

**UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA**  
**Faculté des sciences appliquées**  
**Département de génie mécanique**



**Mémoire**  
**Master professionnelle**  
Domaine : Sciences et techniques  
Spécialité : Génie mécanique  
Option: Energétique

Présenté par :  
BALIOUZE Khadidja

**Thème:**

Stratégie et développement de l'industrie  
gazière à l'horizon 2040

Soutenu publiquement

Le : 08/06/2014

Devant le jury:

Pr. Nouredine Settou

Mr. Ghuermitt Taher

Mr. Kebdi zakaria

Promoteur Pr

Examination (MAA)

Président (MCB)

UKM Ouargla.

UKM Ouargla.

UKM Ouargla.

Année universitaire : 2013 / 2014



## *Remerciements*

*Avant tout, je remercie **ALLAH**, le tout puissant, de m'avoir donné le courage et la volonté pour accomplir ce travail de recherche.*

*Je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance au directeur de mémoire Monsieur **Noureddine SETTOU** professeur et chercheur au Laboratoire VPRS à l'université de Ouargla pour son suivi, sa patience, sa disponibilité, ses nombreux conseils et ses critiques constructives pour l'élaboration de ce travail.*





*Je tiens à remercier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'accomplissement de ce travail, et en particulier :*

*Monsieur **KEBDI Zakaria** maître de conférences à l'université de Ouargla pour avoir accepté d'être examinateur de ce travail.*

*Monsieur **GHUERMIT Tahar** maître Assistant à l'université de Ouargla d'avoir accepté de juger ce document.*

*Je remercie Monsieur **BELKHIR Négro**, maître Assistant à l'université de Ouargla, et Monsieur **DOKKAR Boubeukeur**, maître assistant à l'université d'Ouargla, qui ont toujours réussi à trouver le temps pour me donner des conseils et contribuer à l'évolution de ce travail. Ses visions globales des problématiques m'a souvent amené à percevoir des débouchés que je ne soupçonnais pas.*

*Merci à Mlle **RAHMOUNI Soumia**, Mlle **RECIQUI Bakhta**, Mlle **Rébha Ghedamsi** et Mlle **SAIFI Nadia** pour leur aide précieuse, ainsi que tous les post graduats de Magister Procédés et Environnement*



# Nomenclature

## Abréviations

GN	Gaz Naturel
GNL	Gaz Naturel Liquifié
GPL	Gaz Pétrolier Liquifié
SNS	Société National Sédurirge
ENGI	l'entreprise nationale de production et de distribution des gaz industriels
LGA	Linde Gaz Algérie
GI	Gaz Industriel
OL	Oxygène Liquide
NL	Azote Liquide
ArL	Argon Liquide
CO <sub>2</sub>	Dioxyde de carbone
OG	Oxygène gazeux
NG	Azote Gazeux
ArG	Argon Gazeux
CO <sub>2</sub> Blle	Dioxyde de carbone bouteille
N <sub>2</sub> O Blle	Protoxyde d'azote bouteille
N <sub>2</sub> O	Protoxyde d'azote
A.D	Acétylène
H <sub>2</sub>	L'hydrogène
Méla	Mélange
Air comp	Air comprimé

## Liste des figures

<b>Chapitre I : Contexte énergétique et industries gazières Algérienne</b>		
Fig. I.1	Consommation énergétique mondiale par secteur d'activité et par produit	5
Fig. I.2	Production nationale d'énergie de 2001 à 2012	6
Fig. I.3	Chaîne énergétique	7
Fig. I.4	Evolution mensuelle de la production d'énergie primaire, dérivé et final de la période 1980 à 2012	7
Fig. I.5	Evolution de la consommation d'énergie national par forme d'énergie de 1976 à 2012	9
Fig. I.6	Consommation énergétique finale en Algérie par secteur d'activité	9
Fig. I.7	consommation d'énergie finale par secteur d'activité en Mtep	10
Fig. I.8	consommation d'énergie finale par produit en Algérie	11
Fig. I.9	Différentes clientèles de LGA	13
Fig. I.10	Présentation des unités de Linde Gaz Algérie	14
Fig. I.11	Production de N <sub>2</sub> et O <sub>2</sub>	14
Fig. I.12	Production d'hydrogène	15
Fig. I.13	Soudage par gaz du gamme MISON	16
Fig. I.14	Les réserves et la production du gaz naturel en Algérie	17
Fig. I.15	Situation géographique de Hassi R'Mel	18
Fig. I.16	La répartition des réserves gazière en Algérie	19
Fig. I.17	Domaine d'utilisation du gaz naturel	21
Fig. I.18	Principaux importateurs du Gaz naturel et Top 5 importateurs de GNL in 2007	22
Fig. I.19	Réseau de transport par canalisation du gaz naturel	24
<b>Chapitre II : Prospective énergétique et construction des scénarios</b>		
Fig. II.1	Schéma conceptuel de l'approche « Top-down »	29
Fig. II.2	Schéma conceptuel de l'approche « Bottom-up »	30
Fig. II.3	les différents modèles de la prospective	31
<b>Chapitre III: Modélisation économique et analyse des résultats</b>		
Fig. III.1	Spécification du produit intérieur brut	41
Fig. III.2	Evolution rétrospective du PIB en (Mds USD)	42
Fig. III.3	Evolution rétrospective de la population	42
Fig. III.4	Evolution rétrospective du gaz naturel en Algérie	43
Fig. III.5	Evolution rétrospective de la consommation du gaz naturel dans différents secteurs de 2002 à 2012	45
Fig. III.6	Evolution rétrospective de la consommation du gaz naturel dans différents sous- secteurs de 2002 à 2012 en Ktep	
Fig. III.7	TCAM des différents secteurs	46
Fig. III.8	population et PIB à 2040	47
Fig. III.9	Consommation finale du gaz par secteur en 2040 par LINDEN	48
Fig. III.10	Consommation finale du gaz par le modèle SIMED	49
Fig. III.11	Consommation finale par modèle autonome	50
Fig. III.12	Emission de Gaz à Effet de serre	51
Fig. III.13	Consommation finale du gaz naturel en Ktep avec différents modèles de prospective	52
Fig. III.14	Consommation, Production et la demande du gaz naturel à 2030 en Bcm (MEDPRO ,2013)	53

## Liste des tableaux

### Chapitre I : Contexte énergétique et l'industrie gazière en Algérie

Tab. I.1	Les quantités d'énergie transformée en détail par produit de 2001 à 2012	6
Tab. I.2	Présente l'évolution des différents agrégats de 1976 à 2012	8
Tab. I.3	L'évolution de la consommation d'énergie nationale par forme d'énergie de 1976 à 2012	8
Tab. I.4	L'évolution de la consommation des industries énergétique de 1976 à 2012 en Mtep	10
Tab. I.5	L'exportation et l'importation de l'énergie primaire et finale en Algérie	12
Tab. I.6	Canalisations du liant l'Algérie à ses clients européens	19

### Chapitre III : Modélisation et Analyse de résultat

Tab.III.1	Rétrospective sur le gaz naturel produit en Algérie de 2002 à 2012	44
Tab.III.2	Intensité énergétique	47
Tab.III.3	Evolution prospective de la consommation du gaz naturels en Ktep dans à l'horizon 2040	49
Tab.III.4	Evolution prospective de la consommation finale d'énergie de secteur industrie en Ktep	50
Tab.III.5	Consomation du gaz dans l'industrie à 2040	51
Tab.III.6	Emission de CO <sub>2</sub> (Mtep)	53

## Sommaire

	Page
Nomenclature	I
Listes des figures	II
Liste des tableaux	III
Introduction générale	1
<b>Chapitre I : Contexte énergétique et industries gaziers en Algérie</b>	
1. Introduction	4
2. Situation énergétique mondiale et Algérienne	4
2.1 Production nationale de l'énergie	5
2.2 Transformation d'énergie	7
2.3. Consommation d'énergie	8
2.4. Consommation finale d'énergie	9
2.4.1 Par secteur d'activité	9
2.4.2 Par produit	11
2.5 Echange d'énergie	12
3. Le gaz industriels	12
3.1. Les client des gaz industriels	13
3.2 .Les différents types des gaz industriel	14
3.2.1. Argon ,oxygène ,azote	14
3.2.2.Acétylène	15
3.2.3. Hydrogène	15
3.2.4.Dioxyde de carbone	15
3.2.5. Gaz de soudage	15
3.2.6. L'Hélium	16
3.3.Les procédés de production du gaz industriel	16
4.Les gaz naturel	17
4.1.L'historique du gaz naturel	17
4.2.Propriétés de gaz naturel	19
4.5.Exportation et Importation du GN et GNL	22
5.Emission de gaz à effet de serre	25
6.Conclusion	25
<b>Chapitre II : prospective énergétique et construction des scénarios</b>	
1. Introduction	27
2. Méthodologie d'une Etude Prospective Energétique	28
2.1 Choix de l'Horizon et l'Année de Base de l'Etude	28
2.2 Recueil de Données et Elaboration des Hypothèses	28
3. Les grandes familles de modèles de la prospective	28
3.1 Les modèles économiques et l'approche descendante (Top-down)	29
3.2 Les modèles technologiques et l'approche ascendante (Bottom-Up)	30

3.3 Les modèles IAM (Integrated Assessment Model)	30
4. Modèles existants et catégories de modèles	31
5. Les familles des modèles Bottom- Up	31
5.1 Modèle de demande	32
5.2 Modèles d'optimisation dynamique	32
5.3 Les modèles de simulation	32
5.4 Les couts de réduction de modèle bottom-up	32
6. Les modèles Top –Down	33
6.1 Modèles input output	33
7. Le couplage des modèles Bottom- Up /Top- Down	33
8. Les méthodes économétriques de prévision de la demande d'énergie	34
8.1. Le modèle de NORDHAUS	35
8.2. Le modèle de LINDEN	35
8.3. Le modèle de CHAMPLON	35
8.4 Les modèles autonomes	36
8.5 Les modèles conditionnels	36
9. Construction des Scénarios	37
9.1 Le scénario	37
9.2 Les grandes phases de la méthode des scénarios	38
10. Conclusion	38
<b>Chapitre III : modélisation économique et analyse des résultats</b>	
1. Introduction	40
2. Indicateurs socioéconomiques	41
2.1 Le Produit Intérieur Brut (PIB)	41
2.2 La Démographie	42
3. Rétrospective de la consommation du gaz naturel en Algérie	43
3.1. Le taux de croissance annuel moyenne	46
3.2. Intensité énergétique	47
4. Prospective de la consommation énergétique du gaz naturel à l'horizon 2040	48
5. Prospective du gaz par LINDEN	48
6. Prospective par le modèle SIMED	50
7. Prospective par Autonome	51
9. Emission de gaz à Effet de serre	52
10. Résultats	53
11. Comparaison de résultat avec MEDPRO	54
12. Conclusion	55

## **Introduction générale**

L'énergie occupe une place prépondérante dans la vie de l'être humain, et l'accroissement de ces besoins énergétiques. Les sciences et les progrès techniques ont permis à l'homme de découvrir de nouvelles ressources énergétiques, à savoir tous les produits à vocation énergétique dont nous citons : Le pétrole et le gaz naturel, qui sont les seuls capables de répondre à l'accroissement des besoins en énergie (Bezzi. 2005).

La consommation gazière en Algérie ne cesse d'augmenter. Vu le programme du gouvernement, le dernier rapport de la Commission de Régulation de l'Electricité et du Gaz (CREG) prévoit une demande locale allant de 55 à 85,3 Gm<sup>3</sup> à l'horizon 2040, une date très proche, ce qui pèse sur la capacité de l'Algérie à honorer ses engagements gaziers envers l'étranger. Si le ratio réserves/production de gaz est estimé à 56 ans en 2010, celui du pétrole ne dépasse pas 18 ans. Ainsi, avec un rythme actuel de production, il devient important de réactualiser convenablement la durée de vie des réserves gazières ([www.gaznaturel.com](http://www.gaznaturel.com)).

La prospective consiste à explorer quels sont les futurs possibles en germe dans la situation actuelle, pour aider à la détermination des futurs souhaitables et à l'identification des moyens à mettre en œuvre pour les atteindre. L'exploration du futur n'est généralement pas gratuite et a le plus souvent pour objectif d'envisager la diversité des évolutions possibles pour mettre au jour les voies et les moyens qui permettraient de se diriger vers des futurs choisis plutôt que vers des futurs subis. La prospective est donc une démarche mobilisable au service de la politique et de la stratégie (Futurible, 2009)

Dans l'étape de rassemblement et recensement des données technique nécessaire pour notre étude; on a trouvé un très grand problème de manque de documentations, aussi la production de cette industries ne cesse pas de diminuer au cours du temps. Du ce fait, nous avons décidé de changer le type de l'industrie des gaz industriel en allant vers l'industrie gazière plus spécifiquement c'est l'industrie du gaz naturel.

L'industrie du gaz naturel est un secteur vaste, concentré et qui réclame des capitaux importants. Etant donné le lien étroit qui existe entre l'exploration et la production de gaz naturel et de pétrole, les compagnies pétrolières sont également les principales entreprises impliquées dans le secteur du gaz naturel. (Houdou, 2013).

Le gaz naturel est un vecteur privilégié d'énergie à la croisée entre les énergies primaires nécessaire à ses production et la multiplicité des usages finaux, ce qui les confère aujourd'hui une place centrale dans les systèmes énergétiques. Nous allons tout d'abord dresser un bilan sur la situation actuelle de l'industrie gazière aussi bien d'un point de vue énergétique qu'économique et son impact sur l'environnement. L'objectif de ce travail est de présenter les différentes technologies utilisées dans cette industrie et une évaluation des capacités de production des différents produits énergétiques sur le territoire national. Ainsi de calculer les consommations énergétiques associées aux besoins du secteur et les potentiels d'économies d'énergie réalisable et d'estimer les missions de CO<sub>2</sub> résultantes de ce secteur. Dans ce contexte, les modèles de prospective énergétique constituent une aide précieuse à la



décision. En particulier, les modèles s'appuyant sur une représentation fine des différentes technologies d'énergie, permettent d'anticiper les substitutions possibles entre différentes options technologiques sur plusieurs décennies.

Dans le premier chapitre, nous sommes concentrés sur le contexte énergétique mondial et Algérien. Nous présentons les différentes ressources énergétiques primaires et finales qui sont totalement différentes. Nous détaillons les secteurs de la consommation de l'énergie et les stratégies visant à augmenter la contribution des énergies renouvelables dans l'offre énergétique et à améliorer l'efficacité énergétique dans les différents secteurs économiques qui sont à l'ordre du jour dans plusieurs pays. Nous décrivons l'industrie des gaz naturel et industriels en Algérie qui sont utilisables dans différents domaines : l'industrie, le transport, la santé, l'agroalimentaire (chimie, commerce et les sciences de recherche ...etc.), les propriétés de chaque type de gaz et leurs demandes dans la vie

Dans le deuxième chapitre, nous exposons des généralités sur les méthodes de prévision de la demande d'énergie, nous rappelons brièvement son principe de fonctionnement et la description de chaque composant de ses modèles de demande étaient surtout des modèles économétriques, utilisés pour des prévisions à court terme. La validité de ces modèles économétriques a été mise en question dans la mesure où ils se basent sur l'exploitation des tendances passées. D'autres techniques de modélisation sont donc apparues : les modèles technico-économiques et la méthode de scénario.

Le troisième chapitre consiste à explorer les techniques de prospective, les futurs possibles de l'industrie gazière à partir de l'état présent et passé. Nous présentons dans ce chapitre la modélisation de prospective, nous décrivons la rétrospective et la prospective qui pourrait être considérée pour la production du gaz en Algérie. Les résultats obtenus donnent une bonne compréhension de l'effet des différents paramètres sur la consommation.

Finalement, nous terminerons ce manuscrit par une conclusion générale, nous présentons une synthèse des travaux effectués ainsi que les principaux résultats obtenus, puis nous citons quelques perspectives pour des travaux futurs dans ce domaine.

