2 : Répartition du parc automobile par Wilaya

Source : ONS

Le tiers des véhicules circule dans les quatre wilayas du Grand Alger. On compte à Alger plus de 1.5 millions de voiture ce qui représente le quart du nombre de voitures totales qui circulent dans le pays, largement devant Blida, Oran, Tizi Ouzou avec respectivement 5%, 5% et 4%. Ce qui décrit la mauvaise répartition des véhicules sur les 48 wilayas en créant de véritables problèmes de circulation routière dans les grandes villes. Il vient que le manque de transports en commun participe aussi à l'asphixie du réseau routier.

6.2.1.3. Consommation de carburant en Algérie

La demande en carburants a connu une augmentation moyenne de 57 % depuis 2001 ou la consommation était de 5.79 millions de tonnes, et 12.24 millions de tonnes en 2012.

La consommation de carburant en Algérie a doublé en 10 ans, passant de 6,3 Mt en 2002 à 15.7 Mt en 2015, et à 16,5 millions de tep en 2016 essentiellement tirée par la consommation de gasoil qui représente 63%. Dans les dernières années, la demande en carburants a encore augmenté du fait que le parc automobile national à augmenter d'environ 10 % en moyenne. En 2013 et en 2014 l'Algérie a importé pour 500.000 voitures avec près de 5 milliards de dollars/an/ La chute brutale des prix du pétrole a réduit les importations en 2015 et 2016 à moins de 100.000 voitures pour plus d'un milliard de dollars. [20]

Depuis 2001, le marché algérien des carburants a marqué l'évolution suivante :

Tableau 6.1 : Evolution de la consommation des carburants, Naftal

Années	2001	2003	2005	2007	2009	2011	2012	2014	2015
Consommation de carburants (Mt)	5,79	6,59	7,26	8,40	10,27	11,28	13,48	14,72	15,72
Gazole (Mt)	3,90	4,72	5,37	6,32	7,04	7,59	8,96	9,40	9,96
% GO	67,36	71,62	73,97	75,24	68,57	67,31	66,43	63,85	63,36
Essence (Mt)	1,88	1,86	1,89	1,94	2,75	3,12	3,86	4,67	5,01
% essence	32,47	28,22	26,03	23,10	26,77	27,68	28,67	31,70	31,87

Nous remarquons que la consommation du gasoil a connu ces dernières années une forte augmentation par rapport à celle de l'essence, en enregistrant des taux très élevés à l'échelle nationale, passant de 3,9 millions de tonnes en 2001 jusqu'à 9.96 millions de tonnes en 2015. Ceci est dû principalement au prix faible du gasoil (13 DA jusqu'en 2015, contre 23 DA pour l'essence Si rien n'est fait pour rééquilibrer la consommation, l'Algérie importera de plus en plus de gasoil qu'elle revendra à un prix dérisoire. Aura-t-elle les moyens de poursuivre cette politique énergétique suicidaire est pour le budget et pour la santé citoyens ?

6.2.1.4. Constitution du parc automobile en Algérie

Sur le diagramme suivant nous présentons la situation du parc automobile par genre

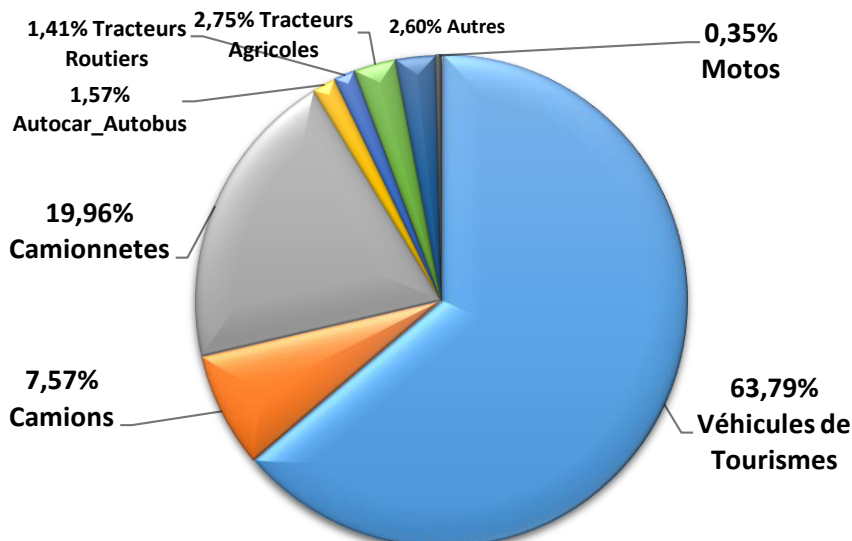


Figure 6.3 : Répartition du parc automobile par type de véhicules 2013

Source : ONS

Près des deux tiers des véhicules sont des voitures particulières. Le parc de camions est faible, cela veut dire que l'aspect commercial est marginal.

6.2.2. Les problèmes rencontrés dans la consommation de carburants

6.2.2.1. Déperdition à travers les frontières

La progression de la demande en carburants sur le marché national est non seulement liée à l'augmentation du parc automobile, mais aussi et surtout à l'étendue d'un marché qui transborde les frontières nationales pour alimenter les pays frontaliers à l'ouest, l'est et le sud du pays. Cela est dû au grand écart des prix des carburants, le litre de gasoil est vendu à la pompe 0,17 euro et le litre d'essence autour de 0,3 euro en Algérie, contre 0,87 et 0,82 euro au Maroc « Le gasoil est 6 fois plus cher alors que l'essence est 3 fois plus cher ». La contrebande de carburants coûte près d'un milliard d'euros par an en Algérie. Prenons l'exemple des 3 wilayas « Est : Tébessa, ouest : Tlemcen, sud : Ouargla.

Tableau 6.2 : La part dans le parc automobile et la consommation des carburants dans les wilayas de Tébessa, Tlemcen et Ouargla (2015), ONS

Wilaya	Part dans le parc automobile national (2015)	parc automobile en 2015 (millions de véhicules)	consommation théorique de carburant (Mt)	consommation réelle de carburant (Mt)	Déperditions de carburants (Mt)
Tébessa	1.05 %	0.065	0.165	0.455	0.29
Tlemcen	2.4 %	0.149	0.377	0.868	0.49
Ouargla	1.7 %	0.105	0.267	1.061	0.79
Total	5.15 %	0.319	0.809	2.384	1.58
Total national	100 %	6.2	14.12	15.70	1.58

Pour un total de 6,2 millions de voitures, nous consommons près de 15,7 Mt de carburant, ce qui implique que pour les 0,319 millions de véhicules des trois wilayas étudiés, on consomme près de 0,809 Mt de carburant, hors qu'en réalité on consomme environ 2,4 Mt. En fait, ces résultats montrent que l'Algérie perd environ 1,6 Mt de carburant chaque année pour alimenter les pays frontaliers. Soit d'après ce calcul 1,6 milliard de dollars. En fait ces chiffres sont minorés, car l'importation réelle est autour de 3 milliards de dollars !

6.2.2.2. Les couts des embouteillages

Un autre paramètre à signaler, est le cout des embouteillages, en clair combien d'énergie nous perdons dans des embouteillages, où non seulement, le véhicule, consomme sans rouler, il se fatigue, le conducteur aussi, et la productivité du pays aussi s'en ressent quand on arrive en retard au travail dans un état de stress peu propice à l'efficacité.

Hypothèses de calcul

- La consommation de 0,5 L/h de carburant durant l'embouteillage.
- Chaque véhicule est piégé dans l'embouteillage pendant 2 h « 1h matin et 1h soir ».
- L'émission de CO₂ est de 140 g CO₂ /Km, le véhicule peut aller jusqu'à 20 Km/h pendant l'embouteillage donc 40 Km pour 2 h.
- Le parc de véhicule dans ces wilaya est constitué de 63 % gasoil et 37 % essence.

✓ Cas d'Alger

Il faut retenir que 500.000 voitures circulant chaque jour à Alger (1/3 du total) et qui sont pris en moyenne dans deux heures d'embouteillage perdent l'équivalent de 500.000 litres d'essence ou encore plus grave en terme de pollution de diesel soit une perte au prix international de 500.000 dollars. Ramené simplement à 200j/an, Sachant qu'une tonne de carburant donne en moyenne 3 tonnes de CO₂, c'est près de 100 millions de dollars avec en plus en terme de pollution $500\ 000 \times 0,75 \times 3 \times 200 / 1000 = 200\ 000$ tonnes de CO₂. Qui vont stationner dans l'atmosphère causant au passage avec les autres gaz d'échappement des maladies (asthmes, bronchites, allergies...).

Avec 100 millions de dollars, il est possible d'améliorer d'une façon significative le réseau de transport en commun et ne pas rendre malade les citoyens. Cela fait partie des actions visant à aller dans le sens du Développement Humain Durable.

✓ Cas de la considération des wilayas les plus importantes

Ces valeurs sont données à titre indicatif sur l'année pour montrer les pertes potentielles en carburants, et les risques pour l'environnement et la santé. Même si ces chiffres sont à diviser par deux, les pertes sont énormes. Nous gaspillons des moyens et nous allons provoquer des problèmes de santé publique par le maintien du Diesel (gasoil) comme carburant.

Tableau 6.3 : Les couts des embouteillages dans les grandes wilayas « ONS »

Wilaya	Nombre de véhicules	Véhicules dans les embouteillages	les pertes de carburants (litres/an)	Pertes de carburants en gasoil (l)	Pertes de Carburants en essence (l)	Perte en milliards de dinars (gasoil)	Perte en milliards de dinars (essence)
Alger	1503869	501290	182970728	115271559	67699169	2,35	2,42
Oran	299475	99825	36436125	22954759	13481366	0,47	0,48
Annaba	192327	64109	23399785	14741865	8657920	0,30	0,31
Blida	316803	105601	38544365	24282950	14261415	0,50	0,51
Constantine	232489	77496	28286162	17820282	10465880	0,36	0,37
Bejaia	198897	66299	24199135	15245455	8953680	0,31	0,32
Tizi-Ouzou	237709	79236	28921262	18220395	10700867	0,37	0,38
Total	2981569	993856	362757562	228537265	134220297	4,67	4,79

Soit une perte annuelle d'environ 363 millions de litres de carburants avec une densité moyenne de 0,82. **C'est au total 300.000 tonnes de carburant qui coûterait au prix international 300.000 millions de dollars.** S'agissant du CO₂ c'est près de 1 million de tonnes de CO₂ qu'on éviterait de jeter dans l'atmosphère. Sans compter tous les gaz nocifs (NOX, HC imbrûlés...) et surtout le danger mortel constitué par les particules et qui sont un problème de santé publique qui n'est pas encore « visible » dans les comptes mais qu'il faudra quantifier. Lutter contre les embouteillages, l'utilisation de la voiture à tout moment, milité pour les transports en commun, donner un prix juste aux carburants en ne les subventionnant pas, cela participe de la prise de conscience de la nécessité du Développement Humain Durable.

6.2.2.3.Importation des carburants

La hausse des achats a suivi une pente ascendante, « 93697 véhicules en 2003 contre 5123705 en 2013 » (multiplié par 5,7 en 10 ans). Ceci a conduit à une augmentation de 64% de consommation en carburants, 7.5 millions de tonnes en 2003 contre 12.24 millions de tonnes en 2013. En parallèle, les capacités nationales théoriques de raffinage ont stagné autour de 22 millions de tonnes de pétrole brut, avec :

- ✓ 15 Mt pour la raffinerie de Skikda.
- ✓ 3 Mt pour la raffinerie d'Arzew.
- ✓ 2.7 Mt pour la raffinerie de Sidi Arcine à Alger.
- ✓ Environ 0.5 Mt pour la raffinerie de Hassi Messaoud.

Pour répondre à la forte croissance du parc automobile nationale, l'Algérie – pays pétrolier- est devenue, graduellement, un pays importateur de carburants.

En quantité physique, la compagnie pétrolière nationale Sonatrach a importé, en 2014, près de 2,8 millions de tonnes de produits raffinés. Ces quantités sont presque équivalentes à la capacité de la raffinerie de Sidi Arcine d'Alger. **C'est comme si l'Algérie construisait une Raffinerie à l'extérieur qu'elle peut mettre en place, sauf que le carburant importé est au minimum à 1\$ le litre.** [20]

6.2.2.4.Le diesel concérigène et son effet sur la santé humaine

Les émissions des moteurs Diesel sont classées depuis 2012 dans la catégorie des cancérigènes certains par le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC). Le caractère toxique et surtout cancérigène du Diesel était depuis longtemps débattu. Les moteurs d'avant les années 1980 ont progressivement inquiété du fait de leur impact visuel « fumées opaques et noires » et leur potentiel risque sanitaire pour l'homme.

Les émanations gazeuses (CO, CO₂, NO₂, toluène, benzène, divers autres COV et HAP, ainsi que des NOx) et particulaires des moteurs Diesel sont nocives pour la santé.

Elles sont source d'insuffisances respiratoires et de certains cancers :

- ✓ Une hausse du taux de particules fines **PM 2.5** de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ augmente le risque de cancer du poumon de 18 %.
- ✓ Une hausse du taux des plus grosses particules **PM 10** de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ augmente ce risque de 22 %.

Les particules en suspension émises par les pots d'échappement de moteurs Diesel peuvent être inhalées et se déposer dans les voies respiratoires, plus ou moins profondément selon leur taille. Les particules les plus fines sont considérées comme les plus dangereuses car leur petite taille leur permet de pénétrer plus profondément, jusque dans les alvéoles pulmonaires. En posant de graves maladies respiratoires.

Tableau 6.4 : Caractéristiques des diesels selon les normes

Véhicules à moteur Diesel						
Norme	Euro 1	Euro 2	Euro 3	Euro 4	Euro 5	Euro 6
Oxydes d'azote (NO _x)	-	-	500	250	180	80
Monoxyde de carbone (CO)	2 720	1 000	640	500	500	500
Hydrocarbures (HC)	-	-	-	-	-	-
Hydrocarbures non méthaniques (HCNM)	-	-	-	-	-	-
HC + NO _x	970	900	560	300	230	170
Particules (PM)	140	100	50	25	5	4,5
Particules (PN) (Nb/km)	-	-	-	-	6×10^{11}	6×10^{11}
Valeurs sauf PN exprimées en mg/km						

En Europe, c'est la norme Euro 6 qui est obligatoire. Le diesel algérien est à la norme euro 2. C'est-à-dire deux fois plus de CO et surtout 6 fois plus de NO_x et 20 fois plus de particules qui pénètrent dans les poumons occasionnant des maladies respiratoires.

6.2.3. Le gaz de pétrole liquéfié « GPLc » à la place de carburant actuel

Il est pour le moins qu'un pays qui dispose de grandes ressources en GPL capable de suppléer à la demande en essence, n'ait pas mis en place une politique d'intégration du sirghaz dans le mix carburant. Dans le futur pour développer une politique respectueuse de l'environnement et épargner les carburants pour d'autres usages et à tout le moins contribuer à la réduction des importations, il est important comme nous allons le montrer que le gaz est une alternative.

Le gaz de pétrole liquéfié est un carburant composé de 50 à 81 % butane C₄H₁₀ et de 19 à 50% de propane C₃H₈ avec une température de liquéfaction de -30°C. Ces proportions varient suivant les pays, et suivant les saisons. Techniquement, seuls les moteurs à allumage « moteurs à essence » qui peuvent être équipés pour fonctionner au GPL.

Avantage du GPL

- Un véhicule GPL est moins cher qu'un véhicule diesel.
- Le prix du GPL est le moins cher, ce qui permet de réaliser **25 %** d'économie par rapport à l'essence.
- L'entretien de votre véhicule est plus facile et sa durée de vie plus longue grâce à la combustion complète du GPL qui n'encrasse pas le moteur.
- Il ne rejette pas de particules nocives grâce à l'absence de plomb, de benzène et de soufre. Il est donc moins polluant que l'essence et le gasoil.
- Les émissions de CO₂ réduites de 18 % par rapport à un véhicule essence.
- Le GPL est largement disponible en Algérie avec une production de l'ordre de 7,4 millions de tonnes en 2013.

6.2.4. La révolution de la locomotion électrique

Une révolution est en train de se mettre en place dans le monde. Il s'agit de la voiture électrique qui sera encore plus conquérante **si elle utilise une électricité verte**. Une voiture électrique est une automobile mue par la force électromotrice d'un ou de plusieurs moteurs électriques dont la puissance totale peut aller de 15 kW à plus de 400 kW, selon la taille du véhicule, l'usage et les performances recherchées.

Ces moteurs sont alimentés par une batterie d'accumulateurs, une pile à combustible ou un moteur thermique générateur. Les voitures actuelles permettent une autonomie de 300 km. Chiffre qui est amené à augmenter dans les générations futures. [21]

6.2.4.1. Parc de voiture électrique dans le monde

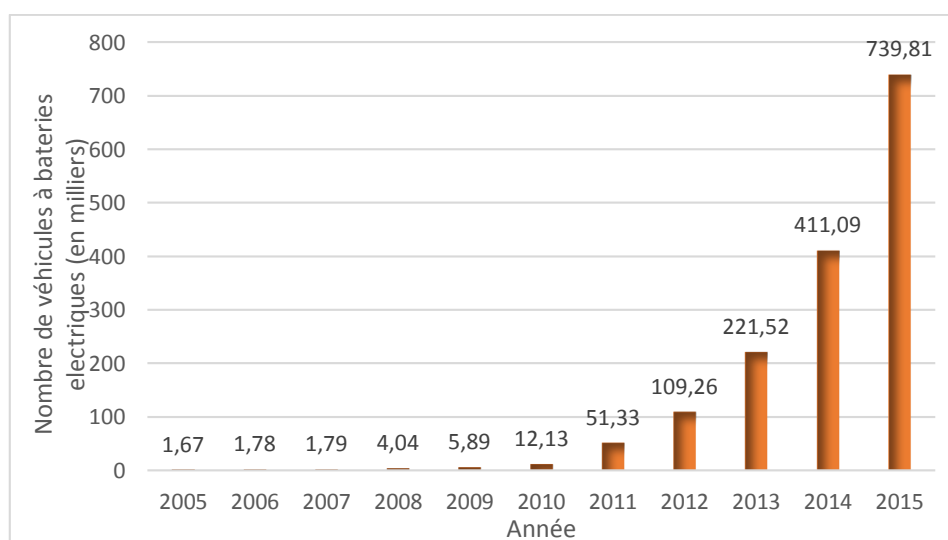


Figure 6.4 : Evolution de parc de voitures à batterie électrique dans le monde, statista.com

Le graphique ci-dessus illustre le stock de voitures à batterie électrique dans le monde de 2005 à 2015. On peut constater que le nombre de voitures à électriques a augmenté sur cette période, s'élevant à près de 740 milles voitures en 2015.

Ce secteur a augmenté de façon remarquable spécialement avec la crise mondiale et la nécessité d'abandonner les carburants fossiles dans le monde. En 2016, c'est le décollage il y a 1 million de voitures électriques achetés sur un total de 80 millions. Ce chiffre croitra d'une façon rapide selon les experts (Bloomberg). Il atteindra les 35 % du parc en 2035 soit près de 450 millions de voitures

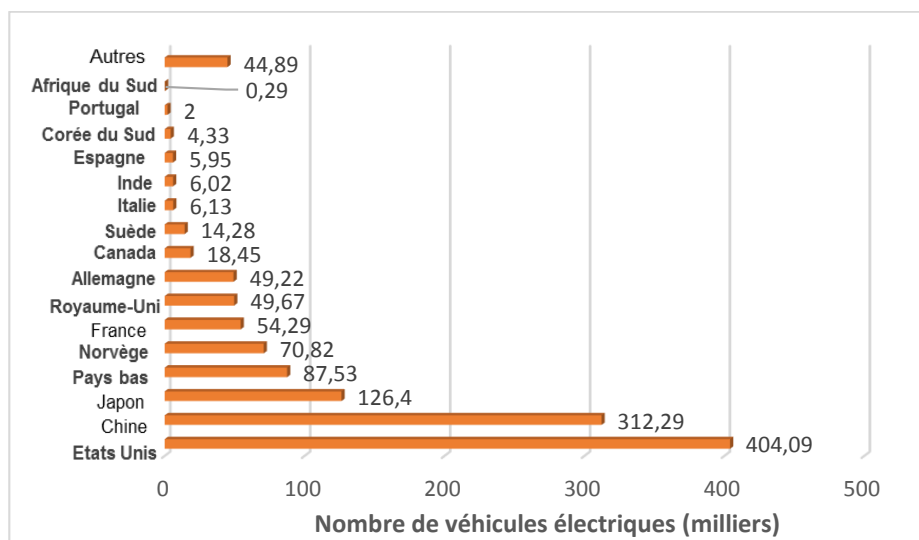


Figure 6.5 : Evolution de parc de voitures dans une sélection de pays à l'échelle mondiale, Statistica.com

Ce graphique illustre la répartition des parts de marché des voitures électriques dans une sélection de pays à l'échelle mondiale en 2015. Nous pouvons constater que les voitures électriques détenaient près de 10 % du marché aux Pays-Bas, tandis qu'elles possédaient un peu plus de 2 % au Danemark, mais les Etats Unis reste le leader des voitures électriques.