# **Chapitre I : Contexte énergétique et L'industrie gazière**

## **1. Introduction**

L'économie algérienne est qualifiée d'économie rentière basée essentiellement sur les recettes engendrées par l'exportation des hydrocarbures. Jusqu'à présent, le pétrole et le gaz sont considérés comme étant vecteur de progrès socio-économique, d'où l'importance particulière accordée à leurs valorisation. Cependant, le ratio Réserves/Production de chacune des ressources donne au gaz naturel une priorité supplémentaire qui est celle de la couverture des besoins énergétiques du pays à long terme (Bezzi, 2007).

L'Algérie se classe au cinquième rang mondial pour les réserves de gaz naturel. La position stratégique de l'Algérie en Méditerranée et ses ressources en hydrocarbures font d'elle un partenaire incontournable de la région méditerranéenne et de l'Europe pour satisfaire les besoins énergétiques en gaz naturel (ESPANCC, 2001).

La prédominance du gaz naturel dans le bilan énergétique national (représente 64% de production primaire en Algérie) constitue déjà une mesure d'atténuation des émissions des gaz à effet de serre. D'autre part, la généralisation du gaz naturel comme combustible dans les zones rurales a permis de limiter l'utilisation du bois et du charbon. Ce qui a contribué beaucoup à la sauvegarde du patrimoine forestier du pays (ESPANCC, 2001).

Dans ce chapitre, nous sommes concentrés sur le contexte Mondiale et Algérien. Nous présentons dans les paragraphes suivants les différentes ressources énergétiques primaires et finales qui sont totalement différentes. Ainsi nous détaillons les secteurs de la consommation de l'énergie et les stratégies visant à augmenter la contribution des énergies renouvelables dans l'offre énergétique et à améliorer l'efficacité énergétique dans les différents secteurs économiques sont à l'ordre du jour de plusieurs pays.

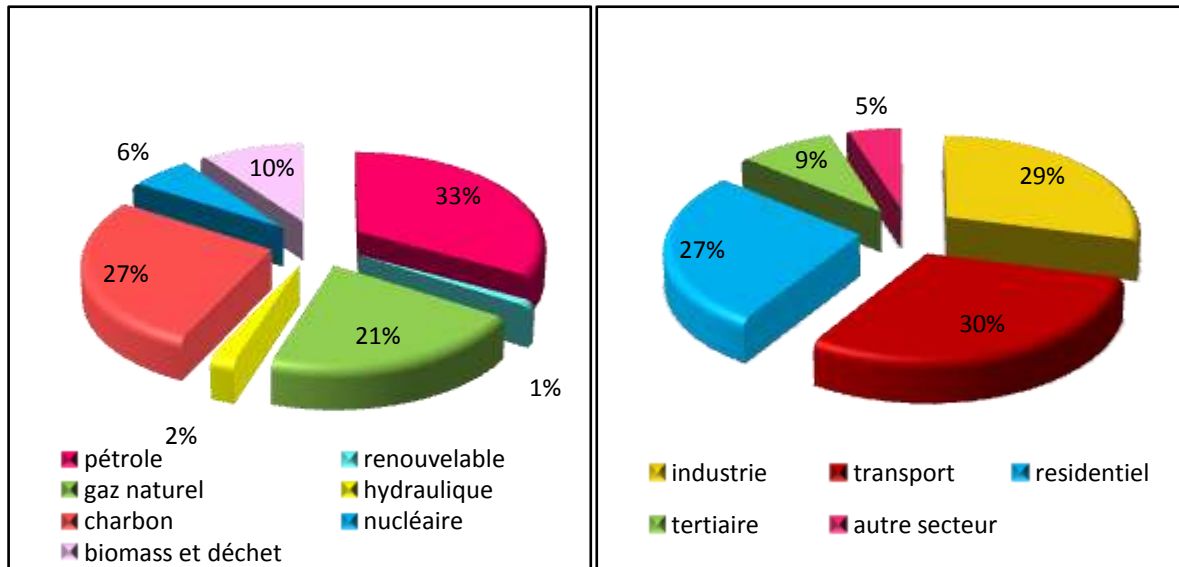
Nous décrivons l'industrie des gaz naturel et industriels on Algérie qui sont utilisable dans différents domaines : l'industrie, le transport, la santé, l'agroalimentaires (chimie, commerce et les sciences de recherche ...etc.), les propriétés de chaque type du gaz et leurs demande dans la vie.

## **2. Situation énergétique mondiale et Algérienne**

La production de l'énergie sous toutes ses formes occupe de nos jours les débats économiques et politiques. L'énergie est produit vital, elle est utilisée dans les activités humains sous différentes forme notamment mécanique, thermique, chimique, électrique et nucléaire, permettant a chacune des utilisations différentes (Bouakaz ,2012).

Selon l'Agence National de l'Énergie (AIE) la consommation mondiale d'énergie va augmenter de 50% entre 2004 et 2030 c'est-à-dire de 2% par an, pour accompagne la croissance démographique et économique, le taux de la consommation diffère d'un pays à un autre, il est déterminé par les conditions climatiques, le taux de croissance économique et le développement technologique (Bouakaz, 2012 ; MEM ,2007).

La figure I.1 montre la consommation énergétique mondiale dans différents secteurs énergétiques dont la part la plus importante est réservée pour le secteur de transport (30%) suivie par le secteur de l'industrie qui consomme environ 29% de l'énergie finale (Mazari, 2010) ; et dans différents produits dans la part la plus importante le pétrole, charbon et le gaz naturel.



**Figure I.1 :** Consommation énergétique mondiale par secteur d'activité et par produit (Mazari, 2010. Maizi, 2012).

La demande énergétique mondiale a connu une croissance soutenue sur les 40 dernières années, passant de près de 5000 M tep en 1970 à 12 000 M tep 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 (Percebois, 2012).

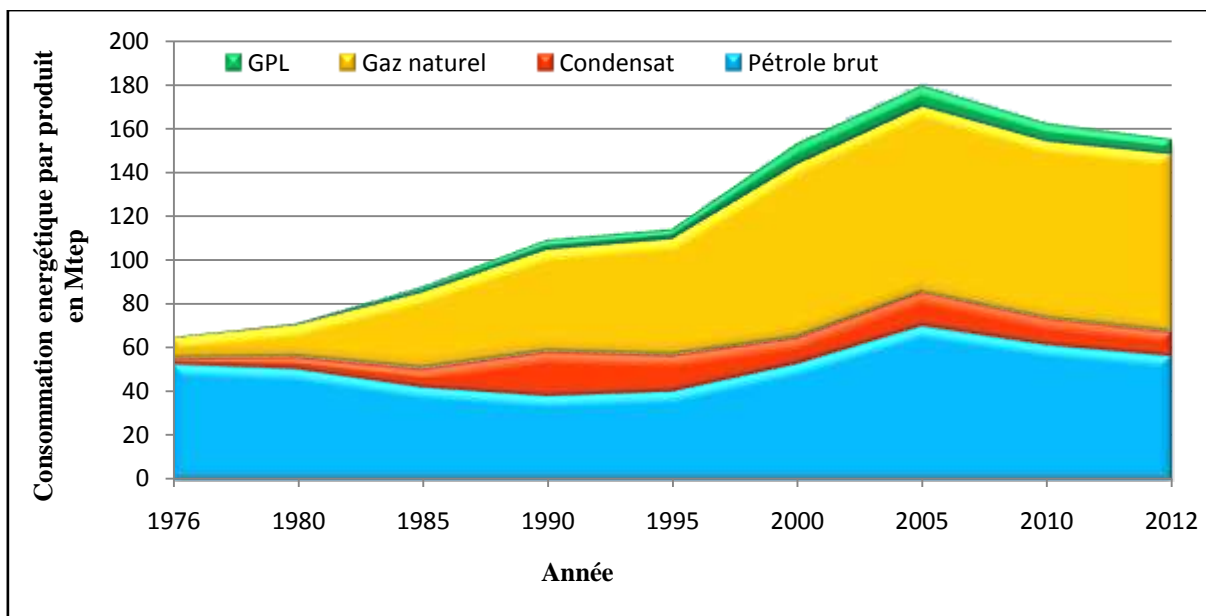
L'Algérie est l'un des plus grands pays d'Afrique avec une superficie de 2.381.741 kilomètres carrés sur les 30 millions de km<sup>2</sup> du continent africain, soit près du 1/12 de la surface totale de l'Afrique. L'Algérie est divisée en 48 « Wilayas » et 1541 « communes ». la population est de 38 700 000 habitants en 2014, d'un accroissement naturel de 1,67% (Boucheneb, 2013).

## 2.1 Production nationale de l'énergie

L'Algérie occupe la 7<sup>ème</sup> place dans le monde en matière de ressources prouvées en gaz naturel, la 5<sup>ème</sup> en production et la 3<sup>ème</sup> en exportation, après la Russie et le Canada. Compte tenu de ces chiffres, l'Algérie apparaît comme un véritable géant énergétique ; Dans l'espace méditerranéen, sa place est hégémonique, puisque l'Algérie est le premier producteur et exportateur de pétrole et de gaz naturel. En ce qui concerne le gaz naturel, forte de 50 % des réserves, de 48 % de la production totale et de l'impressionnant taux de 94 % des exportations de gaz naturel (Benamirouche, 2010).

L'Algérie est le troisième fournisseur de l'Union européenne (UE) en gaz naturel et son quatrième fournisseur énergétique total. Compte tenu de ces chiffres, l'Algérie apparaît comme un véritable géant énergétique; Dans l'espace méditerranéen, sa place est hégémonique, puisque l'Algérie est le 1<sup>er</sup> producteur et exportateur de l'énergie (pétrole et de gaz naturel) (Mazari, 2010).

L'évolution de la production nationale d'énergie fait ressortir une baisse, comme détaillée ci-dessous :



**Figure I.2 :** Production nationale d'énergie de 2000 à 2012 (ESPANCC- 2001, MEM-2001, MEM-2012).

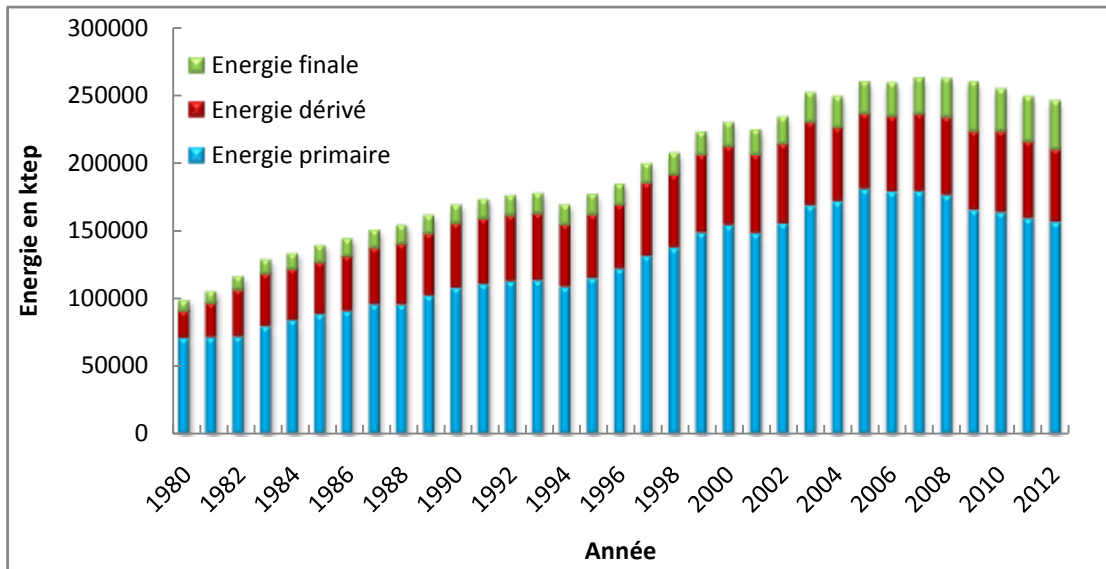
La production d'énergie primaire en 2012 a connu une légère baisse de 2,6 M tep à 155,6 M tep. Cette baisse a concerné l'ensemble des produits, à l'exception du gaz naturel la consommation augmente de 3,2%, l'abaissement

**Tableau I.1 :** Evolution rétrospective de la production nationale d'énergie par produit (M tep) (ESPANCC- 2001, MEM-2001, MEM-2012).

Année	1976	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2012
<b>Pétrole brut</b>	52,5	50,3	42,2	38,3	40,3	52,6	69,517	61	56
<b>Condensat</b>	2,6	5,5	8,3	19,9	16,3	11,8	15,224	11,99	11
<b>Gaz naturel</b>	9,4	14,7	34,6	46,4	52,873	79,01	85,02	80,82	81
<b>GPL</b>	0,3	0,6	2,6	4,6	4,608	9,679	9,71	8,479	7
<b>Autres</b>	0,1	0,1	0,2	0,1	0,112	0,093	0,236	0,097	0
<b>Total</b>	<b>64,9</b>	<b>71,2</b>	<b>8,9</b>	<b>109,3</b>	<b>114,39</b>	<b>153,224</b>	<b>179,706</b>	<b>163</b>	<b>156</b>

La production d'énergie dérivée a connu une diminution de 5,3% en 2012, à 53,6 M tep. Cette diminution est due à une chute de la production du GNL (-11,2%), des produits pétroliers (-9,1%) et du GPL (-14,7%). La production d'électricité thermique et du gaz sidérurgique ont connu respectivement une hausse de (+9,7 %) et (+12,3%) (APRUE, 2013).

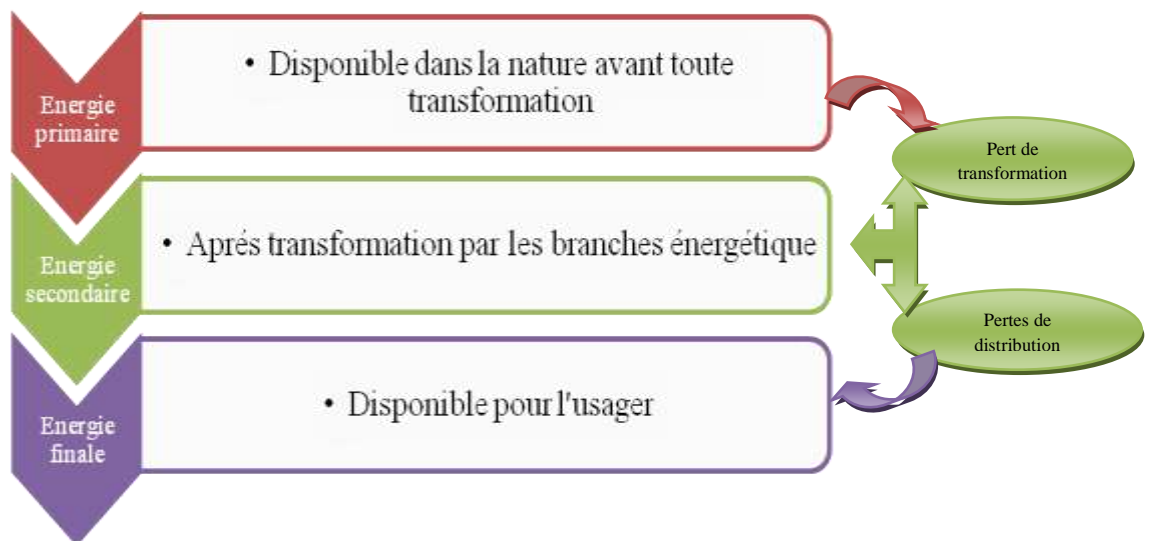
La figure suivante présente la production d'énergie primaire et dérivée de l'année (1980-2012) :



**Figure I.3 :** Evolution mensuelle de la production d'énergie primaire, dérivé et final de la période 1980 à 2012 (MEM, 1980 – MEM, 2012)

## 2.2 Transformation d'énergie

En résumé, la consommation d'énergie finale est égale à la consommation d'énergie primaire moins toutes les pertes d'énergie au long de la chaîne industrielle qui transforme les ressources énergétiques en énergies utilisées dans la consommation finale en la présentée la figure suivante:



**Figure I.4 :** Chaîne énergétique (Bouakaz, 2012).

L'activité de transformation d'énergie, qui inclut le raffinage, la cokéfaction, la liquéfaction et la génération de l'électricité, a baissé en 2012 de 5,9%. Le volume transformé a atteint 54,7 M tep, contre 58,1 M tep l'année précédente. Ainsi, le volume de pétrole et de condensat traité a baissé de 8,7 % pour atteindre 26,3 M tep (MEM, 2012)

Le tableau ci-après donne le détail par produit des quantités d'énergie transformées :

**Tableau I.2** : Les quantités d'énergie transformé en détail par produit de 2001 à 2012 (MEM, 2001- MEM, 2012).

Année	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Condensat	349	455	455	461	419	444	438	358	149	134	127	121
Pétrole brut	23151	22399	22807	19822	20144	20832	21756	24786	24457	24898	24038	21609
gaz naturel	<b>34138</b>	<b>35693</b>	<b>37886</b>	<b>33902</b>	<b>34597</b>	<b>34044</b>	<b>35151</b>	<b>32528</b>	<b>33046</b>	<b>30521</b>	<b>29320</b>	<b>28388</b>
GNL	26586	27665	29284	24801	25150	23979	24940	21461	21706	19110	16996	15055
<b>Totale</b>	<b>84224</b>	<b>86212</b>	<b>90432</b>	<b>78986</b>	<b>80310</b>	<b>79299</b>	<b>82285</b>	<b>79133</b>	<b>79358</b>	<b>74663</b>	<b>70481</b>	<b>65173</b>

### 2.3. Consommation d'énergie

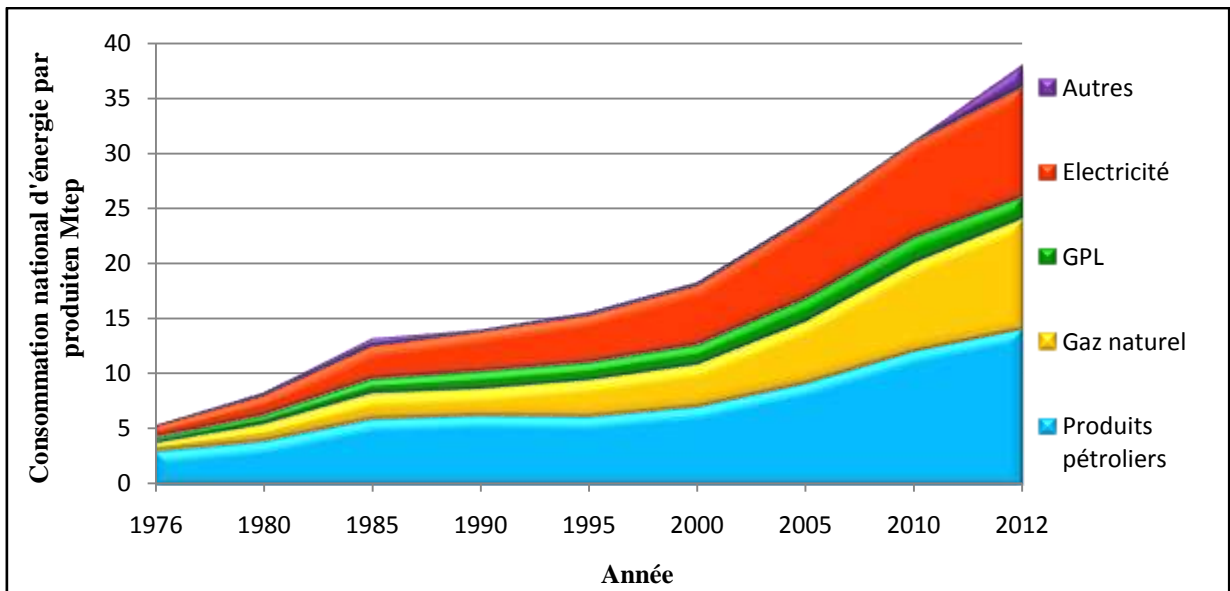
#### 2.3.1 Evolution de la consommation nationale par forme d'énergie

La consommation nationale d'énergie à augmenté de 5,2%, pour s'établir à 36 Mtep du période de 20 ans, aussi en remarque que l'augmentation et changé d'une année à une autre par tout les déférentes forme d'énergie (gaz, pétrole, GPL, Electricité...etc.) on veut les détails de cette évolution dans le tableau suivant :

**Tableau I.3** : L'évolution de la consommation d'énergie national par forme d'énergie de 1976 à 2012 (ESPANCC- 2001, MEM-2001, MEM-2012).

Année	1976	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2012
Produits pétroliers	3	3,9	5,9	6,2	6,1	7	9,1	12	14
Gaz naturel	<b>0,7</b>	<b>1,5</b>	<b>2,3</b>	<b>2,4</b>	<b>3,3</b>	<b>3,8</b>	<b>5,6</b>	<b>8,02</b>	<b>10</b>
GPL	0,5	0,8	1,3	1,6	1,6	1,8	2,1	2,33	2
Electricité	1	1,8	3	3,6	4,3	5,4	7,2	8,61	10
Autres	0,1	0,3	0,7	0,2	0,3	0,3	0,3	0,122	2
<b>Total</b>	<b>5,3</b>	<b>8,3</b>	<b>13,2</b>	<b>14</b>	<b>15,6</b>	<b>18,3</b>	<b>18,7</b>	<b>32</b>	<b>36</b>

Les résultats obtenus dans le tableau précédent avec une évolution d'une année à l'autre sont présentés dans la figure suivante :

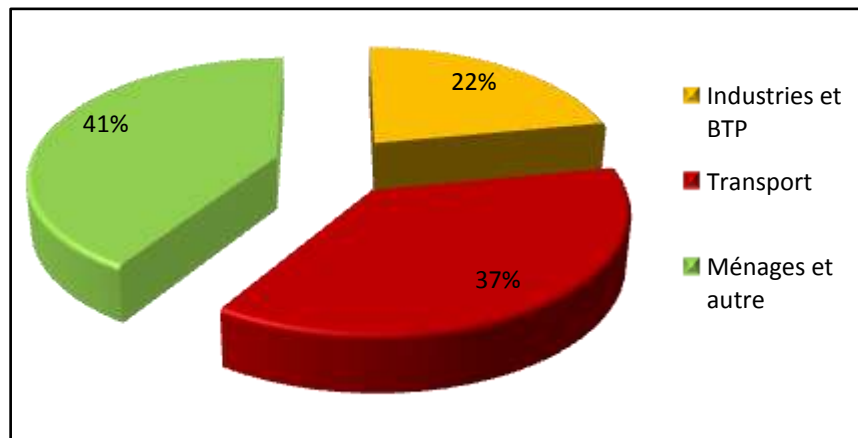


**Figure I.5:** Evolution de la consommation d'énergie nationale par forme d'énergie de 1976 à 2012 (ESPANCC- 2001, MEM-2001, MEM-2012).

## 2.4 Consommation finale d'énergie

### 2.4.1 Par secteur d'activité

La consommation énergétique finale par secteur d'activité est présentée par 3 secteurs en Algérie, il s'agit de l'industrie et BTP, le transport, les ménages et autres.



**Figure I.6 :** Consommation énergétique finale en Algérie par secteur d'activité (MEM, 2012).

D'après la figure précédente en remarque que le secteur le plus consommateur d'énergie est le résidentiel de 41%, ensuite le transport de 37% et enfin l'industrie avec 22%.

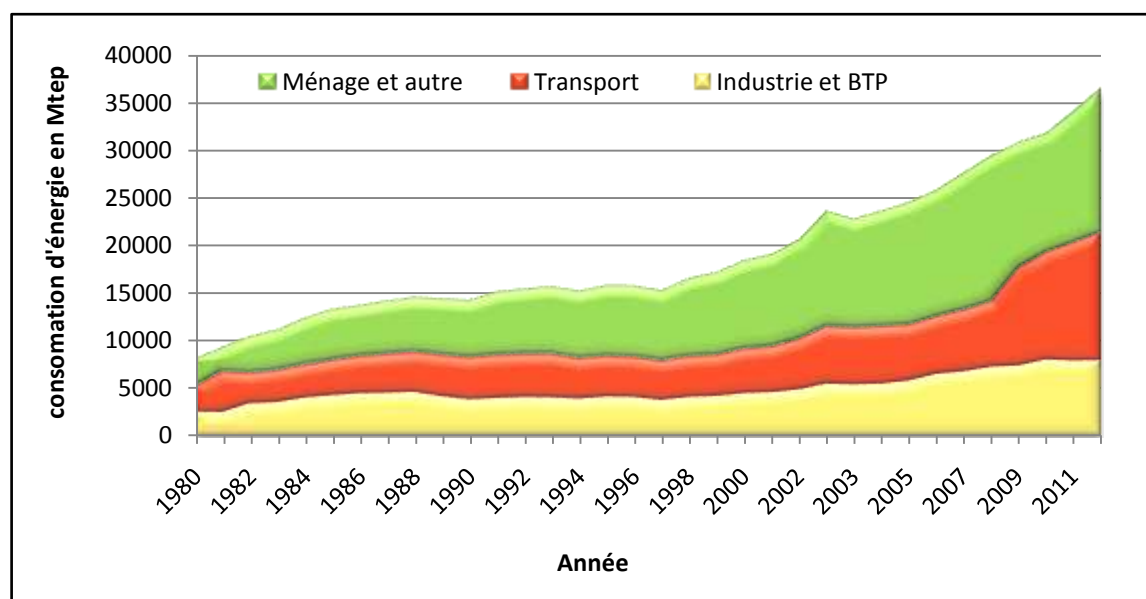
La consommation énergétique finale par secteur d'activité varie d'une année à l'autre selon le tableau suivant:



**Tableau I.4 :** consommation d'énergie dans les différentes secteurs en ktep (MEM, 1980 – MEM, 2012).

Année	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
<b>Industrie et BTP</b>	2609	2558	3466	3577	4055	4300	4501
<b>Transport</b>	2598	4274	3206	3373	3480	3688	3907
<b>Ménage et autre</b>	2863	2453	3766	4148	4800	5285	5251
Année	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
<b>Industrie et BTP</b>	4554	4646	4195	3874	4002	4129	4078
<b>Transport</b>	4067	4183	4356	4384	4533	4495	4584
<b>Ménage et autre</b>	5511	5698	5831	5942	6561	6771	6990
Année	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
<b>Industrie et BTP</b>	3945	4167	4122	3802	4128	4218	4512
<b>Transport</b>	4243	4261	4202	4150	4261	4325	4654
<b>Ménage et autre</b>	6994	7317	7410	7275	8117	8580	9188
Année	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
<b>Industrie et BTP</b>	4610	4904	5419	5497	5817	6507	6779
<b>Transport</b>	4797	5312	5963	6019	5845	6035	6450
<b>Ménage et autre</b>	9588	10310	11313	12011	12776	13161	14308
Année	2008	2009	2010	2011	2012		
<b>Industrie et BTP</b>	7253	7380	8019	7890	7948		
<b>Transport</b>	6903	10264	11215	12370	13372		
<b>Ménage et autre</b>	15144	13063	12415	13721	15074		

- La consommation du secteur "Industrie et BTP" a connu une augmentation de trois fois plus que le 2012 d'après l'année 1980, en forte corrélation avec les industries grosses consommatrices d'énergie. On peut voir les détaille du tableau précédent dans la figure suivante qui présente une évolution de la consommation finale de l'énergie pas secteur d'activité des années 1980-2012 :



**Figure I.7** : consommation d'énergie finale par secteur d'activité (MEM ,1980- MEM, 2012)

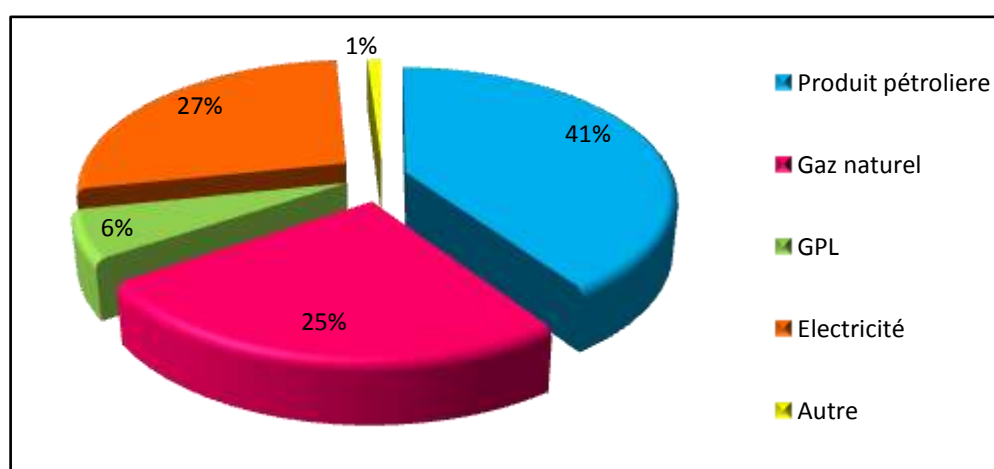
D'après la figure, on remarque que la consommation d'énergie finale par secteurs d'activité est :

- Pour le secteur de ménage et autre secteur l'année le plus grand consommateur est 2008 aussi en 2012 et il était minimal en 1980 ;
- Pour le secteur du transport en remarque qu'il ya une augmentation d'une année a l'autre l'année la plus consommatrice c'est 2010 jusqu'à maintenant et la moins c'est 1980 ;
- Pour le secteur des industries et BTP une petite augmentation de 1980 à 2010 et il reste constante de 2010 à 2012.

#### 2.4.2. Consommation par produit

La structure de la consommation finale reste dominée par les produits pétroliers (39%) dont le transport routier représente près de 90%. La répartition de la consommation finale par produits est donnée comme suit :

- Produits pétroliers ont augmenté de 1,5% pour atteindre 12,3 MTEP ;
- Gaz naturel a augmenté de 5,3%, pour s'établir à 8,0 MTEP ;
- Electricité a augmenté de 2,8% pour s'établir à 8,6 MTEP ;
- GPL a baissé de 1,5% pour s'établir à 2,3 MTEP.



**Figure I.8** : Présente la consommation d'énergie finale par produit en Algérie (MEM ,2012)

La consommation du GPL a baissé de 1,5% par rapport à 2009, en raison de la baisse de la demande notamment des ménages (0,6%) et du transport (4%). En effet, la baisse de la demande du secteur des ménages sur ce produit, s'explique en patrie par l'évolution des raccordements en GN qui ne cesse d'accroître ces dernières années et qui porte ainsi le taux national de raccordement à 45% en 2010. Enfin, la consommation d'électricité a augmenté de 2,8% en 2010 pour s'établir à 8,6 Mtep. Elle représente 73% de la production totale d'électricité disponible (12 tep). Les pertes de distribution représentent 20% de la production

d'électricité disponible, et les 7 % restant sont destinés à la consommation des industries énergétiques, comme détaillé dans le tableau suivant :

**Tableau I.5** : l'évolution de la consommation des industries énergétique de 1976 à 2012 en Mtep (ESPANCC, 2001- MEM, 2000- MEM, 2012)

Année	1976	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2012
<b>Produits pétroliers</b>	3	3,9	5,9	6,2	6,1	7	9,1	12	14
<b>Gaz naturel</b>	<b>0,7</b>	<b>1,5</b>	<b>2,3</b>	<b>2,4</b>	<b>3,3</b>	<b>3,8</b>	<b>5,6</b>	<b>8,02</b>	<b>10</b>
<b>GPL</b>	0,5	0,8	1,3	1,6	1,6	1,8	2,1	2,33	2
<b>Electricité</b>	1	1,8	3	3,6	4,3	5,4	7,2	8,61	10
<b>Autres</b>	0,1	0,3	0,7	0,2	0,3	0,3	0,3	0,122	2
<b>Total</b>	<b>5,3</b>	<b>8,3</b>	<b>13,2</b>	<b>14</b>	<b>15,6</b>	<b>18,3</b>	<b>18,7</b>	<b>32</b>	<b>36</b>

## 2.5 Echange d'énergie

Les exportations d'énergie ont atteint 109,784 M tep en 2012, en baisse de 0,7 % par rapport au niveau enregistré en 2011. Cette légère baisse s'explique par une diminution des exportations de pétrole brut (-1,7%), du condensat (-14,1%) et du GPL (-8,5%). Par contraste, les exportations de gaz naturel ont augmenté de 4,5% (MEM, 2012).