6.2.4.2. Avantages de la voiture électrique

- Il n'y a pas d'émission locale de polluant atmosphérique lié à la combustion et les émissions de CO₂ sont réduites en moyenne de 40 % à 50 % par rapport à celles des voitures thermiques.
- Elle est très simple à conduire, pas de vitesses.
- Elle est plus silencieuse qu'une voiture thermique.
- Le moteur est à l'arrêt lorsque le véhicule est à l'arrêt.
- Elle nécessite beaucoup moins d'entretien (Pas de vidange...).
- Aucun problème de démarrage.

6.2.5. Perspectives à l'horizon 2030 - 2050

Nous allons développer les deux scénarios aux deux horizons, un mix à 50 % renouvelable et GPL en 2030 et un autre scénario à 80% renouvelable en 2050.

6.2.5.1.Scénario tendanciel « Fil de l'eau »

✓ L'évolution du parc de véhicule algérien à l'horizon de 2050 « Scénario fil de l'eau »

Tableau 6.5 : L'évolution du parc de véhicule algérien à l'horizon de 2050 « Scénario fil de l'eau »

Année	2011	2013	2015	2018	2020	2024	2028	2030	2036	2040	2046	2050
Nombre de véhicules (Millions)	4,55	5,12	6,2	7,2	7,87	9,2	10,5	11,1	12,17	12,88	13,94	14,74

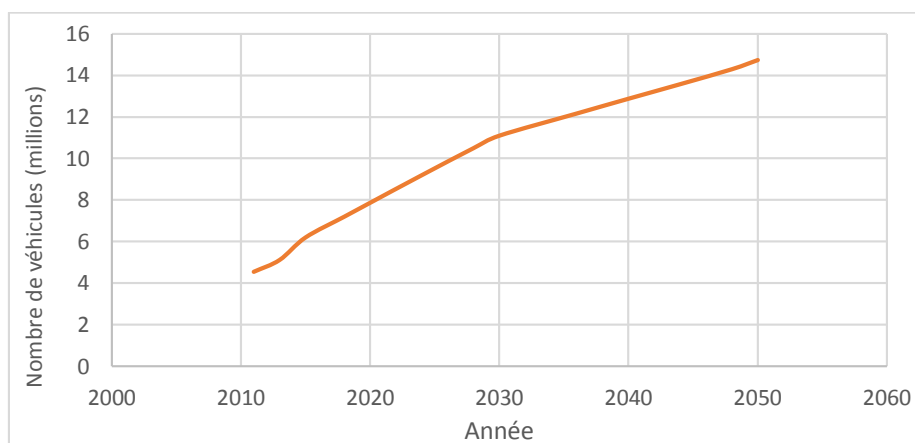


Figure 6.6 : Evolution du parc véhicules à l'horizon 2050 « Scénario fil de l'eau »

Le graphe ci-dessus illustre la diminution du taux d'augmentation de nombre de véhicules entre les années 2011 et 2050. Dont on marque un taux annuel moyen d'environ 3.6 % durant la période 2011-2030 contre un taux moyen de 1.3 % par an entre la période 2030 – 2050. Cette diminution peut être liée à la baisse du taux d'importation des véhicules ou à l'amélioration des moyens de transports en commun. Nous allons donner ensuite les quantités de carburants nécessaires en 2030 et 2050.

✓ L'évolution de la consommation du carburant

Tableau 6.6 : Evolution de la consommation de carburants « Scénario fil de l'eau »

Année	2011	2015	2017	2018	2020	2024	2030	2036	2040	2046	2050
Consommation d'essence (Mt)	3.12	5.01	5.79	6.18	6.96	8.52	10.86	14.55	17.69	23.71	28.81
Consommation de Gazoil (Mt)	7.59	9.96	10.94	11.43	12.41	14.37	17.31	21.21	24.28	29.74	34.05
Consommation totale (Mt)	11.28	15.72	17.56	18.48	20.32	24.00	29.52	37.19	43.37	54.64	63.73

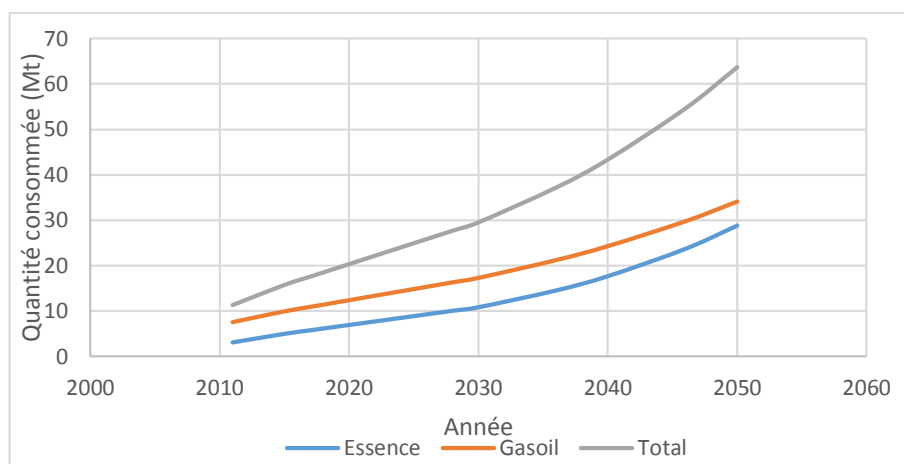


Figure 6.7 : Evolution de la consommation algérienne du carburant « Scénario fil de l'eau »

Le graphe ci-dessus montre que si rien n'est fait pour rééquilibrer la consommation, l'Algérie importera de plus en plus de gasoil qu'elle revendra à un prix dérisoire. Paradoxalement, la filière Sirghaz n'est pas vraiment exploitée. Le GPL ne représente que 6%, part stagnante entre 2011 et 2050.

A ce rythme de consommation, la demande en carburant va doubler à l'horizon 2030. Et quadrupler d'ici 2050. Il est impératif pour notre pays de rationaliser la consommation dans ce secteur. Quelques mesures de bon sens sont nécessaires dans le cadre d'une nouvelle stratégie énergétique sobre. Les scénarios que nous allons présenter vont permettre d'une part de polluer moins en consommant mieux et en choisissant le carburant. Tout ceci dans la perspective de laisser un viatique et un environnement viable aux générations futures.

6.2.5.2.Scénarios volontaristes

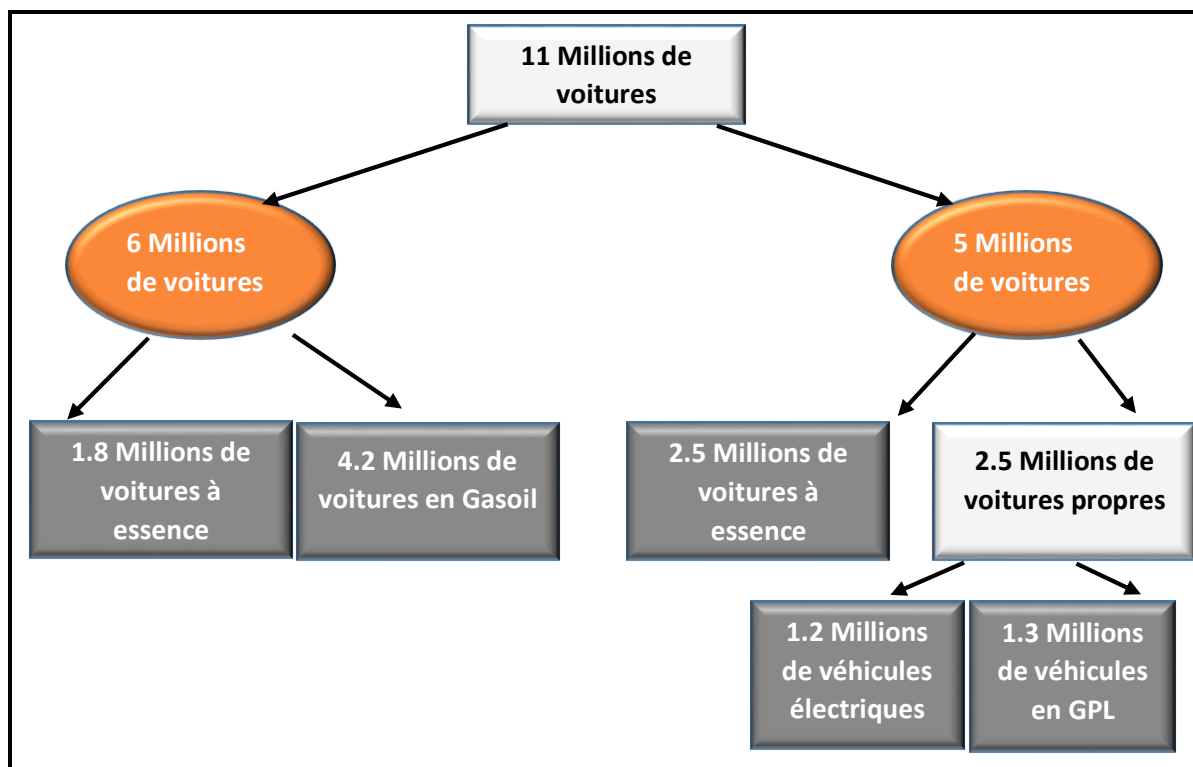
▪ Modèle 50 % propre à l'horizon 2030

A l'horizon 2030, nous proposons un scénario d'un parc de véhicule qui représente 50 % fossiles & 50 % renouvelable.

Les 50 % fossiles sont en majorité véhicules à essence à cause des effets dangereux de gasoil. Alors que les autres 50 % propres sont formés de 25% de véhicules électriques qui s'alimentent par des sources totalement renouvelables et 25 % véhicules GPLc.

Figure 6.8 : Schéma explicatif du modèle 50 % propre à l'horizon 2030 « Scénario Volontariste »

Le parc de véhicule actuel est composé de 70 % gasoil. Et à cause de ses effets cancérigènes, l'état doit agir suivant une stratégie économique qui consiste, en une augmentation des prix du diesel pour que le consommateur algérien vise un alternatif, et se dirige vers l'essence qui présente 30 % de la consommation totale du carburant.



Hypothèse

- On considère que le trajet moyen parcouru par un véhicule touristique « essence » en Algérie est de **20 000 km** avec une consommation de **7 L/ 100Km**. En même trajet, la voiture GPL consomme **8 L/100 Km**.
- On suppose que les prix des carburants vont augmenter d'une façon graduelle, en augmentant la différence entre le prix de l'essence et de GPL, en encourageant ainsi le consommateur à adopter le GPL. « L'augmentation de GPL est de l'ordre de **0.5 DA par an** par contre celle de l'essence est de **3 DA par an** ».
- L'Algérie peut et doit convertir en moyenne 10 000 voitures thermiques essences en GPL par an.
- ✓ **Convertir 1,3 Millions de véhicules en GPL sur les 13 ans**

Méthode de calcul

La valeur de la quantité d'essence économisée est le produit du nombre de véhicules à convertir par le trajet moyen par la consommation moyenne d'une voiture à essence.

Quantité d'essence économisée = nombre de véhicules à convertir × trajet moyen (20000 Km) × la consommation moyenne (7 L/100 Km)

La quantité de GPL consommée est le produit du nombre de véhicules à convertir par le trajet moyen et la consommation moyenne d'une voiture en GPL

Quantité d'essence économisée = Nombre de véhicules à convertir × trajet moyen (20 000 Km) × la consommation moyenne (8 L/100 Km)

Tableau 6.7 : L'évolution du nombre de véhicules essence à convertir en GPL et les gains d'essence et d'argent possibles « Scénario volontariste »

Années	Nombre de voiture essence à remplacer	Quantité d'essence remplacée par le GPL (10 ⁶ litres)	Quantité totale de GPL consommée (10 ⁶ litres)	Prix d'un litre d'essence (DA)	prix d'un litre de GPL (DA)	Le cout de GPL (10 ⁶ DA)	Le cout d'essence (10 ⁶ DA)	Le gain (10 ⁶ DA)
2018	100000	140	160	38,70	9,5	5,42	1,52	3,90
2020	300000	420	480	44,70	10,5	18,77	5,04	13,73
2024	700000	980	1120	56,70	12,5	55,57	14,00	41,57
2026	900000	1260	1440	62,70	13,5	79,00	19,44	59,56
2030	1300000	1820	2080	74,70	15,5	135,95	32,24	103,71

Si on convertit juste 100000 voitures essences du parc actuel à 7 L/100Km en GPL de 8L/100 Km par an, soit 1,3 millions de voitures en 2030, les gains seront doublés en quantité d'essence économisée aussi bien en terme d'argent. On peut gagner environ 104 milliards de DA dans une durée de 13 ans, un chiffre significatif car, c'est l'essence non brûlé est laissé comme viatique pour les générations futures. Les mesures suivantes sont complémentaires

- Subventionner les kits GPL avec des réductions de 50 %.
- Faciliter l'installation des kits GPL sur les voitures avec des bonus en prix.

Les pouvoirs publics devraient prévoir installer en moyenne 100000 véhicules par an indépendamment de la conversion des véhicules actuels. On peut aussi les acheter directement chez les constructeurs des véhicules à double carburation.

✓ Introduction de la locomotion électrique

A l'heure actuelle, il n'existe pas de voitures électriques en Algérie. Aucun encouragement n'est à signaler. Mais grâce au développement qu'a connu le monde concernant cette filière de voiture, l'Algérie elle-même doit prendre les démarches nécessaires pour avoir une part importante de voitures électriques dans son parc automobile. Soit 1,2 millions d'unités pour un modèle 50 % propre en 2030.

Hypothèses

- On considère que le trajet moyen parcouru par un véhicule touristique « essence » en Algérie est de **20 000 km**.
- La consommation moyenne d'une voiture à essence est estimée à 7L/100 Km.
- Une voiture électrique consomme environ 10kWh/100Km « La consommation moyenne d'un véhicule européen ou japonais ».
- 25 % du parc automobile seront électriques soit 1,2 Million d'unités sur la période.
- La densité moyenne de l'essence est de 0,75.

Méthode de calcul

Pour arriver au modèle 25 % électriques, nous proposons le passage par trois étapes :

- En 2020 : 5 % électrique.
- En 2025 : 10% électrique.

- En 2030 : 25% électrique.

En 2020, le parc algérien sera à environ 7.8 millions de véhicules, cela fait qu'il y aura 1.6 millions nouvelles voitures dont 5 % sera électriques c'est à dire environ 80000 d'unités.

En 2025, les 10 % représentent 360000 unités.

En 2030, nous serons à 11 millions de voitures, dont 1,2 million électriques.

✓ Gains en carburant

Méthode de calcul

Quantité d'essence consommée = (Le nombre de voiture à essence) *(trajet moyen) *(La consommation moyenne /100)*densité moyenne du carburant.

Consommation d'électricité = (Le nombre de voitures électriques) *(trajet moyen) *(La consommation moyenne /100)

De la même manière, les calculs sont faits pour l'électrique avec une consommation moyenne de 10kWh/ 100Km.

Tableau 6.8 : Économies réalisées avec des véhicules électriques « Scénario volontariste »

Année	Nombre de voitures total (Millions d'unités)	Nombre total des voitures électriques	Quantité totale d'essence économisée (Mt)	Consommation totale d'électricité (GWh)
2020	7,8	80000	0,08	160
2025	9,8	360000	0,38	720
2030	11	1200000	1,26	2400

- Une voiture à essence qui consomme en moyenne 7l/100 km. En une année, pour un trajet de 20000 km, elle consomme 1400 litres à 35 DA/litre, cela fait 48000 DA/an.
- Une voiture électrique à 10kWh/100 km et pour le même trajet 20000 km, elle consomme 2000 kWh à 5 DA/kWh, soit 10000 DA/an. Et pour 1,2 million de voitures électriques.

L'automobiliste gagne alors 38000 DA/an. Et en termes d'énergie, la voiture électrique permet d'éviter le gaspillage de 1400 litres d'essence par an, avec 0% émission de CO₂. Si le prix du kWh augmente, le prix de l'essence augmente aussi, le rapport est conservé. C'est de fait une révolution que de ne plus utiliser les carburants thermiques en les remplaçant par de l'électricité renouvelable fournie par les centrales solaires et éoliennes

L'Algérie aura besoin de 2.4 TWh d'électricité à l'horizon 2030 pour le domaine de transport, qui est une quantité très abordable. **C'est l'équivalent d'une centrale électrique de 1000MW !** Alors il faut aller vers la révolution électrique même **si dans les premiers temps, on commence avec l'électricité d'origine thermique.**

▪ Modèle 80 % propre à l'horizon 2050

A l'horizon 2050, le parc automobile Algérien sera constitué de 14.7 millions de voitures « selon les résultats du scénario fil de l'eau ». Le modèle qu'on a proposé vise un parc 20 % fossiles & 80 % propre en 2050. Les 80 % propres sont formés de 3.3 millions de véhicules en GPL et 3.7 millions de voitures électriques.

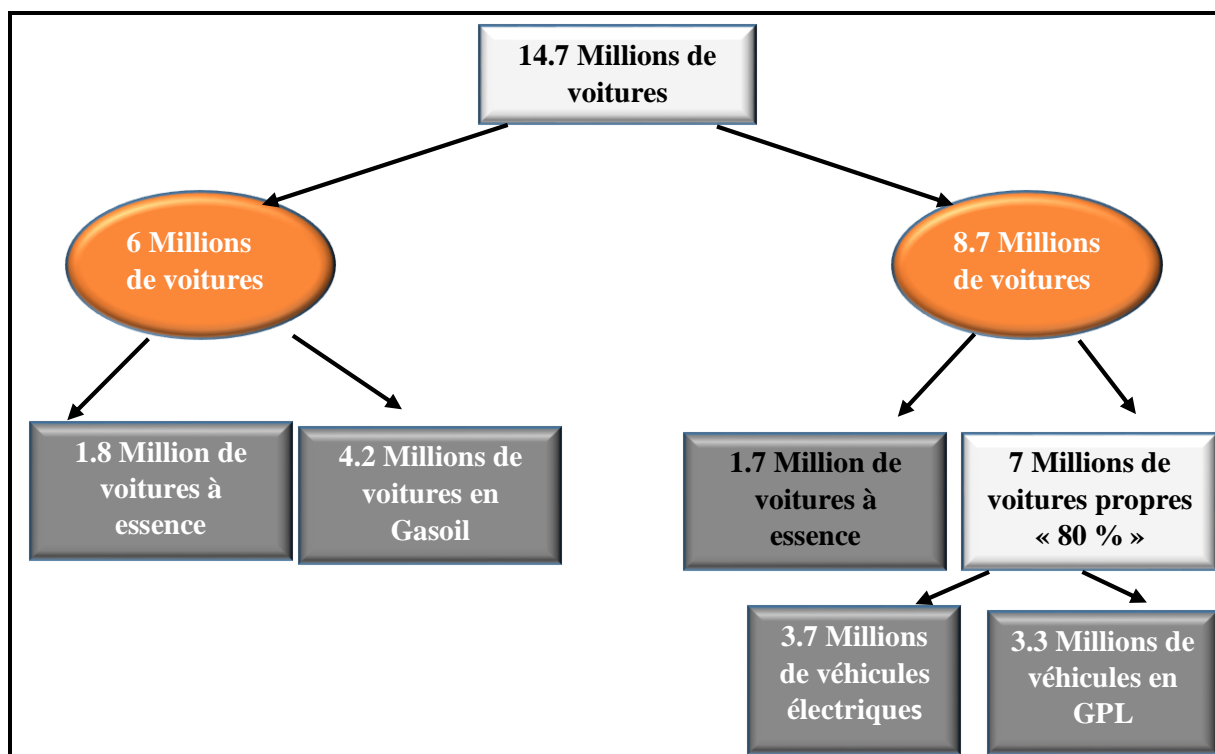


Figure 6.9 : Schéma explicatif du modèle 80 % propre à l'horizon 2050 « Scénario Volontariste »

Nous faisons que le diesel aura disparu en partie en 2030, et les voitures seraient remplacés par des voitures à essence ou GPL ou encore mieux électriques. En 2050 le parc n'aura plus de véhicule diesel.