**Tableau I.6** : l'exportation et l'importation de l'énergie en Algérie en M tep (MEM, 2001 -2012)

Année	2001	2002	2003	2004	2005	2006
<b>Exportation</b>	119,015	123,001	132,714	136,892	145,274	140,716
<b>Importation</b>	0,792	1,279	1,352	1,516	1,185	1,651
Année	2007	2008	2009	2010	2011	2012
<b>Exportation</b>	137,908	134,725	121,964	119,751	113,346	109,784
<b>importation</b>	2,044	1,998	2,197	1,945	2,889	5,532

Le bilan des échanges d'énergie pour l'année 2012 fait ressortir un solde global exportateur de 104,3 M tep. Toutefois, ce solde a enregistré une baissé de 5,6% par rapport à 2011 et à 2001 en raison de la hausse importante des importations.

## 3. Le gaz industriels

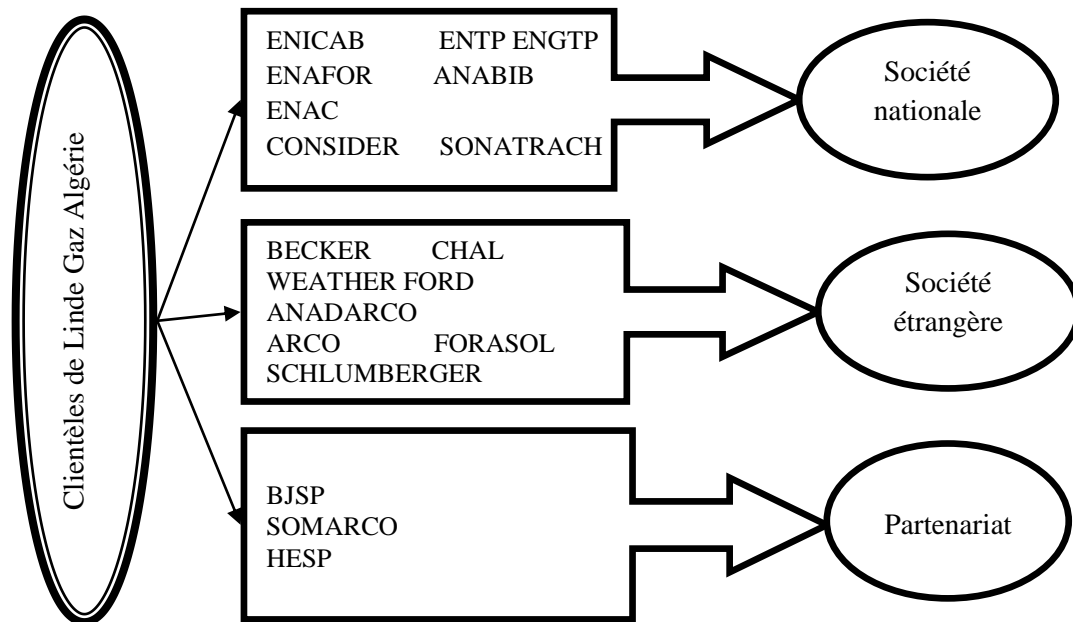
Les gaz industriels sont présentés dans pratiquement chacune des branches de l'industrie, du commerce, de la science et de la recherche, d'Agroalimentaire, de chimie et des hydrocarbures à travers des fins très diverses. Le faisceau d'applications étant extrêmement large, les besoins des utilisateurs de gaz industriels varient considérablement en termes de volume, de pureté, de composition et de mode de livraison. La demande nationale en gaz industriels et médicaux demeure très importante comparativement à l'offre nationale. Ce déséquilibre est imputé au manque d'investissements engagés dans le secteur des gaz industriels et médicaux. Lequel secteur ne compte que quelques opérateurs, entre autres Linde gaz Algérie (LGA), Air Liquide Algérie et INOXPA Algérie (The Linde Groupe, 2013).

La matière première de tout les gaz industriels c'est l'air, l'air que nous respirons c'est un mélange gazeux constitué de 78% d'azote, 21% d'oxygène et de 0,9 d'argon, les 0,1 restant se composent essentiellement de dioxyde de carbone, d'hydrogène et des gaz rares (panGas-ASU-basel, 2011).

### 3.3. Les clients de la société LGA :

Le bon travail de la société et la réputation de la société est l'aider pour apporter Plusieurs et différents clients sont :

- Les clientèles ;
- Les importateurs ;
- Les concurrents ;
- L'Export ;
- Les médiateurs
- L'état.



**Figure I.9:** Différentes clientèles de LGA (EL-HELLA, 2013).

Chaque société est leur travail et leur utilisation du gaz soit dans les domaines : industriel, agro-alimentaire et d'autre utilisation, pour la région sud le domaine le plus large pour l'utilisation des Gaz Industriels c'est les industries et quelque production des produits médicaux et agroalimentaires.

La production des différents gaz industriels en Algérie est différentes d'une unité à l'autre, aussi on remarque que la zone sud est porte seulement deux unités l'une à Ouargla et l'autre à Hassi-Messoud, une unité de Reghaia qui produit les différents gaz industriels en Algérie sauf l'Hydrogène qui est produit par l'unité de Skikda (voir la figure I-8).

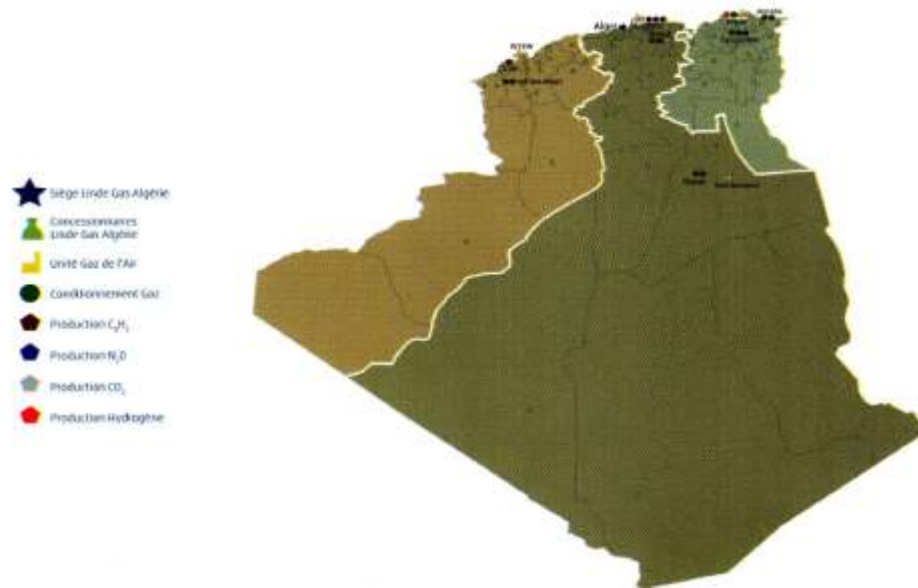


Figure I.10 : Présentation des unités de Linde Gaz Algérie (Article LGA 2014)

### 3.4. Les différents types des gaz industriels

#### 3.4.1 Argon, oxygène et l'azote

La production d'oxygène, d'azote et d'argon est basée sur la séparation de l'air en ses composantes. Cette technique de séparation cryogénique a été développée il y a plus d'un siècle de cela, par Carl-Von-Linde. Les composants de l'air sont utilisés dans de nombreux procédés industriels et les rendent plus écologiques (The Linde Groupe, 2013).

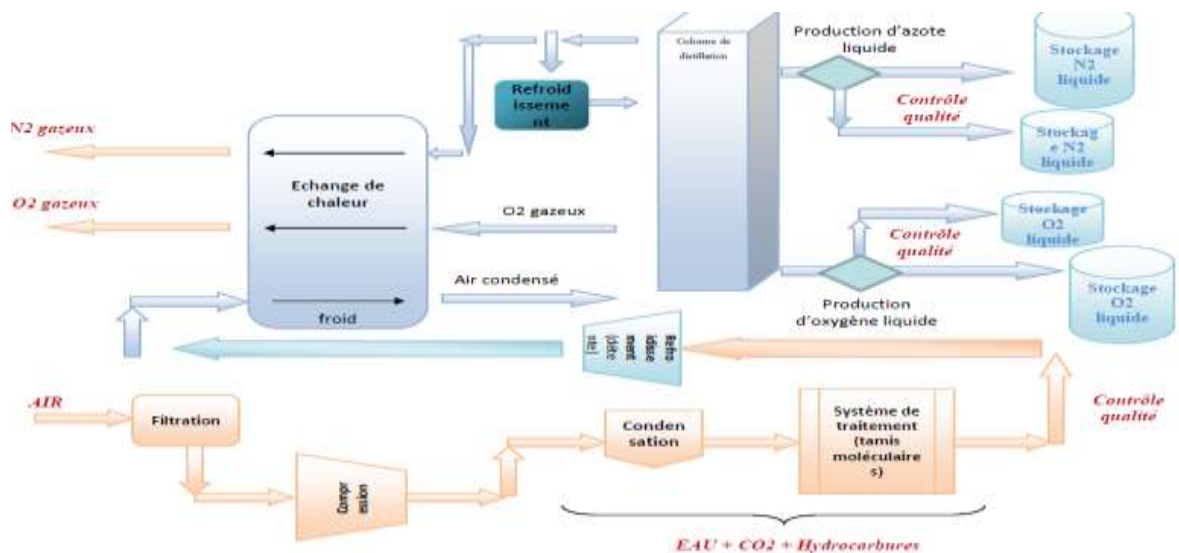


Figure I.11 : Production de N<sub>2</sub> et O<sub>2</sub> (AMGIM, 2013).

#### 3.4.2 Acétylène

L'acétylène est un gaz synthétique produit par la réaction entre le carbure de calcium et l'eau, il est gazeux à la température ordinaire (température d'ébullition : - 83 °C) et il ne doit

pas être manipulé sous forme simplement comprimée ou liquéfiée pour éviter des explosions très brutales, car il est instable. L'on trouve dans l'éclairage et aujourd'hui pour les procédés autogènes, le soudage, le brasage, l'oxycoupage, la spectrophotométrie et la photométrie à flammes (The Linde Groupe, 2013).

### 3.4.3 Hydrogène

L'hydrogène est le gaz industriel le plus largement utilisé dans les industries du raffinage, de la chimie et la pétrochimie (Ghouini, 2011). Il est aussi utilisé à l'atmosphère réductrice, dans les laboratoires, et l'hydrogénation des huiles alimentaires comme l'hydrogénation de la margarine a Oran par la technique de séparation de beurre concentrée par l'hydrogène à une beurre alimentaire moins concentrée .

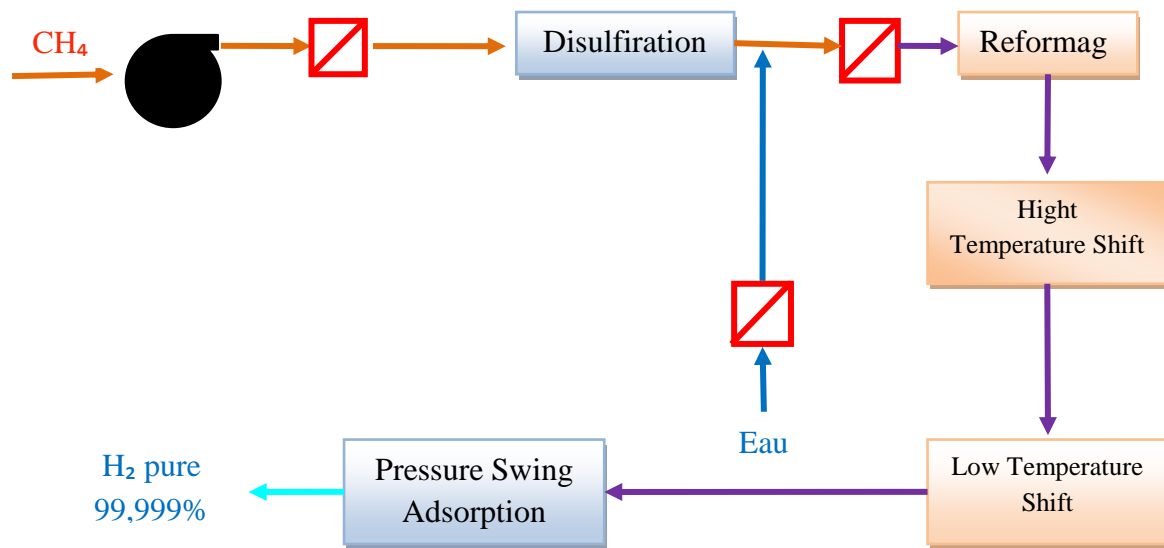


Figure I.12 : Production d'hydrogène (Ghouini, 2011).

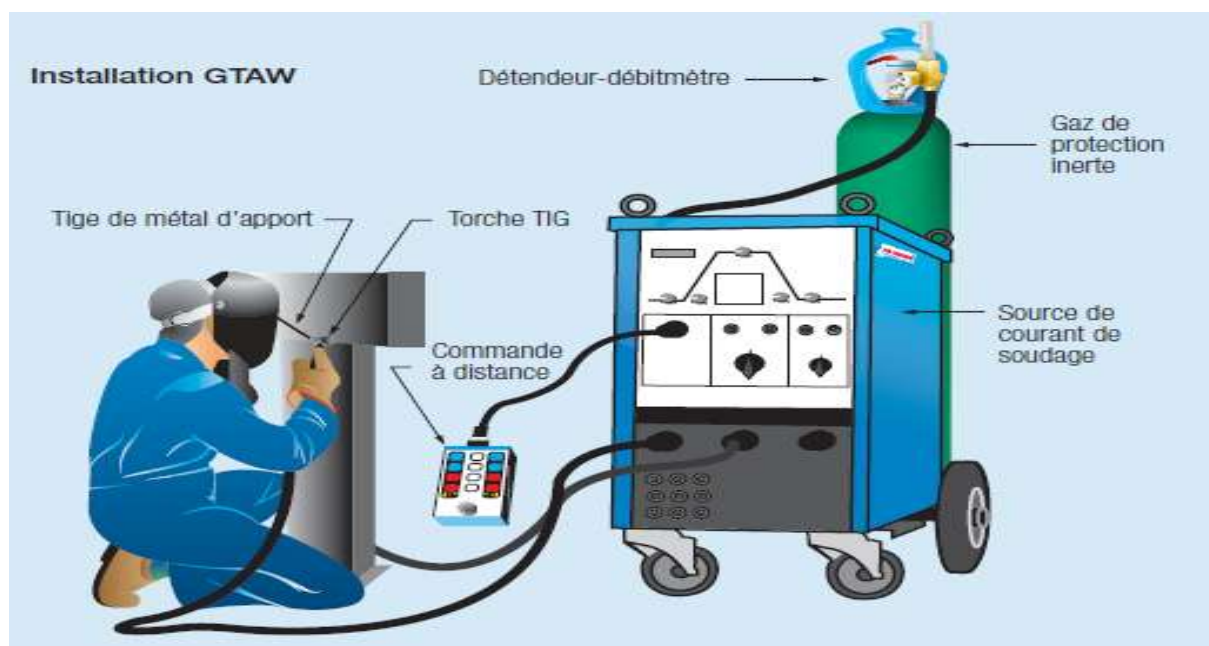
### 3.4.4 Dioxyde de carbone / CO<sub>2</sub>

L'utilisation du CO<sub>2</sub> présente des avantages considérables par rapport aux acides minéraux tels que l'acide sulfurique ou l'acide chlorhydrique, qui sont très dangereux et agressifs. Leur Gain économique est de la réduction des dépenses d'entretien et des frais d'exploitation car c'est un gaz inerte et non corrosif utilisé dans les boissons gazeuses, serres, extincteurs, congélation et le refroidissement (The Linde Groupe ,2013).

### 3.4.5 Gaz de soudage : Gamme MISON

MISON est une gamme complète de gaz de protection utilisés en soudage MIG, MAG, TIG, soude-brasage sur tous types de matériaux (aciers, inox, aluminium ...etc.)

Les gaz MISON promettent des soudures de très bonne qualité, réalisées à des vitesses élevées (Air-liquide, 2006).



**Figure I. 13** : Soudage par gaz du gamme MISON (Air-liquide, 2006).

### 3.4.6 L'Hélium :

L'hélium ne se trouve à l'état naturel que dans l'écorce terrestre, lorsqu'il a été piégé dans des poches rocheuses non poreuses, de la même façon que l'on trouve le pétrole. Ces sortes de "puits d'hélium" n'existent que dans certaines parties du monde où les conditions géologiques sont réunies, ce qui fait de l'hélium un gaz rare et cher (Ghouini, 2011).

### 3.5 Les procédés de production des gaz industriels

Les procédés de production des gaz industriels sont différents. Les plus utilisés sont la distillation cryogénique de l'air pour l'Argon, le Krypton et l'Xénon, avec la même procédé pour l'Azote mais avec une séparation par membranes polymérique et une séparation par adsorption pour l'Oxygène. Pour l'Hélium et le Néon le même procédés avec une étape de purification, pour le monoxyde de carbone c'est le lavage au méthane ou condensation partielle de sungas (The Linde Groupe, 2013).

## 4. Le gaz naturel

Les hydrocarbures sont les richesses principales du pays. Le gaz naturel avec 3000 milliards de m<sup>3</sup> représente 4% des réserves mondiales de gaz. D'autre part, la généralisation du gaz naturel comme combustible dans les zones rurales a permis de limiter l'utilisation du bois et du charbon. Ce qui a contribué beaucoup à la sauvegarde du patrimoine forestier du pays (ESPANCC, 2001).

L'Algérie est le 1<sup>er</sup> producteur africain de gaz (plus de 50 % de la production de gaz en Afrique) et classée 8<sup>ème</sup> producteur de gaz à l'échelle mondiale. Elle est le 2<sup>ème</sup> fournisseur de gaz naturel de l'Europe, après la Russie. L'Algérie a une industrie du gaz naturel, et un important producteur de gaz au niveau mondial (Benamirouche, 2013).



L'industrie du gaz naturel est un secteur vaste, concentré et qui réclame des capitaux importants. Etant donné le lien étroit qui existe entre l'exploration et la production de gaz naturel et de pétrole, les compagnies pétrolières sont également les principales entreprises impliquées dans le secteur du gaz naturel. Toutefois, le transport et la distribution de gaz sont plus proches du transport et de la distribution d'électricité ( <http://www.naturalgas.org> ).

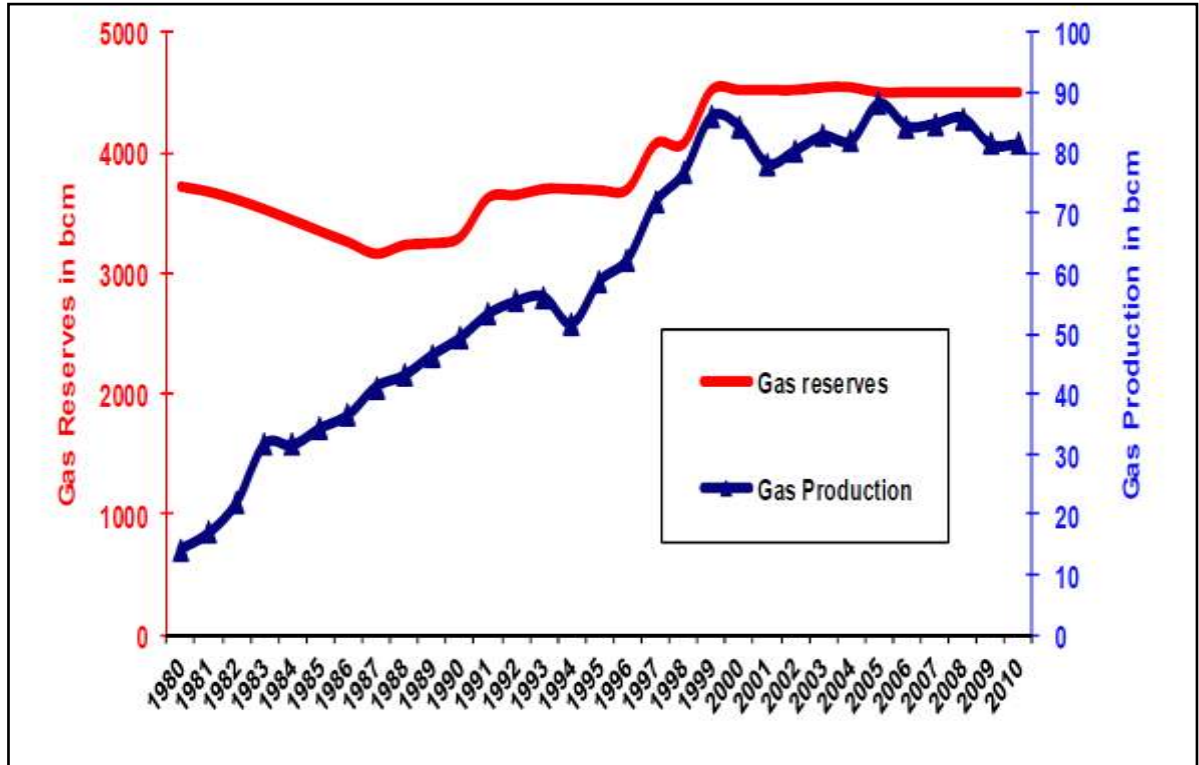


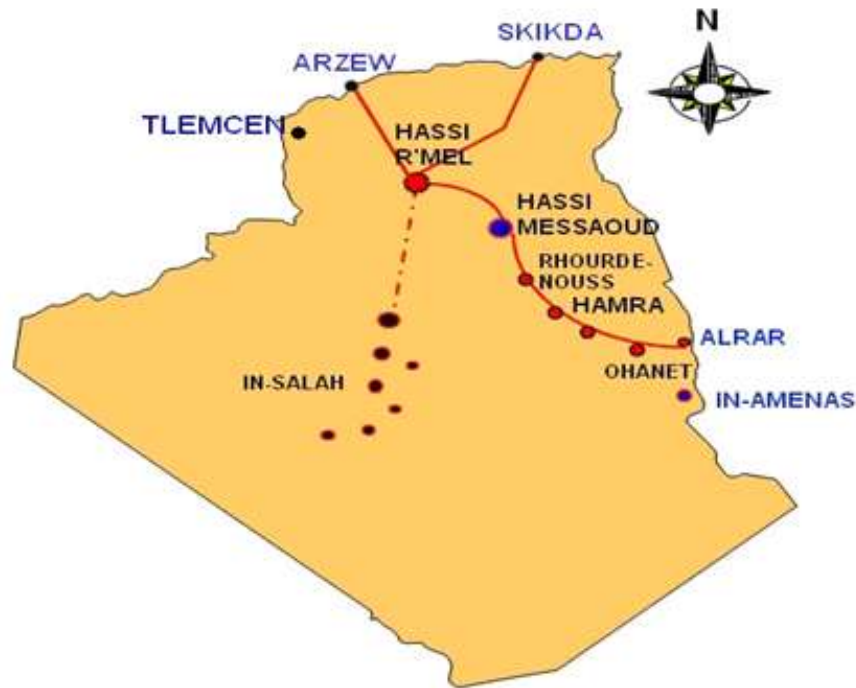
Figure I.14 : Les réserves et la production du gaz naturel en Algérie (MEDPRO, 2012)

#### 4.1 L'histoire du gaz naturel en Algérie

A la fin de **1953**, plusieurs campagnes de sismiques aboutirent à la mise en évidence d'une zone haute pouvant constituer un anticlinal, notamment dans la région de Hassi R'Mel, un premier forage (HR1) a été réalisé en **1956**. Huit puits sont alors réalisés, délimitant ainsi une structure anticlinale constituant un grand réservoir de gaz.

Ce premier développement du champ permet de préciser les niveaux géologiques et d'approfondir les connaissances sur le réservoir et son effluent. Quatre puits sont reliés à un centre de traitement permettant l'exploitation commerciale du champ, dès février **1961** deux unités livrent du gaz à GL4-Z à travers un gazoduc reliant Hassi- R'Mel à Arzew, le condensât était évacué à Haouadh El Hamra via l'oléoduc «N°8 » (Boubia, 2005).





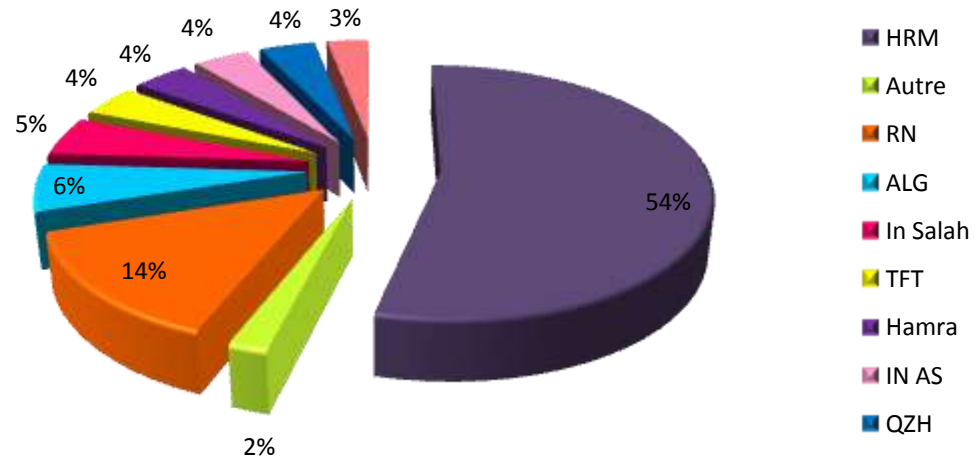
**Figure I.12** : Situation géographique de Hassi R'Mel (Bezzi, 2005)

Depuis la mise en exploitation, plusieurs étapes ont été marquées avant d'atteindre la phase actuelle de développement :

- De **1961 à 1971**, la production annuelle de gaz brut passe de 0,8 à 3,2 milliards de  $m^3$  et celle du condensât passe de **126 000 à 623 000 tonnes**.
- De **1971 à 1974** : des études des réservoirs permettent de définir le mode d'exploitation du champ.
- En **1974**, parallèlement à ces études, une extension du centre de traitement était réalisée par l'adjonction de six nouvelles unités d'une capacité totale de  **$300.10^6 m^3/j$** .
- Un programme de forage complémentaire était porté sur 23 nouveaux puits réalisés entre **1971 et 1974**.

Depuis **1980**, l'Algérie est devenue l'un des grands exportateurs mondiaux de gaz naturel. Une particularité à souligner est que l'Algérie a pu réaliser diverses installations de liquéfaction de gaz naturel qui lui permettent de le commercialiser sous forme liquide et le transporter dans des méthaniers vers le marché extérieur (Etats-Unis, Europe.. etc.). Parallèlement à ce mode de transport l'Algérie a pu transporter son gaz par des gazoducs reliant directement Hassi R'Mel à l'Europe, c'est ainsi qu'elle exploite actuellement le fameux gazoduc transméditerranéen qui relie l'Algérie à l'Italie et La Slovénie via la Tunisie (Bezzi ; 2005).

Les réserves du gaz naturel en Algérie sont remarques dans la figure suivante :



**Figure I. 15** : La répartition des réserves gazières en Algérie (Bezzi, 2005).

L'industrie du gaz naturel a été fortement régulée pendant de nombreuses années car elle était considérée comme un monopole d'Etat. Au cours des 30 dernières années, un mouvement vers une plus grande libéralisation des marchés du gaz naturel et une forte dérèglementation des prix de ce produit ont débuté. Cette tendance eut pour conséquence d'ouvrir le marché à une plus grande concurrence et de rendre l'industrie du gaz naturel plus dynamique et plus innovante. En outre, grâce à de nombreux progrès technologiques, la découverte, l'extraction et le transport du gaz naturel vers les consommateurs peuvent se faire de manière plus aisée. Ces innovations ont également permis d'améliorer les applications existantes et d'en imaginer de nouvelles. Le gaz naturel est de plus en plus utilisé pour la production d'électricité (SONALGAZ, 2000).

#### 4.2. Propriétés de gaz naturel

Le gaz naturel est incolore, inodore, insipide, sans forme particulière et plus léger que l'air. Il se présente sous sa forme gazeuse au delà de  $-161^{\circ}\text{C}$ . Pour des raisons de sécurité, un parfum chimique, le mercaptan, qui lui donne une odeur d'œuf pourri, lui est souvent ajouté afin de permettre de détecter une fuite de gaz éventuelle. Le gaz naturel est un mélange d'hydrocarbures légers comprenant du méthane, de l'éthane, du propane, des butanes et des pentanes. D'autres composés tels que le  $\text{CO}_2$ , l'hélium, le sulfure d'hydrogène et l'azote peuvent également s'y trouver. Bien que la composition du gaz naturel varie, son composant principal est le méthane (au moins 90%). Il possède une structure d'hydrocarbure simple, composé d'un atome de carbone et de quatre atomes d'hydrogène ( $\text{CH}_4$ ). Le méthane est extrêmement inflammable. Il brûle facilement et presque totalement et n'émet qu'une faible pollution (<http://www.naturalgas.org>; (2001 IGU World Gas Review), 2013)

A la pression atmosphérique, si le gaz naturel est refroidi à une température de  $-161^{\circ}\text{C}$  environ, il se condense sous la forme d'un liquide appelé le gaz naturel liquéfié (GNL). Un volume de ce liquide occupe environ le six centième d'un volume de gaz naturel et est deux fois moins lourd que l'eau (45% environ). Il est inodore, incolore, non-corrosif et non-toxique. Une fois sous forme de vapeur, il ne brûle dans l'air que dans une concentration de 5% à 15%.

Ni le GNL, ni le gaz naturel ne peuvent exploser à l'air libre. Puisque le gaz naturel sous sa forme liquide occupe un volume plus restreint, il est souvent stocké et transporté sous cette forme (IFP, 2007)

### 4.3 Les types de gaz naturel

La présence et l'apparition d'une phase liquide avec le gaz selon les conditions de pression et la température dans le réservoir de gisement et en surface conduit à distinguer

**4.3.1 Le gaz sec :** Dans les conditions de production de se gaz, il n'y a pas une formation de phase liquide et le gaz est concentré en méthane et contient très peu d'hydrocarbures plus lourds que l'éthane.

**A. Le gaz humide :** Dans les conditions de production de se gaz, il y'a une formation de phase liquide dans les conditions de surface et le gaz est moins concentré en méthane e.

**B. Le gaz a condensât :** Dans les conditions de production de se gaz, il y'a une formation de phase condensée riche en constituants lourds dans le réservoir.

**4.3.2 Le gaz associé :** C'est un gaz de couverture qui contexte avec la phase d'huile dans réservoir d'huile c'est-à-dire gisement de pétrole (Boubia, 2007).

### 4.4 Utilisation du gaz naturel

Le gaz naturel a pénétré tout les secteurs de consommation, soit comme combustible, soit comme matière première pour la chimie. On trouve le gaz naturel dans l'industrie pétrolière-gazière pour satisfaire à ces besoins propres d'énergie. L'ampleur des consommations de ce secteur est directement liée aux activités locales des industries gazières (besoin énergétiques des opérations d'extraction, de réinjection, de traitement d'épuration, de liquéfaction et de transport) et pétroliers (production, raffinage,....est).

Le gaz naturel y compris ses fractions lourdes associées au méthane (éthane, GPL, et essence naturelle), ouvre la voie à une pétrochimie presque aussi large que celle des produits pétroliers. Le gaz naturel proprement dit a une part prépondérante dans la fourniture des matières premières pour la production de l'ammoniac et celle du méthanol, plus de 75% des capacités mondiales de production d'ammoniac et plus de 85% de celle de méthanol sont alimentées par du gaz naturel. Celui-ci offre, en termes d'investissement de coud opératoires et de rendement, des avantages considérables par rapport aux matières premières concurrentes, enfin l'ammoniaque avec les engrais azotés, représente un secteur en progression rapide dans les pays en voie de développement.