✓ 3.3 Millions véhicules en GPL

Tableau 6.9 : Le nombre de véhicules convertis en GPL et le gain d'essence et d'argent « Scénario volontariste »

Années	Nombre de voitures essence à remplacer	Quantité d'essence remplacée par le GPL (10 ⁶ litres)	Quantité totale de GPL consommée (10 ⁶ litres)	Prix de d'essence (Da/l)	prix du GPL (Da/l)	Le cout de GPL (10 ⁶ Da)	Le cout d'essence (10 ⁶ Da)	Le gain (10 ⁶ Da)
2018	100000	140	160	38,70	9,5	5,42	1,52	3,90
2020	300000	420	480	44,70	10,5	18,77	5,04	13,73
2024	700000	980	1120	56,70	12,5	55,57	14,00	41,57
2026	900000	1260	1440	62,70	13,5	79,00	19,44	59,56
2030	1300000	1820	2080	74,70	15,5	135,95	32,24	103,71
2040	2300000	3220	3680	104,7	20,5	337,13	75,44	261,69
2046	2900000	4060	4640	122,7	23,5	498,16	109,04	389,12
2050	3300000	4620	5280	134,7	25,5	622,31	134,64	487,67

Si on continu à convertir que 10 000 voitures à essences aux véhicules en GPL par an, les gains seront multipliés par un facteur de 4,7 par rapport aux gains réalisés en 2030. Soit **490 milliard de DA** qui peuvent être utilisés pour développer le parc de véhicules électriques.

✓ 3.7 Millions véhicules électriques

Méthode de calcul

Pour arriver au modèle 53 % électriques, on propose le passage par trois étapes :

- A 2036 : 34 % électrique.
- A 2046 : 45 % électrique.
- A 2050 : 53% électrique.

Gains en carburant

Tableau 6.10 : Économies réalisées avec des véhicules électriques « Scénario volontariste »

Année	Nombre de voiture totale (Millions d'unités)	Nombre total des voitures électriques	Quantité totale d'essence Economisée (Mt)	Consommation totale d'électricité (GWh)
2036	12,7	2380000	2,50	4760
2046	13,94	3150000	3,31	6300
2050	14,7	3700000	3,89	7400

On remarque que l'Algérie a besoin de 7.4 TWh d'électricité à l'horizon 2050 pour alimenter les 3,7 millions de voitures électriques.

Elle économise en parallèle environ 4 Mt d'essence l'équivalent de 5 000 millions de litres, dont le prix du litre au coût actuel est à 35 DA, soit un gain de 17,5 Milliard de DA. En 2050 du fait de la rareté du pétrole, il sera cher et il n'est pas interdit de penser à un baril de pétrole à 200 \$ et un litre d'essence à 5 \$ le litre soit l'équivalent de 500 DA, le gain serait 15 fois plus important. Mais l'essence sera de plus en plus pour les produits nobles notamment l'extraction des BTX (benzène Toluène, Xylène) matière de base de l'industrie pétrochimique.

6.2.6. Mesures complémentaires à mettre en œuvre pour rationaliser la consommation de carburants et pour être en phase avec la nécessité de la Transition Energétique vers le Développement Humain Durable

- **Etablir la carte carburant et rationaliser les prix de carburants**

L'Algérie est l'un des pays où les carburants sont les moins chers dans le monde, ce qui engendre des fuites par les frontières, surtout vers le Maroc, Mali ... et aussi le gaspillage.

L'augmentation graduelle des prix des carburants ou l'établissement de la carte carburant au profit des usagers restent les solutions les plus pertinentes pour résoudre ces problèmes.

Hypothèse:

Dans le cadre d'une subvention ciblée, l'état pourrait envisager de couvrir la consommation de chaque propriétaire de véhicule touristique sur un parcours qui est égal au parcours moyen « 20 000 Km/an ».

Au-delà de ce chiffre, l'état ne subventionnera plus le prix des carburants. La quantité de carburants correspondant à ce trajet est donc de l'ordre de 1400 L/ an. Cette quantité en carburants sera vendue au citoyen algérien à un prix subventionné, afin d'encourager la rationalisation de la consommation des carburants, le citoyen payera un livret de bons de carburant annuel à un prix aidé par la caisse nationale.

Les gaspilleurs ou citoyens énergivores seront alors directement pénalisés. Tout dépassement de la moyenne de consommation se traduira par un passage du prix subventionné au prix réel. La solution proposée précédemment va aider à la rationalisation de la consommation de carburants tout en protégeant les classes moyennes.

▪ Encourager le transport en commun

Il faut savoir que jusqu'à présent ce sont les possesseurs de voitures environ 10 millions de personnes qui profitent des subventions pour les carburants et parmi eux, il existe des personnes disposant de véhicules qui consomment trois fois la consommation moyenne par voiture autour de 24 l/100 km. Le reste des Algériens prend le bus dans des conditions difficiles. Il est nécessaire de mettre en place un réseau de transports en commun utilisant l'énergie électrique (bus, tramway, métro...)

Prendre les transports en commun a beaucoup d'avantages. Et peu de contre-indications. Et pourtant, beaucoup d'entre nous préfèrent encore et toujours recourir à leur voiture, sous divers prétextes (éloignement des stations, manque de sécurité, lenteur des transports, maigre fiabilité, manque de confort...).

Sur la balance des avantages, autobus, trains et avions l'emportent largement. Le gagnant n'est pas seulement le citoyen, mais également la collectivité. En effet, voyager en transport en commun améliore le trafic, réduit la congestion et permet d'émettre moins de substances polluantes dans l'air.

Les transports en commun s'adressent à tous, étudiants, adultes, personnes âgées ou à mobilité réduite, sans limitation quelconque. Et là aussi, on peut économiser beaucoup. Aux États-Unis, on a trouvé qu'une famille de classe moyenne qui utilise principalement les transports publics économise près de 6 200 dollars par an « environ **5 000 euros** » sur ses dépenses courantes. Voyager en transports en commun est moins stressant et oblige à pratiquer un minimum d'exercice physique, d'où un meilleur équilibre psychophysique.

En donnant tel chiffre et tels arguments aux citoyens, en les encourageant à prendre le chemin vers le transport collectif.

▪ Amélioration du transport ferroviaire

En Algérie, les transports ferroviaires sont en baisse depuis longtemps et ce, en dépit de la volonté affichée des pouvoirs publics. Dans le domaine ferroviaire, en dépit des investissements effectués, qui restent limités et localisés, le réseau ferroviaire algérien ne dépasse guère les 4200 Km et les 200 gares. Et 90 % des transports s'effectuent toujours par route.

Comme solution proposée :

- La réhabilitation du rail et le développement de transports ferroviaires de haute qualité (160 km/heure) avec un investissement de plus de 16,6 Milliards de \$.
- Inciter les gens à prendre le train, en leur garantissant des conditions de sécurité, qualité de service et des tarifs.

▪ La vignette

Pour réduire la consommation d'essence, il sera nécessaire introduire des mesures fiscales pour encourager les ventes de véhicules touristiques GPLc et la conversion au GPLc des véhicules touristiques essences. Avec des vignettes vertes, la taxe sera nulle ou réduite. Pour mettre en place cette politique, il est important de stimuler la demande par différents mécanismes :

- Vignettes vertes, taxes plus faibles à l'achat.
- Prix du GPL incitatif « 5 fois moins cher que l'essence ».

6.3. La consommation électrique renouvelable dans le secteur résidentiel

Comme pour le transport, nous examinons maintenant, ce que pourrait être une transition énergétique à faible empreinte fossile, à la fois par les économies d'énergie mais aussi en profitant des profits les retombées d'une transition énergétique vers le Développement Humain Durable vertueuse et qui utilise une énergie verte en l'occurrence l'électricité verte...

Comment mettre en œuvre une transition énergétique vers le Développement Humain Durable ? Comment assurer la pérennisation de notre approvisionnement en énergie tout en limitant les émissions de gaz à effet de serre ?

Cela ne peut se faire que par des Etats généraux où les enjeux sont expliqués pédagogiquement aux citoyens qui, - une fois convaincus- auront à adhérer et à mettre en place cette nouvelle vision du futur basée sur la sobriété énergétique pour laisser un viatique aux générations futures. Dans ce cadre Le mix énergétique à 50 % que nous proposons permettra d'économiser jusqu'à 88 milliards de dollars d'ici à 2030 sur la base d'un gain annuel de 15,6 à 35,1 milliards de m³ de gaz naturel. Pour y arriver il nous faut revoir fondamentalement notre mode de consommation pour aller vers une sobriété énergétique impliquant en consommant utile, en ayant des gestes éco-citoyens pour éviter le gaspillage

6.3.1. L'urgence d'une transition énergétique dans l'habitat en Algérie

Comme l'écrit Abdelkader Otsmane « Les générations futures de notre pays sont confrontées à un défi énergétique sans précédent. La demande nationale, en particulier dans le domaine des transports, habitats et des industries croît de façon massive et inéluctable.