Le secteur résidentiel tertiaire constitue le stade le plus avancé de la diversification des usages du gaz naturel, se secteur recouvre généralement trois types d'utilisation :

- Le chauffage des locaux,
- La fourniture d'eau chaude,
- La cuisson des aliments.

Toutefois ces trois demandes ne sont pas d'importance égale et varient selon les conditions climatiques.

Enfin le secteur des transports reste encore très peu accessible au gaz naturel, le gaz naturel y compris les GPL et les composés oxygénés dérivés du gaz (méthanol, alcools lourds, MTBE) apportent une contribution certes marginale pour le moment aux besoins de ce secteur. Toutefois tant pour des raisons économique que stratégiques, un certain nombre de pays envisagent de développer des carburants de synthèse issue de matières première non pétrolière, dans ces stratégies, le gaz naturel pourrait sans doute offrir les solutions le plus intéressantes par transformation chimique en essences ou distillats analogues à ceux du raffinage pétrolier (Bezzi, 2005).

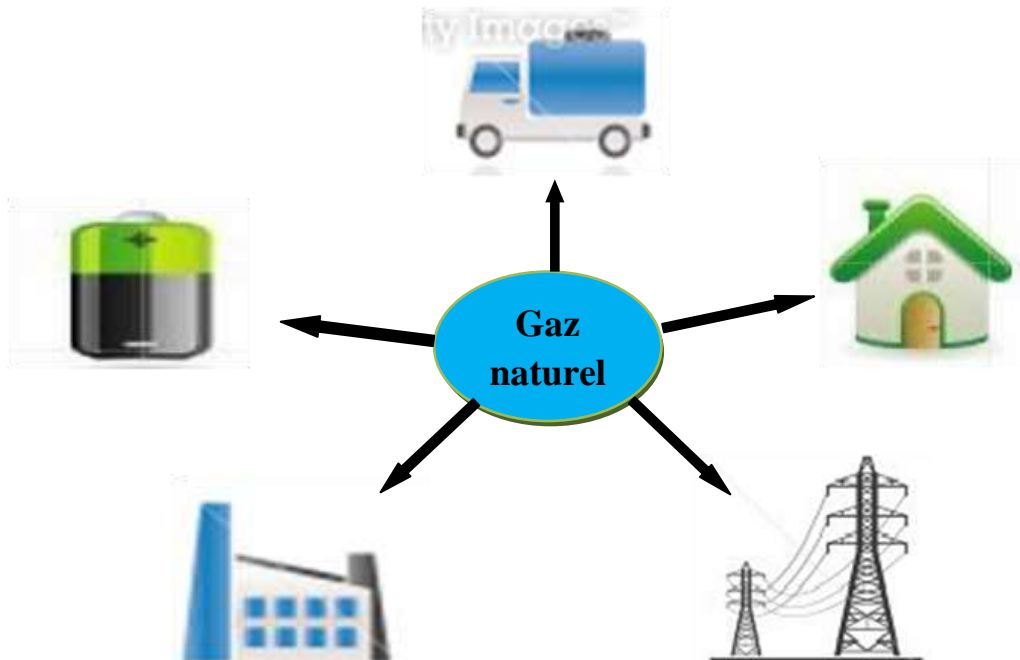
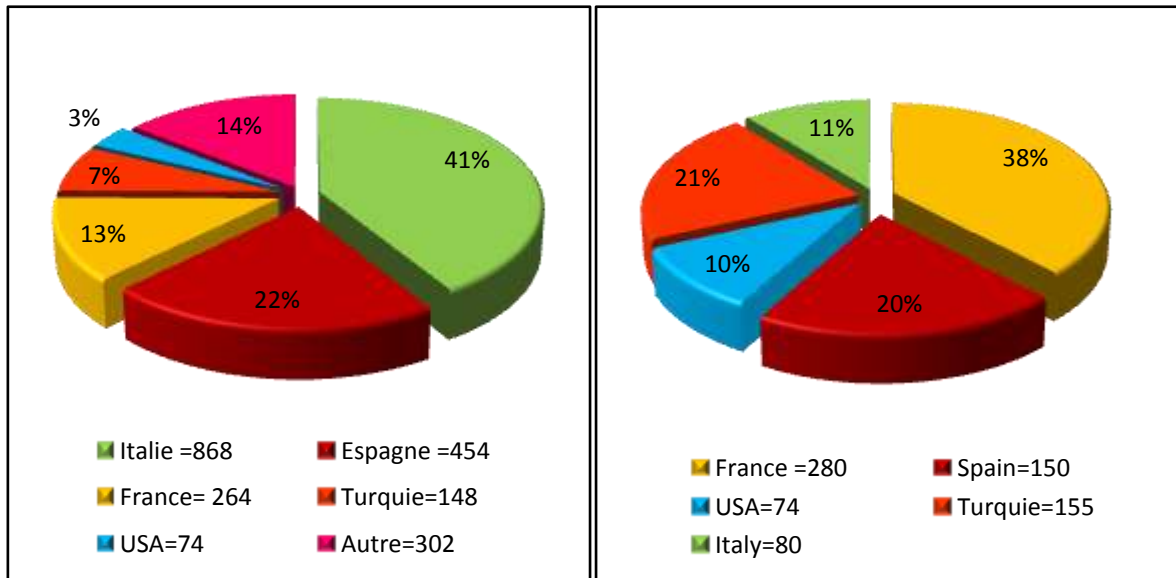


Figure I.16 : Domaine d'utilisation du gaz naturel

#### 4.5 Exportation et Importation du gaz naturel et GNL

L'Algérie est importante sur le marché global de l'énergie dû à plusieurs facteurs. Elle est la 8<sup>ème</sup> plus grande réserve de gaz normale dans le monde avec 159 million mètre au cube Mm<sup>3</sup>. Avec une production de 6.8 Mm<sup>3</sup> en 2010, l'Algérie est parmi les 10 producteurs principaux du gaz naturel dans le monde. Elle exporte le gaz par des canalisations vers l'Europe et par des camions-citernes du gaz naturel liquéfié (LNG) à beaucoup de pays. En 1964 l'Algérie était le premier producteur du GNL dans le monde ; aujourd'hui c'est le quart le

plus grand exportateur de GNL (derrière l'Indonésie, la Malaisie, et le Qatar), exportant environ 13% du GNL total du monde, qui est approximativement 35% (682 Mm<sup>3</sup>) de ses exportations totales de gaz. Le GNL est exporté par 28 camions-citernes pour le brut et les produits. SONATRACH, la compagnie nationale et unique d'hydrocarbure, a commissionné 10 nouveaux camions-citernes pour être livré en 2013 (Azzedine, 2013).



**Figure I.17** : Principaux importateurs du Gaz naturel et Top 5 importateurs de GNL in 2007 (Azzedine, 2013)

D'après la figure précédente, on remarque que les principaux importateurs du gaz Algérien sont : l'Italie de 868 Milliard de mètre cube, le premier importateur de 41%, ensuite l'Espagne de 22%, la France et la Türk de 13 et 14% et l'USA d'une valeur de 3%, le reste est pour d'autre pays d'une valeur de 14%, donc on peut dit que les (top 5) importateurs du gaz est la France, la Türk, l'Espagne, l'Italie et l'USA. La plupart d'exportations du GNL de l'Algérie vont également vers l'Europe occidentale, particulièrement la France, l'Espagne et Turquie. D'autres clients européens incluent le Portugal, l'Angleterre, la Grèce, et la Slovénie.

Le gaz algérien accède l'Europe la plupart du temps par trois raccordements de canalisation; la construction d'une quatrième canalisation liant l'Algérie au continent de l'Italie est prévue pour 2014

**Tableau I.6 :** Canalisations du liant l'Algérie à ses clients européens (MEDPRO,2012).

<b>Canalisation</b>	<b>Longueur (mille)</b>	<b>De</b>	<b>Vert</b>	<b>Capacité (Billion cubique pied)</b>
<b>Transport-Trans-Mediterranean (TransMed, Enrico Matei)</b>	1,370	Hassi R'mel	Continent Italie (par l'intermédiaire de la Tunisie et de la Sicile)	1,059
<b>Gaz de la Maghreb- Europe ( Méghom ou pedro Duran Farrel)</b>	1.000	Hassi R'mel	Cordoue, Espagne (par l'intermédiaire du Maroc)	426
<b>MEDGAS</b>	130	Beni Saf	Almeria, Espagne	403
<b>GALSI (Gasdotto Algérie Sardegna Italie) Non construit encore.</b>	937	Hassi R'mel	Piombino, Italie	282

La figure suivante présente le réseau transport du gaz naturel et les lignes de gaz naturel produit et les unités de production en Algérie.

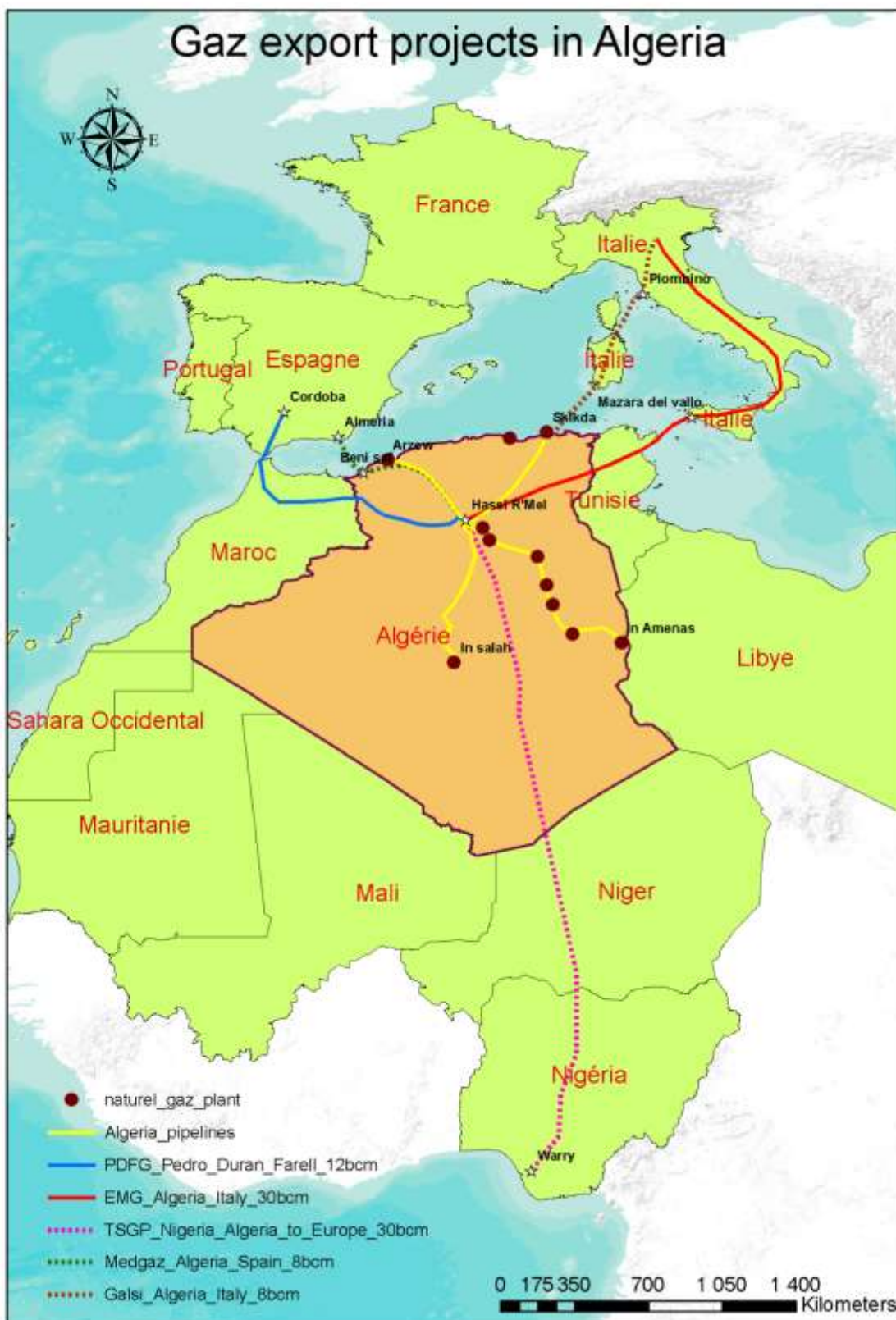


Figure I.18 : Réseau de transport par canalisation du gaz naturel



## 5. Emission des Gaz à Effet de Serre

Les gaz à effet de serre sont des composants gazeux de l'atmosphère qui contribuent à l'effet de serre (sans perdre de vue que l'atmosphère contient d'autres composants non gazeux qui contribuent à l'effet de serre, comme les gouttes d'eau des nuages sur Terre). Ces gaz ont pour caractéristique commune d'absorber une partie des infrarouges émis par la surface de la Terre.

Les principaux gaz à effet de serre sont la vapeur d'eau, le dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ), le méthane ( $\text{CH}_4$ ), l'oxyde nitreux (ou protoxyde d'azote, de formule  $\text{N}_2\text{O}$ ) et l'ozone ( $\text{O}_3$ ). Les gaz à effet de serre industriels incluent les halocarbones lourds (fluorocarbones chlorés incluant les CFC, les molécules de HCFC-22 comme le fréon et le perfluorométhane) et l'hexafluorure de soufre ( $\text{SF}_6$ ). Contributions approximatives à l'effet de serre des principaux gaz, d'après le GIEC :

- vapeur d'eau : 60 %
- dioxyde de carbone : 26 %
- ozone : 8 %
- méthane et oxyde nitreux : 6 %

## 6 .Conclusion

Nous avons consacré ce chapitre à l'étude de la consommation totale, sectorielle, et par forme d'énergie. Nous avons constaté que la plupart des études traitent les consommations sectorielles finales et distinguent trois secteurs principaux : l'industrie, les foyers domestiques et les transports. Cette désagrégation est importante dans la mesure où elle permet de tenir compte des spécificités de chaque secteur et ne pas occulter les facteurs explicatifs relatifs à chaque demande. L'étude de la consommation sectorielle ou totale par forme d'énergie, constitue un approfondissement de l'analyse, souvent nécessaire à la compréhension des politiques énergétiques. Nous avons introduit l'industrie gazière en Algérie, premièrement on détaille les gaz industriels et leur propriété et la deuxième c'est donner les détails nécessaires du gaz naturel.



# **Chapitre 2 :**

# **Prospective énergétique et**

# **Construction des**

# **scénarios**

## **1. Introduction**

Toute décision d'investissement requiert d'anticiper ce que devrait être le futur. Dans le secteur de l'énergie les inerties sont telles qu'il faut obligatoirement se livrer à de la prospective. Le temps de l'énergie est un temps long, le temps électoral (celui de la décision très souvent) est un temps très court. La question centrale est évidemment de sélectionner les critères de choix donc la fonction de préférence sous-jacente au processus décisionnel (Percebois, 2012).

Les modèles de prospective énergétique constituent une aide précieuse à la décision. Ils permettent d'évaluer sur le long terme plusieurs scénarios possibles d'évolution du système énergétique. L'évolution des connaissances et des puissances de calcul, ont ainsi favorisé l'émergence d'un grand nombre de modèles énergétiques développés et utilisés indépendamment par différentes institutions. Si ces modèles ne constituent certainement pas des outils prophétiques, leur apport reste indéniable : ils permettent de formaliser une vision cohérente des nombreuses interactions du monde de l'énergie, et de faire l'économie de l'expérience directe de choix inappropriés (Maizi, 2006).

La prospective est un outil indispensable pour anticiper l'avenir et planifier les actions à mettre en œuvre (investissement, réglementation, mesures incitatives...). Cette démarche consiste à élaborer des scénarios possibles à partir de la situation existante et des tendances historiques et actuelles (Banque mondiale).

Nous commençons ce chapitre par une présentation des généralités sur les méthodes de prévision de la demande d'énergie, nous exposerons les particularités et les choix engagés dans la construction d'un modèle à des niveaux détaillés des secteurs de l'industrie et le ménage pour une analyse pertinente des résultats. La description de chaque composant de ses modèles de demande étaient surtout des modèles économétriques, utilisés pour des prévisions à court terme. La validité de ces modèles économétriques a été mise en question dans la mesure où ils se basent sur l'exploitation des tendances passées. D'autres techniques de modélisation sont donc apparues : les modèles technico-économiques et la méthode de scénario.

Nous avons ensuite procédé à un regroupement des variables puis à leur hiérarchisation grâce à la méthode des impacts croisés, ce qui a permis d'isoler celles qui sont les plus déterminantes pour son devenir : les variables motrices. La confection de micro-scénarios est d'abord réalisée, par sélection d'un jeu d'hypothèses d'évolutions de ces variables déterminantes. La combinaison de ces micro-scénarios permet de construire des scénarios globaux : on s'est limité à un scénario tendanciel.

## **2.Méthodologie d'une Etude Prospective Energétique**

### **2.1 Choix de l'Horizon et l'Année de Base de l'Etude**

Selon les enjeux : économie, santé, climat...etc. Et selon les besoins stratégiques, les pas de temps sont dits de court, moyen et long terme. Ces notions sont relatives, mais on parle par exemple de :

- Prospective du présent sur 2 à 5 ans ;
- Prospective du devenir sur 5 à 10 ans ;
- Prospective à long terme de 20 à 30 ans ;
- Prospective de plus de 30 ans (très long terme), dont le back-casting.

La prospective se fait donc sur plusieurs horizons. L'expérience révèle utile de répéter : il est indispensable d'être aussi clair que précis dans l'énoncé du problème, et notamment de s'assurer que l'intitulé de la question ne prête pas à confusion, que le champ est bien délimité. S'agissant de l'horizon, il est fréquent de dire que le « bon » horizon d'une étude prospective est l'horizon des ruptures, dans bien des cas, il n'y a pas une rupture soudaine clairement caractérisée, mais plutôt une succession de micro ruptures engendrant finalement une dynamique nouvelle ; Concernant l'année de base, on doit passer par la collecte des données qui est très importante. Ces données sont collectées pour une année de base bien déterminée, elle dépendra essentiellement de l'année de l'étude, de la disponibilité des données et de l'étude elle-même (Berrached , 2011).

### **2.2 Recueil de Données et Elaboration des Hypothèses**

Pour toute étude prospective énergétique, on doit passer par la collecte de données nécessaires pour l'étude. On définit le problème et on fixe les grands axes à suivre. L'étude rétrospective du système permet de dégager une liste de variables susceptibles de déterminer. Les données collectées pour l'année de base fixée sont d'aspect économique et énergétique, deux domaines importants et différents indispensables pour entamer l'étude (Ben ayed, 2009).

## **3. Les grandes familles de modèles de la prospective**

Modèle de prospective est une construction simplifiée, qui cherche à représenter la réalité sous son aspect chiffré. De plus, il est le résultat d'une réflexion théorique appuyée et contrôlée par les mesures statistiques qui doivent permettre de mieux saisir les phénomènes. Chaque modèle représente des approches et des spécificités transverses pour des applications appropriées. En intégrant les trois sphères qui sont l'économie, l'énergie et l'environnement, ces outils permettent d'évaluer la réponse du système énergétique à des politiques, des contraintes ou des conditions de fonctionnement alternatives.

Parmi les études réalisées et les différentes classifications des modèles de prospective énergétique, « Une analyse comparative des classes des modèles », répartit les classes des modèles en six catégories :

- modèles macro-économétriques ;

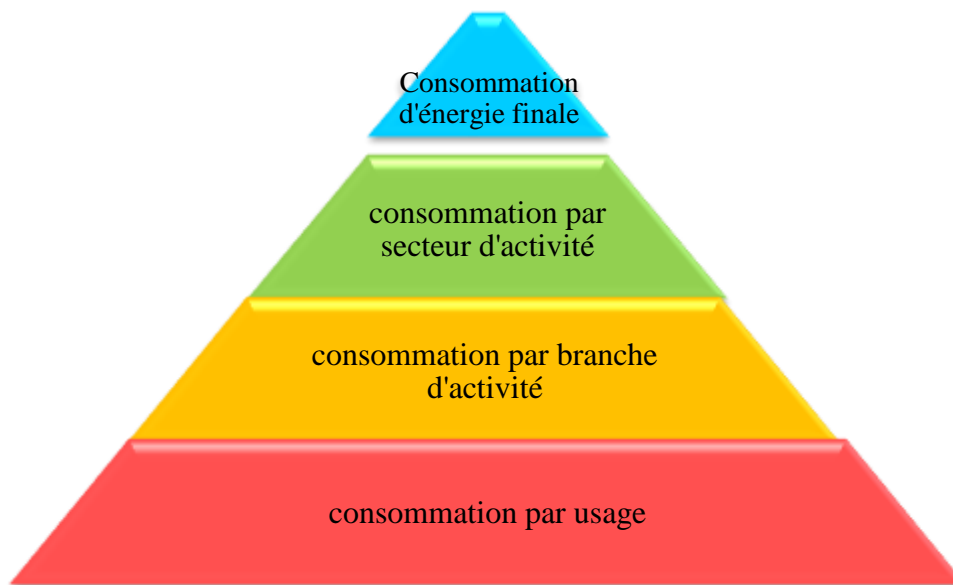
- modèles multi agents ;
- modèles d'équilibre général calculable ;
- les réseaux bayésiens ;
- modèles d'optimisation centralisée ;
- modèles de dynamique des systèmes.

Par leur paradigme, l'ensemble de ces modèles se répartit en trois grandes familles de modèles : « Top-down », « Bottom-up » et « intégrés ».

### 3.1 Les modèles économiques et l'approche descendante (Top-down)

En référence au cadre général précédent, cette famille de modèle s'attache à expliciter les liens entre l'énergie et l'activité économique. Les méthodes employées s'appuient sur différentes disciplines économiques : macroéconomie, économétrie et microéconomie.

La notion de « Top-down » renvoie au fait que les informations descendent du niveau le plus agrégé au niveau le plus désagrégé. Il traduit une perception du système énergétique à partir d'un nombre réduit de variables économiques agrégées. Dans l'approche Top-down, on distingue essentiellement les modèles macro-économétriques et les modèles d'équilibre général calculables (Berrached, 2009).

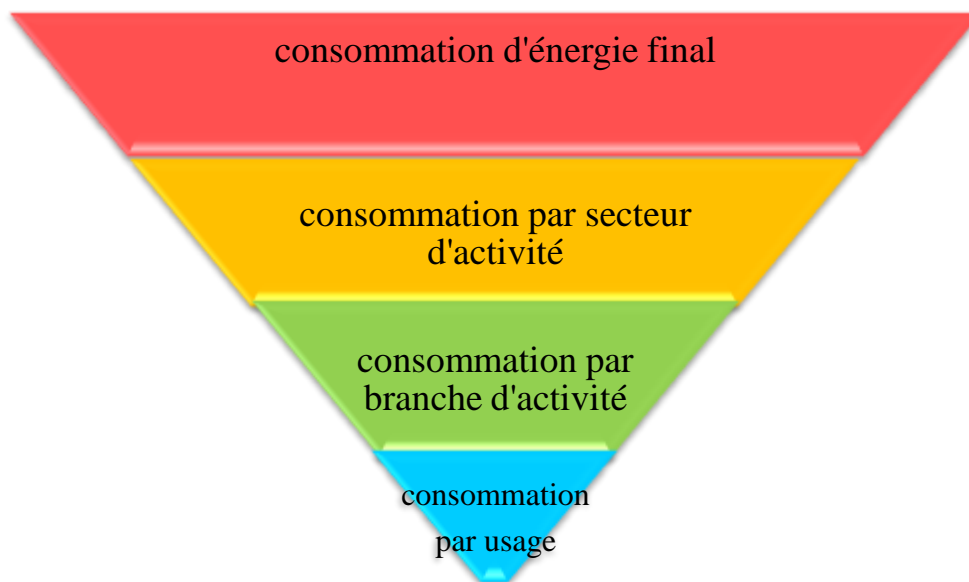


**Figure II.1:** Schéma conceptuel de l'approche « Top-down » (Mazari.2012).

### 2.2 Les modèles technologiques et l'approche ascendante (Bottom-Up)

Si l'on se réfère à nouveau au cadre global de l'analyse énergétique, l'approche ascendante s'intéresse aux composantes techniques du système énergétique. L'appellation « bottom-up » traduit une perception du système énergétique à partir d'un grand nombre de variables technologiques, On partira ici du nombre et du type de technologies utilisées, ainsi que des caractéristiques techniques d'utilisation pour définir la consommation d'énergie de chaque acteur ou secteur.

Les flux d'énergies dépendent des technologies mises en œuvre. A partir de la production ou de la consommation énergétique de chaque technologie, la consommation totale est déterminée par la somme sur toutes les technologies utilisées et pour tous les usages des quantités d'énergie produites et consommées. Cette classe de modèles représente ainsi les technologies de manière explicite dans les différents secteurs d'offre et de demande d'énergie à travers un secteur énergétique désagrégé. Les méthodes utilisées pour ce type de modèles se différencient par la complexité numérique : la taille et le nombre de sous secteurs, les choix de méthodes de résolution (Berrached, 2009).



**Figure II.2** : Schéma conceptuel de l'approche « Bottom-up » (Mazari.2012).

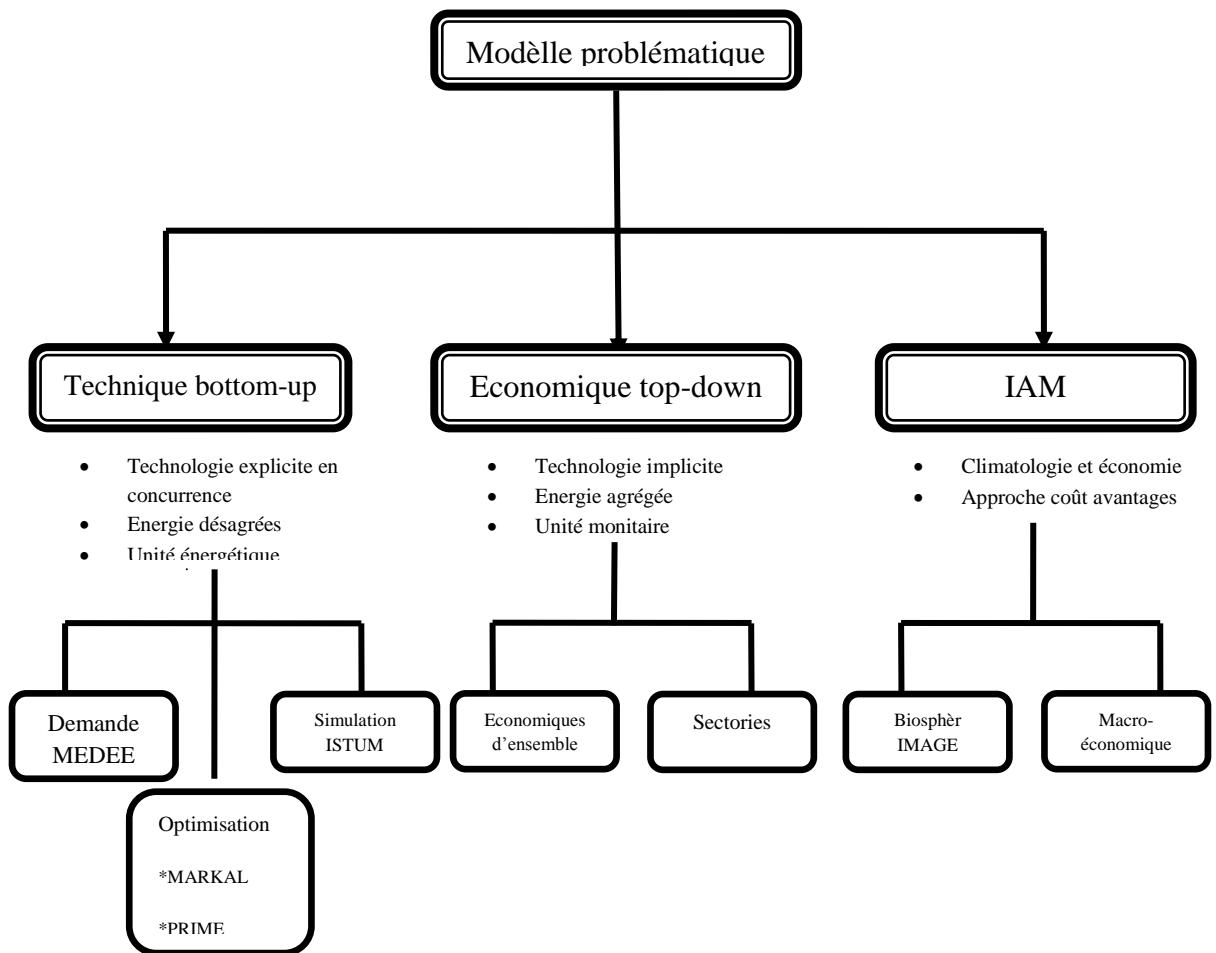
Parmi les modèles bottom-up, on distingue les modèles de simulation et les modèles d'optimisation (MARKAL, EFOM, MESSAGE, TIMES...) dont les buts sont différents mais peuvent être complémentaires.

### **3.3 Les modèles IAM (Integrated Assessment Model)**

Les modèles IAM (integrated assessment model) ont pour ambition, l'intégration de toute la chaîne des implications, dans une approche que l'on peut qualifier de « puits à l'atmosphère ». Chaque dimension de la question est traitée à l'aide de modèles plus ou moins exhaustifs. L'intégration dans une seule et même approche de ces différents modèles constitue la force et aussi la principale faiblesse de cette catégorie de modèles (Berrached, 2009).

## **4. Modèles existants et catégories de modèles**

Les familles de modèles précédentes représentent des figures utiles mais extrêmes et la filiation, entre les modèles utilisés en pratique et les différentes familles de modèles, n'est pas toujours aisée à établir.



**Figure .II.3:** les différents modèles de la prospective (Berrached, 2009).

Le choix d'un modèle de prospective énergétique est une problématique délicate, car on est facilement désorienté par la multitude de ces modèles et leurs dispositifs très variés quant aux réponses qu'ils peuvent fournir.

## 5. Les familles des modèles Bottom- Up

Les modèles bottom-up peuvent schématiquement être rattachés à trois familles : les modèles de demande, les modèles d'optimisation dynamique et les modèles de simulation.

### 5.1 Modèle de demande

Les modèles de demande s'attachent à prévoir les demandes de certains agents à partir de variables explicatives considérées comme pertinentes. Le secteur de l'énergie est désagrégé dans une perspective statique par des coefficients d'équipements et par catégories d'agents. C'est une méthode de ventilation sectorielle où les demandes sont déterminées isolément. Cette approche s'appuie sur la structure technique du système énergétique. Les tendances historiques restent néanmoins présentes dans les équations de ventilation sectorielles. Chaque module de demande est défini à partir de conditions strictes

d'homogénéité portant sur les agents économiques, leurs usages ou services de l'énergie et les contextes climatiques et technologiques dans lesquels ils se situent.

## **5.2 Modèles d'optimisation dynamique**

Cette catégorie de modèles décrit une structure énergétique flexible où les échanges de flux d'énergie et les équations d'équilibre de ces flux lient structurellement les technologies. Les choix technologiques ne sont pas figés par des équations fixes et peuvent être optimisés en fonction de différentes conditions de fonctionnement du système. Les modèles d'optimisation s'appuient alors sur cette structure énergétique désagrégée et flexible pour minimiser un critère qui est généralement le coût total du système. Ces modèles permettent des déviations importantes par rapport aux tendances historiques (DEA Tunisie, 2012).