Les ressources en pétrole et en gaz, matières premières non renouvelables, ne pourront y répondre indéfiniment, mais il n'existe pas pour autant d'autres énergies susceptibles de les remplacer rapidement et massivement. Parallèlement, la question du changement climatique se pose de façon de plus en plus urgente ». [22]

6.3.2. Consistance du parc de logement et efforts à faire dans les bâtiments

La consistance du parc de logements en Algérie est disparate... Il y a le vieux bâti dans les villes (supérieur à 20 ans) dont les normes techniques n'ont pas pris en charge la nécessité de construire sobre en énergie. Mais il y a aussi les maisons individuelles et l'habitat rural. Nous donnons sur la figure suivante l'évolution du parc seulement de 2011 à 2016 D'après l'APRUE le parc résidentiel algérien est en progression permanente depuis l'année 2011 et qu'il est estimé de 8 millions de logement en 2016.

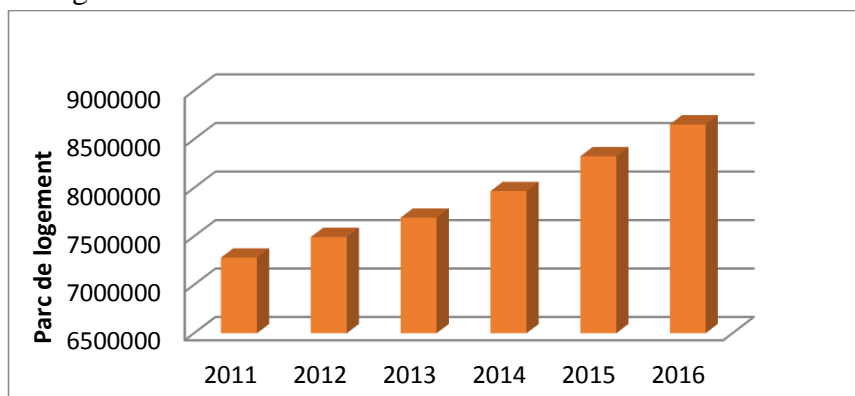


Figure 6.10 : Evolution du parc résidentiel en Algérie, APRU

Il est donc impératif de penser à une adoption d'une politique énergétique qui va à la fois subvenir aux besoins de la génération actuelle mais aussi de celles qui seront là en 2030

Sur les deux figures suivantes, sont classés les habitations qui vont de l'économe à l'énergivore. Nous sommes loin des normes de B ou encore A. Nous sommes probablement à E, F ou G selon le type d'appartement surtout s'il est ancien. Les obligations d'isolation ne sont toujours pas contraignantes

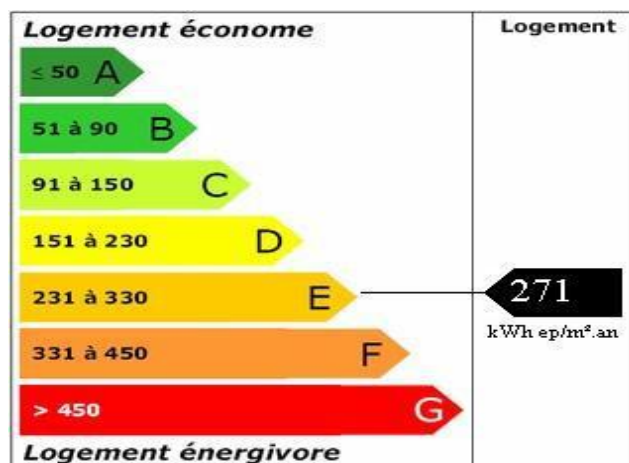


Figure 6.11 : Les normes de consommations énergétiques pour le chauffage, la production d'eau chaude sanitaire et le refroidissement, Consommation conventionnelle

Nous sommes donc dans le bas de l'échelle cela veut dire que les logements actuels consommant 5 à 6 fois plus d'énergie que les logements de classe A. La transition énergétique consiste à édicter des règles et à proposer des solutions de réduction du gaspillage par des mesures incitatives. S'agissant du dégagement du CO₂, la figure suivant donne les quantités de CO₂ (en kWh/m² par an sur une échelle de A à G) et du taux d'émission de GES (exprimé en kg CO₂/m².an sur une échelle de A à G).

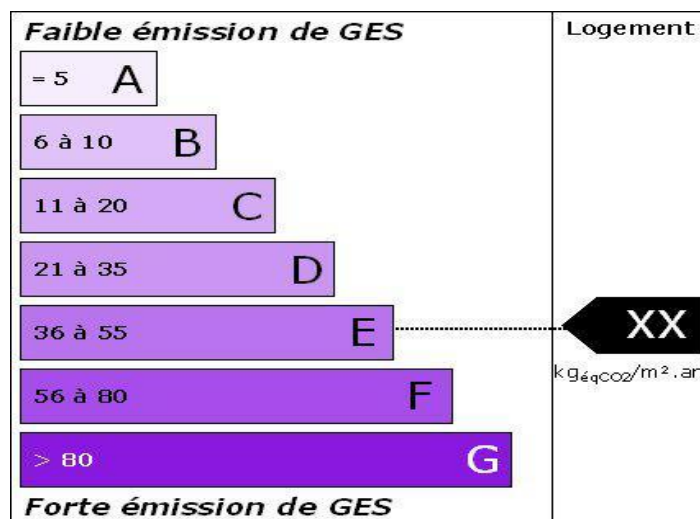


Figure 9.12 : Émissions de gaz à effet de serre GES pour le chauffage, la production d'eau chaude sanitaire et le refroidissement, Estimation des émissions (kg éqCO₂/m².an)

6.3.3. Quelques appréciations du gain d'énergie possible

En augmentant l'efficacité des équipements et de leurs usages pour les constructions de nouveaux bâtiments à basse consommation (BBC) et rénover l'ensemble des immeubles existants arriver à terme aux normes standards de 50 KWh énergie primaire par mètre carré et par an.

En effet, le secteur résidentiel en Algérie devrait s'insérer dans cette dynamique de développement humain durable, car il concentre une bonne partie de l'énergie consommée.

Le Parc de logement, estimé en 2016, à 8 millions de logements, serait évalué par un scénario fil de l'eau à 12 millions de logements d'ici 2030, soit une augmentation de 4 millions de logements. La consommation énergétique moyenne d'un logement classique de 75 m², soit pour 275 kWh/m²/an environ 2000 kWh/an. Dans l'année ce sera une consommation minimale de 16 TWh pour les 8 millions de logements en 2016. Si nous faisons l'approximation qu'un 1kWh est l'équivalent de 0,1 m³. Nous pouvons déterminer les quantités de gaz nécessaires d'ici 2030. Une autre façon est de partir de la borne inférieure de consommation 35 milliards de m³ pour 40 millions d'habitants (850 m³/an/hab) et par un processus fil de l'eau en 2030, la population ayant augmenté d'environ 13 millions d'habitants nous pouvons définir la consommation consommée chaque année si on ne fait rien **à la dernière année** à 53x850 soit 45 milliards de m³.

Si on compte depuis 2017 sur 13 ans, soit en moyenne $(35 \times 13 + 45 \times 13) / 2 = 500$ milliards de m³ !

Ne peut-on passer pas mettre en place une politique d'économie d'énergie en améliorant l'isolation ? En utilisant et en développement de nouveaux matériaux disponibles comme la laine de roche, ou encore par la récupération des quantités énormes de polystyrène jetés.

Consommer mieux en consommant mieux peut nous permettre par étape passer des 300 kWh/m²/an à 150 voire moins pour les nouvelles constructions. Il est possible d'atteindre la cible de 50 % d'économie d'énergie soit l'équivalent de 250 milliards de m³ sur 13 ans au coût actuel c'est l'équivalent de 250 x 350 = 8750 millions de BTU au prix de 10 \$ ce sera 87 milliards de dollars. Ou encore mieux si ces quantités de gaz étaient laissées dans le sous-sol pour les générations futures. Ainsi, une grande partie de l'énergie (au moins 50%) pourrait être obtenue à partir des chauffe solaires, du chauffage électrique et de la cuisson utilisant l'énergie électrique d'origine renouvelable

La rénovation qu'il faudrait entreprendre est immense chantier créateur d'entreprises de diagnostics d'abord, ensuite d'études de rénovations, ensuite de mises en œuvre. Un Etat stratège doit par un dispositif fiscal utiliser des crédits d'impôts comme la taxe foncière et la taxe d'habitation. Les propriétaires de logements pourraient bénéficier d'abattement pour rénovation. Des textes complémentaires devraient être pris. Ils font partie de cette stratégie d'ensemble de chasse au gaspillage et à la nécessité d'aller vers l'électricité verte pour le chauffage et pour l'eau chaude sanitaire, le complément étant fourni par les chauffe eaux solaires. Ce sont en définitive des milliers de Start up qui feront véritablement décoller cette transition énergétique mais aussi écologique car nous polluerons moins en utilisant les énergies renouvelables. Les énergies fossiles épargnées (pétrole et surtout gaz naturel) seront laissées comme viatique pour les générations futures.

6.3.4. La calcul de la consommation énergétique du parc résidentiel à l'horizon 2030

Dans le même ordre il est possible d'avoir un ordre de grandeur des économies potentielles dans l'utilisation de l'énergie dans l'électroménager. Selon la Sonelgaz, les abonnés des appareils électroménager en électricité sont en évolution considérable et permanent depuis 2011 et qu'ils sont estimés d'environ 18 millions d'abonnés en 2016.

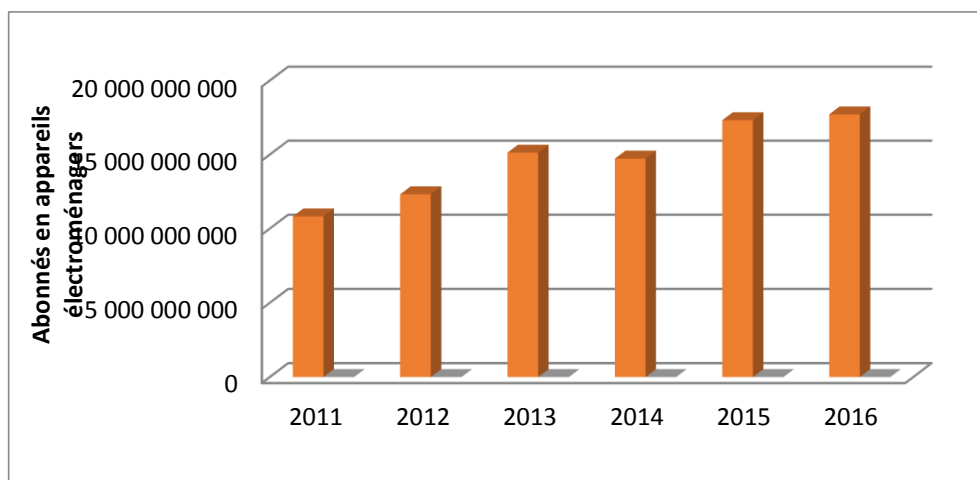


Figure 9.13 : Abonnés des appareils électroménagers en électricité (kWh), Sonelgaz

6.3.4.1. Exemple d'Application

L'électricité est majoritairement consommée par le résidentiel, en 2016, le parc logement est estimé environs 8 millions logements dont chacun dispose de différents appareils électroménager et on trouve en général :

- Un climatiseur (Pour beaucoup de nouveaux logements)
- Une cuisinière
- Un réfrigérateur
- Machine à laver
- Des appareils de chauffage dont la consommation est estimée de 100 kWh /an
- Un téléviseur
- Des appareils informatiques et de domotiques (pour mémoire)

Chacun de ces appareils est défini par une consommation moyenne qui peut aller de 1 à 3 pour les appareils énergivores (machine à laver, climatiseur).

6.3.4.2. Énergie de la cuisson

Un autre gisement d'économie potentielle dans le cadre de l'utilisation de l'énergie électrique au lieu du gaz naturel est la cuisson des aliments. C'est l'usage le plus courant et le plus important de l'énergie. Elle était alors basée sur des combustibles renouvelables comme le bois ou les excréments d'animaux mais elle ne l'est plus aujourd'hui.

Quel que soit le mode de cuisson, il est fondamental de **viser les économies d'énergie**. La première chose à faire est d'agir sur les modes de cuisson, puis, "idéalement", nous pourrons s'orienter vers la **cuisson à base d'Energies renouvelables** tel que la cuisson a bois ou solaire, et pour l'avenir le biogaz...

Si on sait que **1000 m³** de gaz pour 1tep, ou encore **10 000 kWh** ce qui fait que **2500 kWh** est l'équivalent de **250 m³** de gaz par famille et par an. Nous allons nous intéresser aux 4 millions de nouveaux logements d'ici 2030, soit **1 milliards de m³** en gaz naturel pour la seule année 2030.

On doit faire le calcul naturellement à partir de 2018. En partant du principe que les anciens 8 millions de logements continueront à utiliser le gaz naturel pour la cuisson si une politique d'économie de gaz naturel n'est pas mise en place pour les anciens logements.

La consommation théorique sur la base de l'augmentation de 4 millions de logements est donnée sur la figure suivante selon les calculs réalisés. Ainsi en 2018 les 300.000 nouveaux logements/an nécessitent 75 millions de m³ en 2019 150 en 2020. C'est une progression géométrique.

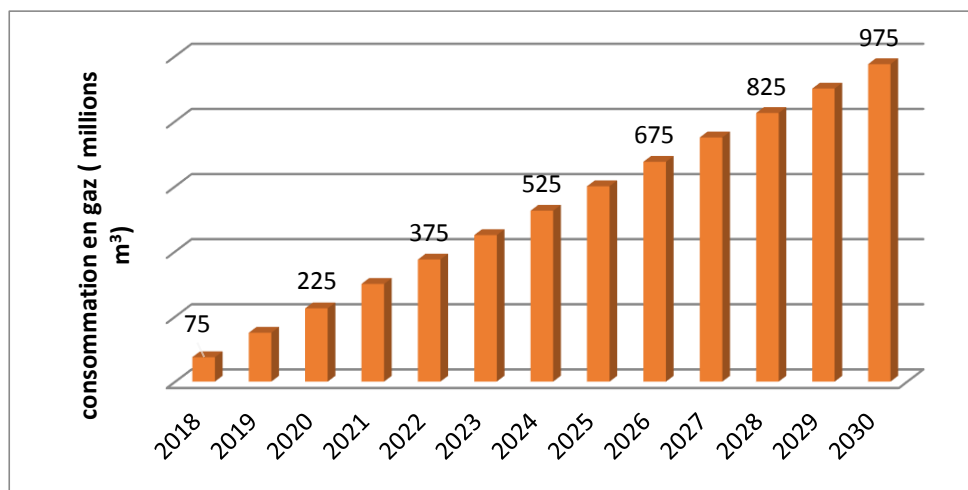


Figure 9.14 : Consommation de gaz destiné à la cuisson pour les 4 millions de logements à l'horizon 2030. [23]

La consommation graduelle de gaz destinée à la cuisson allant de 2018 pour ces 13 années nous consommerons environ 9 milliards de m³ juste pour la cuisson qui seront disponibles pour les générations futures, si ces 4 millions de logements suivront un modèle énergétique entrant dans un cadre de Développement Humain Durable et n'utilisent que des plaques électriques utilisant une énergie électrique verte.

6.3.4.3. Transition énergétique de la cuisson : Scénario à 50 % renouvelable

✓ Scénario pour l'ancien parc de 8 millions et le nouveau parc de 4 millions de logements

La consommation du parc ancien c'est-à-dire les 8 millions de logement actuel est d'environ 1 % en énergie électrique renouvelable, en se basant sur l'hypothèse que cette consommation va atteindre les 10 % en électricité renouvelable d'ici 2030 cela fait environ **614 millions m³** de gaz naturel épargné comme le montre la figure suivante.

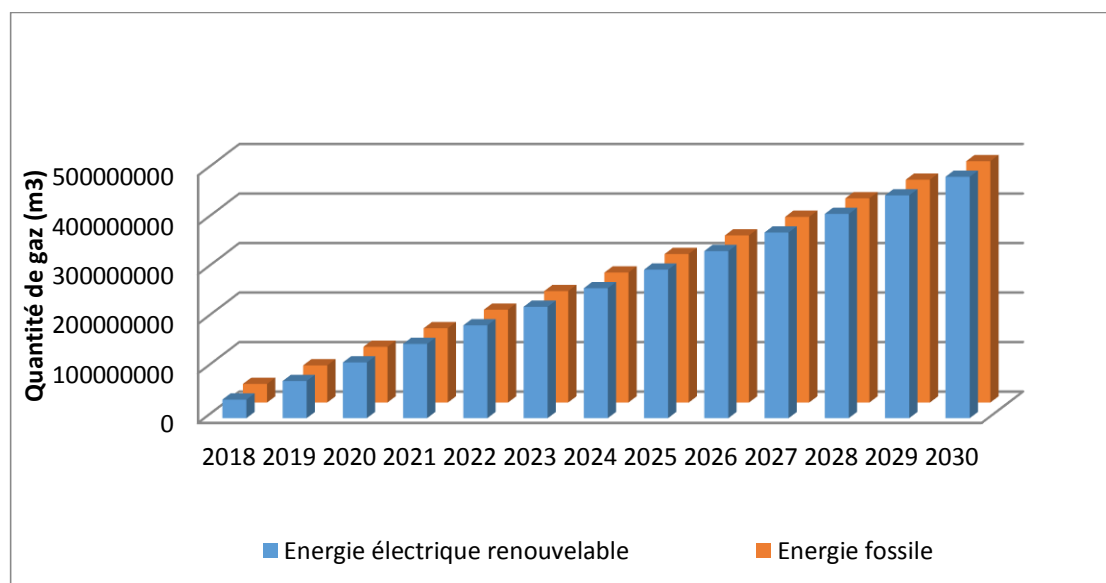


Figure 6.15 : Consommation du nouveau parc à l'horizon 2030. [23]

▪ Scénario à 50 % pour le nouveau parc de logements

En ce qui concerne le nouveau parc c'est-à-dire les 4 millions de logements de plus pendant les 13 années qui nous séparent de 2030, Nous partons du principe que les appareils électroménagers seront d'une consommation à 50 % en énergie électrique renouvelable.

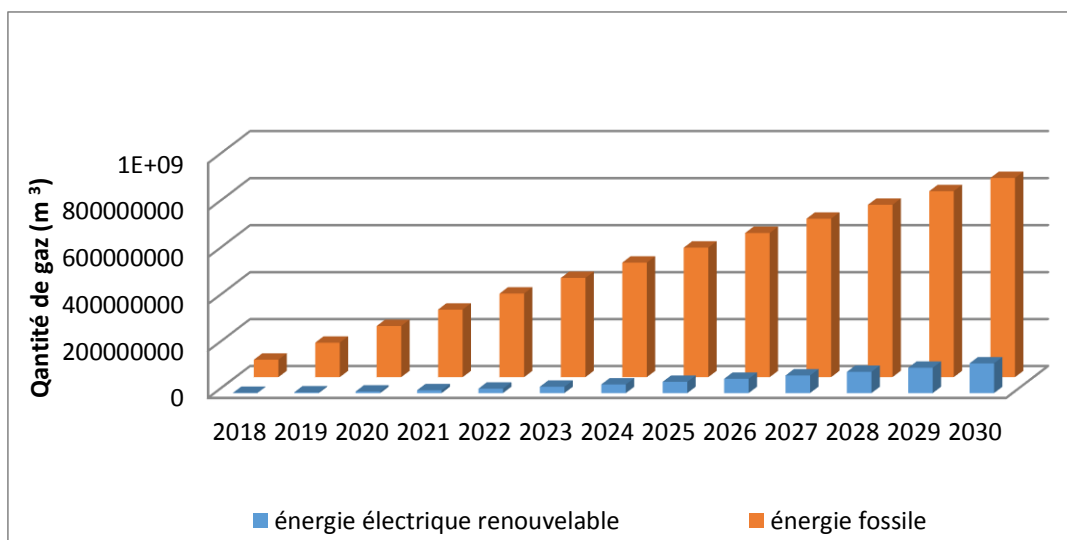


Figure 6.16 : La consommation du parc ancien à l'horizon 2030. [23]

Les calculs montrent un gain d'environ **4,5 milliards** de m³ en gaz naturel qui seront disponible pour les générations futures.

6.3.5. La chasse au gaspillage énergétique

Si le chauffage, la climatisation et les problèmes d'isolation sont toujours les principales sources de perte d'énergie dans un logement, le gaspillage énergétique en lien avec notre comportement est lui aussi très élevé estimé en moyenne à près de 10 à 15% de la facture énergétique de chaque foyer.

Allumer toutes les lumières en rentrant, laisser brancher des appareils non utilisés ou la télévision allumée pour rien, les comportements énergivores sont nombreux et pas toujours faciles à corriger. Les habitudes ont la vie dure et réduire sa facture demande parfois une discipline difficile à mettre en place au quotidien.

6.3.5.1. Acheter sobre

Cette sobriété est loin d'être marginale, L'étiquette énergie est un bon guide pour choisir nos appareils électroménagers, elle indique le niveau de consommation d'énergie de nos appareils, allant du vert économe jusqu'au rouge peu économe ou énergivore, donc achetez des appareils de type A ou A+ cela nous garantit une économie en terme d'énergie et donc en cout.

6.3.5.2. Changer les types d'ampoules utilisées

Remplacer nos ampoules à incandescence par des lampes basses consommation (LBC). Ce tableau représente la consommation de 2 lampes fonctionnant au même temps pendant 5h, ou nous apercevons que l'utilisation des LBC permet de réduire la consommation de **4 à 5** fois moins qu'en utilisant les ampoules classiques.

Ce qui nous fournit un gain d'à peu près de 876 DA / an et un bénéfice de 810 DA avec le prix des LBC en moins avec une durée de vie moyenne de 8000 h.

Tableau 6.11 : Consommation des lampes classiques et LBC

Puissance	Ampoule classique à 75 W	LBC à 15 W
Consommation journalière (W)	375	75
Consommation journalière (2 lampes) (Wh)	750	150
Consommation annuelle (KWh/an)	274	155
Économie (KWh/an)	219	
Économie (DA/an)	876	

Cette somme peut ne pas paraître significative car il n'y a pas d'incitation aux économies d'électricité notamment par un ciblage des classes à faible pouvoir d'achat. Le prix de 6 DA est pour tout le monde que l'on gaspille à outrance ou pas. Pour mémoire le kWh en Europe est en moyenne 5 à 10 fois plus élevé qu'en Algérie.

Bien que tous ces calculs ne sont donnés qu'à titre d'exemple pour les ordres de grandeurs. Il est important de souligner que l'électroménager du futur à une tendance à privilégier l'électricité verte. Pour nous c'est une opportunité considérable de nous inscrire dans la révolution de l'électricité qui nous permettra de laisser près de 500 milliards de m³ dans la fourchette haute et au minimum la moitié soit 250 à 300 milliards de m³ pour les générations futures si on commence sans tarder, sans atermoiement.

Conclusion Générale

Le travail qui nous a été proposé était d'appliquer la philosophie du développement humain durable à notre mode de consommation. Nous avons d'abord fait l'état des lieux de l'énergie dans le monde en donnant des indications sur les stratégies énergétiques des principaux pays consommateurs dans un contexte de changements climatiques récurrents. Ensuite nous avons développé la notion de Développement Humain Durable en nous appuyant sur les dix-sept recommandations des Nations unies.

Dans un deuxième temps, nous avons présenté les potentialités de l'Algérie aussi bien dans les énergies fossiles que dans les énergies renouvelables. Nous avons ensuite montré qu'il était impossible de continuer à consommer l'énergie d'une façon débridée.

C'est pour cela que nous avons proposé de changer totalement d'une façon progressive notre mode de consommation. Pour cela et à l'instar des pays développés, il nous a paru utile de proposer des scénarios à différents pourcentages en énergie renouvelable, 50 % en 2030 , 80 % en 2050 et 100 % en 2050 ou plus tard. Ce dernier scénario est donné à titre indicatif comme une asymptote à atteindre.

Pour chacun des scénarios, nous avons donné les ordres de grandeurs des investissements à faire dans deux sources d'énergie principales, le solaire et l'éolien. Les autres sources peuvent valablement contribuer à consolider le modèle. Nous pensons à la géothermie, à la micro hydraulique, la biomasse, valorisation des déchets. Sachant que le plus grand gisement est celui des économies d'énergie. Nous avons fait de même avec le scénario à 80 % en 2050.

Pour illustrer cette transition énergétique, nous avons pris deux exemples :

- La stratégie dans le transport, en nous intégrant dans **la révolution électrique des transports**. Ou l'Algérie peut sauter une étape, en utilisant l'énergie électrique pour la locomotion, ce qui lui permettra, comme nous l'avons montré d'économiser des quantités importantes d'essence, de réduire d'une façon drastique le diesel qui est un problème de santé publique, et de valoriser le GPL.
- Nous avons traité aussi le résidentiel, en prenant l'exemple de la cuisson qui utilise le gaz naturel, là encore nous avons montré qu'il est possible d'utiliser des plaques électriques pour la cuisson. Des quantités importantes de gaz naturel seront épargnées pour les générations futures.

Conclusion Générale

De ce fait, il est important de ne peut pas perdre le temps, car les quantités perdues chaque année sont importantes. Ce sont des milliards de mètre cube de gaz perdus pour les générations futures.

Plus largement, la croissance finie dans un monde infini est une équation intenable. Le mode de vie actuel n'est pas soutenable. **Toutes les guerres du monde ne pourront pas faire augmenter les réserves de pétrole qui sont un invariant.**

L'alternative est dans la sobriété (**Elkana'a**), le changement de rythme, la décroissance qui suggère un changement de valeur, préférer **le lien** (relations) au lieu du **bien** (possession), ne pas stigmatiser la lenteur, ne pas s'éblouir de la nouveauté, savoir chercher localement ses loisirs, ses plaisirs, remplir ses journées avec des activités qui suivent le rythme des sols, des plantes... **Renouer le dialogue avec la nature en la respectant. Penser global et agir local.** Nous n'hypothéquerons pas l'avenir des générations futures en leur laissant une planète vivante.

Références Bibliographiques

- [1] BP Statistical Review of world Energy, 2015,2016, 2017
- [2] Energies fossiles disponible sur site www.explorateurs-energie.ch.pdf
- [3] R.Vially. Hydrocarbures non conventionnels [en ligne] France : IFPEN, Novembre 2011.Disponible sur le site <http://www.ifpenergiesnouvelles.fr>
- [4] M.T.WESTRA et al. L'énergie fait tourner le monde [en ligne]. Pays-Bas : Institut de la Physique de Plasma, 2002, 64p disponible sur site https://www.efda.org/wpcms/wp-content/uploads/2011/11/EPYW_fr.pdf
- [5] Energie renouvelable disponible sur le site : www.techno-science.net
- [6] AGEB. Association des amis du site de Genets, de ses Environs et de le Baie du Mont-Saint-Michel
- [7] R.BOUGHRIET. Energies renouvelables, la Chine reste le premier investisseur mondial [en ligne]. Juin 2012. Disponible sur le site <http://www.actu.environnement.com>
- [8] Un choc pétrolier toutefois possible à moyen terme, disponible sur le site <http://www.connaissancedesenergies.org/petrole-lopep-tient-ses-engagements-avec-quels-effets-170327>
- [9] Changement climatique, disponible sur le site : <http://www.climatechange.eu.com>
- [10] Les changements climatiques « restitution des résultats de la convention-cadre des nations unies sur les changements climatique tenus à poznan du 1^{er} au 12 décembre 2008
- [11] 4^e rapport du GIEC
- [12] Historique sur le changement climatique, disponible sur le site : <http://www.youphil.com/fr/article/01101-historique-du-changement-climatique?ypcli=ano>
- [13] Emissions mondiales de CO₂ se stabilisent mais le climat continue de emballer, disponible sur le site : www.lemonde.fr
- [14] changement climatique impact sur l'agriculture et couts de l'adaptation, disponible sur le site www.agrhymet.net
- [15] Réduction des gaz à effet de serre, disponible sur le site <http://www.effet-de-serre.gov>
- [16] C.E.CHITOUR. « Pour un Développement Humain Durable » Énergies fossiles, état des lieux en Algérie et Perspectives dans le cadre du développement humain durable, 20^{ème} journée de l'énergie. Alger : SONATRACH, 2016

Références Bibliographiques

- [17] Portail Algérien des ENERGIES RENOUVELABLES, disponible sur le site www.portail.cder.dz
- [18] Lutte contre le gaspillage, disponible sur le site <https://reporterre.net/Au-Quebec-des-frigos-ouverts-a-tous-contre-le-gaspillage>
- [19] Pr Chems Eddine Chitour. Les ressources pétrolières au service du développement durable de l'Algérie. Pour une stratégie dans le domaine des transports, 19^{ème} Journée de l'Energie, Hôtel Hilton 14 avril 2015
- [20] F'kirina, INFOS ALGERIE. L'Algérie, grand importateur de carburants, samedi 17 janvier 2015 par Abdelkrim.
- [21] Ministère de l'énergie et des mines MEM. Disponible sur le site www.mem-algeria.org
- [22] Urgence d'une transition énergétique dans l'habitat, disponible sur le site <http://www.lematindz.net/news/24503-lurgence-dune-transition-energetique-dans-lhabitat-en-algerie.html>
- [23] B. BALOUL. Pour un modèle énergétique à 50% renouvelable dans une Algérie innovante, 21^{ème} journée de l'énergie, 2017

Quelques journées de l'énergie

- 16^{ème} journée de l'énergie : De la bougie à l'électricité durable, 2012
- 20^{ème} journée de l'énergie : Pour un Développement Humain Durable, 2016
- 21^{ème} journée de l'énergie : Pour un modèle énergétique à 50% renouvelable dans une Algérie innovante, 2017

Activités du Laboratoire de Valorisation des Energies Fossiles dans le domaine de l'énergie

- A.KAHLI et N.ZAIT, PFE, Ecole Nationale Polytechnique, « Evaluation de la consommation des carburants dans le secteur des transports en Algérie à l'horizon 2030 », 2010
- H.ATMANE et H.BENDEDDOUCHE, PFE, Ecole Nationale polytechnique, « Apprentissage du modèle MARKAL pour la prévision de la consommation d'énergie à 2030 », 2013