## **5.3 Les modèles de simulation**

Les modèles de simulation combinent les modèles de demande et les modèles d'optimisation. Les représentations relativement flexibles du système énergétique, les rapprochent des modèles d'optimisation. Leurs représentations peuvent aussi être rapprochées de celles de modèles de demande avec des équations plus flexibles où tous les coefficients ne sont pas fixés. Le modélisateur peut ajuster ces coefficients pour calculer une situation qu'il suppose réaliste sans qu'elle soit optimale. La représentation proposée par ce type de modèle traduit ainsi, dans des scénarios et l'approche adoptée est alors celle de la simulation à moyen terme proche de la réalité (D.E.A TUNISIE, 2012).

## **5.4 Les coûts de réduction de modèle bottom-up**

Les études bottom-up peuvent être classées en trois catégories :

- La première catégorie est constituée par les études effectuant un simple calcul économique d'ingénieur, technologie par technologie. Les coûts de réductions associés à un grand nombre d'actions sont présentés de manière agrégée. Ils sont calculés par sommation des coûts déterminés pour chaque technologie de manière indépendante en actualisant un coût net. Les coûts sont estimés pour chaque action, puis ils sont classés par ordre croissant donnant alors naissance à une courbe du coût total net, actualisé à l'aide d'un taux d'actualisation choisi de manière exogène.

- La deuxième catégorie regroupe les modèles intégrés de l'ensemble du système énergétique qui permettent la prise en compte de ces interactions. Ces modèles ont l'avantage de calculer simultanément les prix de l'énergie et la demande des usages finals à partir d'algorithmes de recherche du plus bas coût. La principale avancée de ces modèles réside dans l'intégration de mécanismes permettant de prendre en compte la réponse de la demande aux prix.

- Enfin, les modèles de simulation constituent la troisième catégorie. Ces modèles autorisent les agents à prendre des décisions d'investissement qui ne soient pas basées sur les seuls coûts techniques. Il est logique que de tels modèles produisent des coûts d'abattement plus élevés que les précédents (BANQUE MONDIAL).

## **6. Les modèles Top –Down**

Les modèles Top-Down s'appuient sur des fondements microéconomiques des décisions des agents et assurent la cohérence macroéconomique propre aux modèles mondiaux et multisectoriels. Ils représentent les interactions intersectorielles et la propagation des effets des politiques de réduction des émissions de GES dans l'ensemble des économies.

Ils retracent l'évolution économique et tirent les enseignements du passé pour l'avenir. Ils nous indiquent s'il aurait coûté de réduire les émissions de GES et si les liaisons entre l'énergie et l'économie demeurent inchangées dans le futur ( Berrached,2011).

### **6.1 Modèles input output**

Les modèles input output désagrègent une valeur globale donnée pour chaque secteur à partir d'équations simples. Ils s'apparentent à des modèles économétriques simplifiés avec une vision statique des interrelations entre secteurs. A partir par exemple d'un scénario de croissance globale, ces modèles déduisent les prévisions sectorielles de croissance et déterminent alors les niveaux de demande correspondants à des matrices de coefficients techniques. Le secteur de l'énergie est ainsi intégré dans une structure économique détaillée mais les déterminants de la demande d'énergie restent agrégés (Berrached, 2009).

## **7. Le couplage des modèles Bottom- Up /Top- Down**

Les familles Bottom- Up et Top- Down souffraient chacune de faiblesses. Pour palier ces faiblesses et offrir des outils plus complets pour la simulation des politiques de réduction des émissions, certaines équipes ont développé des modèles couplant des éléments de chaque famille, ces modèles sont dits hybrides. Nous maintenons trois catégories principales pour classer les méthodologies de couplage de modèles Top- Down et Bottom- Up. Le premier type de modèle hybride crée des liens entre les modèles Top -Down et Bottom -Up existants. Un deuxième type de modèles hybrides vise à incorporer un modèle Bottom- Up réduit dans un modèle Top- Down existant, ou inversement, quelques équations du modèle Top- Down à l'intérieur du modèle Bottom- Up existant. Enfin, le troisième type de modèle hybride, est l'intégration des deux modèles Bottom-up et Top -down dans le même cadre d'optimisation par un programme monolithique ou par une méthode de décomposition (CIRED, 2008).

## **8. Les méthodes économétriques de prévision de la demande d'énergie :**

L'approche économétrique appréhende l'évolution de la demande d'énergie en fonction de l'extrapolation des tendances du passé. Son principe est d'établir une relation entre la consommation d'énergie (globale ou sectorielle, par forme d'énergie ou toutes formes confondues) et certains indicateurs macroéconomiques (PIB, revenu, VA, prix de l'énergie, ...).

### **8.1.Le modèle de NORDHAUS**

Il s'agit d'un modèle classique représentatif de toute une famille de modèles économiques. Sa représentation est de la forme :



$$E = CY^\alpha P^\beta \quad (\text{II.1})$$

E= énergie consommée

C = constante

Y = revenu

P = prix de l'énergie

$\alpha$  = élasticité revenu

$\beta$  = élasticité prix

### 8.2.Le modèle de LINDEN

Ce modèle a le mérite de relier directement la demande d'énergie aux facteurs démographiques. Il a été élaboré aux Etats-Unis, la relation ainsi établie étant de type :

$$E = CP^\alpha T^\beta A^\delta \quad (\text{II.2})$$

$E$  Energie consommé

$P$  Prix de l'énergie

$T$  Population totale

$A$  Population active

### 8.3.Le modèle de CHAMPLON

Le modèle économétrique adapté est de type dynamique comportant quatre variables explicatives :

$$E = CP^\alpha A^\beta I^\delta E_{-1}^\theta \quad (\text{II.3})$$

$P$  indice des prix relatifs de l'énergie

$A$  indice de la production industrielle

$I$  population active

$E_{-1}$  population d'énergie retardée

Quelque soit l'optique adoptée, la méthode économétrique ne peut que reproduire dans le futur des évolutions passées, ou plus exactement les liaisons passées entre les variables économiques et la demande d'énergie

Les principaux modèles associés à cette méthode peuvent être classifiés de la façon suivante :

### 8.4.1 Les modèles autonomes

Ces modèles mettent en œuvre une relation entre la grandeur étudiée et le temps qui est la seule variable explicative de l'évolution. L'exemple adéquat de ce modèle est fourni par :

La loi du doublement tous les dix ans qui traduit que quelque soit le contexte, la consommation d'électricité double toutes les dix années.

La formulation la plus courante est la suivante :

$$QE_t = QE_0(1 + \alpha)^t \quad (\text{II.4})$$

$QE_t$	représente la consommation observée de l'année t
$QE_0$	la consommation calculée de l'année origine t = 0
$\alpha$	le taux d'accroissement moyen annuel constaté sur la période étudiée
$t$	le temps exprimé à l'année t par rapport à l'année origine t = 0

Le passage en logarithmes décimaux permet une représentation graphique qui substitue la droite à l'exponentielle (DEA Tunisie, 2012).

### 7.4.2 Les modèles conditionnels

Par opposition aux modèles autonomes, les modèles conditionnels mettent en œuvre une ou plusieurs relations entre la grandeur étudiée et d'autres grandeurs économiques ( la PIB, la FBCF, VA, ...). Ces relations dépendent de la nature des corrélations statistiques entre ses différentes grandeurs. Les recherches en vue d'améliorer cette dernière ont débouché sur les modèles tendanciels et les modèles adaptatifs. Le modèle qui cite toutes ces liaisons est le modèle de demande de MESAROVIC et PESTEL ( P.Schwartz, 1993).

### 7.5 Le modèle SIMED :

**Simulation Model for Energy Demand** est l'outil de prospective énergétique qu'ont fondé sur Excel pour évaluer le demande d'énergie finale a long terme avec des projections chaque 5 ans selon le contexte Algérien. La méthode de construction de cet outil repose sur l'approche ascendante Bottom-Up, qui consiste à décrire et détaillée les éléments de base du SIMED et calculé leurs consommations énergétiques respectives pour formé les secteurs approprier. En reliant ces secteurs en aboutira a un outil de demande énergétique globale Il traite l'information relative aux scénarios de développement social, économique et technologique et calcule la demande totale d'énergie pour les années désirées. Il fournit également la répartition de cette demande par formes d'énergie et par secteur économique.

Les équations intégrés dans le SIMED sont utilisées pour déduire les évolutions de quelques paramètres socio-économique comme le PIB, la population et pour calculé les consommations d'énergie des déférents agrégats dans les différent secteurs d'activité.

La méthodologie du SIMED inclut la séquence d'opérations suivante :

- Décomposition la demande totale d'énergie du pays en un grand nombre de catégories d'usages finaux ;
- Identification des paramètres sociaux, économiques et technologiques qui affectent chaque catégorie d'utilisation finale de la demande d'énergie ;
- Etablissement de la relation mathématique qui relie la demande d'énergie et les facteurs affectant cette demande ;
- Développement de scénarios cohérents de développement social, économique et technologique du pays ;
- Evaluation de la demande d'énergie résultant de chaque scénario ;
- Sélection parmi l'ensemble des scénarios possibles proposés, du modèle de développement "le plus probable" pour l'Algérie (Berrached ,2009).

Dans le secteur résidentiel ou ménages, les facteurs déterminants sont de nature démographique comme la population, nombre de ménages et le taux de possession. On distingue deux types d'usage dans ce secteur : Spécifique et thermique. La consommation d'énergie est calculée directement par la formule suivante :

$$Cons = Cons Spécifique * Nombre Ménages * 365 \quad (II.5)$$

<i>Cons Spécifique</i>	Consommation spécifique
<i>Pu</i>	La puissance de l'équipement
<i>Fré</i>	La fréquence d'utilisation journalière

Pour le secteur industriel la consommation est calculée par la production par branche et les consommations spécifiques mais à cause du manque de donnée des deux ce dernier, on utilisera l'évolution de l'intensité énergétique pour déterminé les consommations de chaque sous-secteur. L'intensité peut se calculée a l'aide de l'équation suivante :

$$Consommation industriel = Int énergétique * Valeur Ajoutée industrie \quad (II.6)$$

$$Int énergétique = Consommation énergétique / PIB \quad (II.7)$$

## 8. Construction des Scénarios

Les scénarios sont construits à partir des hypothèses prospectives établies sur chacune des variables. Ils marquent la dernière phase de l'étude de prospective exploratoire.

## **8.1 Le scénario**

Un scénario est une représentation cohérente de ce qui pourrait advenir dans le futur. Aussi un scénario est une histoire d'un futur possible. Comme toute histoire, il se raconte, et la cohérence du récit est un gage du réalisme du scénario. Le récit a donc, dans le cadre de la prospective, à peu près le même rôle que le « bouclage » peut tenir dans des modèles économétriques. La méthode qui consiste à construire des scénarios pour explorer les futurs à moyen et à long terme d'un territoire ou d'une organisation a été développée aux Etats-Unis par Herman Kahn dans les années 1950. Depuis, elle est largement utilisée dans des domaines relativement variés. Son succès est probablement dû au fait que les scénarios donnent des représentations imagées de l'avenir qui parlent aux décideurs comme à un public plus large. La méthode des scénarios a été mise au point pour les besoins des entreprises ( futuribles, 2009).

Elle fut officiellement utilisée pour la première fois au début des années 1970 par Shell International, encore secouée par le choc pétrolier qui avait doublé le prix du baril de brut. Les méthodes de planification traditionnelles s'étaient en effet révélées incapables d'intégrer des variables aussi instables. La nouvelle méthode permit à l'entreprise de rester sur la brèche malgré les fluctuations rapides et imprévisibles du marché mondial d'hydrocarbure. La planification de scénarios est un instrument pratique d'aide à la décision dans des situations complexes caractérisées par l'incertitude des circonstances à venir (Berrached, 2009).

## **8.2 Les grandes phases de la méthode des scénarios**

### Phase 1 : Les préliminaires

Cette phase permet de reprendre différents points qui doivent théoriquement avoir été pensés avant le lancement de l'étude et apparaître le cas échéant dans le cahier des charges. Il est en tout état de cause utile de récapituler et de préciser les points suivants :

### Phase 2 : La représentation du système en dynamique

Avant de construire des scénarios d'avenir, il s'agit donc de se doter d'une représentation partagée de l'existant et d'identifier les facteurs et acteurs qui sont susceptibles d'influencer fortement l'avenir du sujet choisi : ce sont les variables. Cette phase doit aboutir à la description du système prospectif dont on se propose d'étudier les futurs possibles et à une liste des variables clés sur lesquelles on va concentrer l'étude.

### Phase 3 : l'étude rétrospective et prospective des variables

Chacune des variables clés identifiées dans la phase précédente correspond à un élément moteur du système (à la fois des facteurs et des acteurs). Il convient d'en étudier les évolutions possibles parce qu'elles sont déterminantes pour l'avenir du système dans son ensemble.

### Phase 4 : La construction de scénarios

A partir du travail de diagnostic en dynamique établi lors des phases précédentes, il s'agit de construire quelques scénarios possibles d'évolution du sujet de l'étude. Cette construction peut se faire en plusieurs étapes selon la complexité du système étudié.

Cette phase consiste à :

- établir une trame des scénarios d'évolution possibles en combinant les hypothèses prospectives bâties dans la phase précédente
- rédiger les scénarios pour montrer comment ils se déroulent dans le temps, c'est-à-dire comment ils adviennent (sous l'effet de quels facteurs et de quels acteurs).

Ces scénarios doivent être validés par les instances responsables de l'étude. Ils marquent l'achèvement de la prospective dite exploratoire.

Phase 5 : la stratégie

Une fois l'étude de prospective exploratoire achevée, il convient de savoir comment l'utiliser pour qu'elle puisse être utile à l'action. Cette phase doit donc être anticipée dès le début de l'étude. Différentes utilisations d'une étude de prospective par construction de scénarios sont possibles (Futuribles, 2009).

## **9. Conclusion**

Nous avons consacré ce chapitre à l'étude prospective de la demande d'énergie. Comme toute analyse, une étude prospective est une réflexion qui cherche à répondre à un ensemble d'interrogations. Dans ce chapitre, la définition et la classification des différentes approches des modèles de prospective existants ont été présentés, ainsi que la construction des scénarios qui permettent d'apporter un éclairage sur les défis de la politique énergétique, confronté à tous les contraintes externes.

**Chapitre III :**  
**Modélisation économique**  
**et**  
**Analyse des résultats**

## **1. Introduction**

La présente étude « industrie 2040 » consacrée aux enjeux énergétiques de l'industrie gazière de l'Algérie à l'horizon 2040, avant tout, à apporter de nouveaux éclairages prospectifs aux décisions collectives en matière de politique énergétique qu'impliquent les choix de société opérés par notre pays et au-delà, à contribuer à une prise de conscience des conséquences possibles de ces choix. C'est dans les limites de cette démarche que trouve son sens l'élaboration des scénarios en tant qu'instruments privilégiés par lesquels la prospective essaie d'explorer, sur la base d'hypothèses plausibles, les futurs possibles, compte tenu des atouts et contraintes multiples, qu'elles soient économiques, sociales, technologiques ou financières (Maroc, 2014).

Néanmoins, le pétrole et le Gaz sont deux ressources naturelles, non renouvelables et ne peuvent être puisées sans fin, la croissance illimitée de leur demande est incompatible avec leurs disponibilités limitées. Nous nous approchons à pas toujours plus rapides du moment où les stocks de pétrole et de Gaz disponibles seront insuffisants pour satisfaire les besoins. En l'état actuel des connaissances, Aujourd'hui, la disponibilité du pétrole et du gaz en Algérie, ne serait donc pas une contrainte globale majeure. Parce que les décisions à prendre dans le domaine de l'énergie déterminent pour une large part, le développement économique du pays et ont des répercussions sur la vie sociale et le bien-être de la population.

Ce chapitre consiste à explorer, par une étude prospective utilisant les techniques de prospective, les avenir possibles de l'industrie gazière à partir de l'état présent et passé. Nous présentons dans ce chapitre les scénarios, nous décrivons le rétrospective et le prospective qui pourrait être considéré pour la production du gaz en Algérie. Les résultats obtenus nous donnent une bonne compréhension de l'effet des différents paramètres sur la consommation.

L'élaboration et l'analyse des scénarios énergétiques permettent d'apporter un éclairage sur les défis de la politique énergétique algérienne, elle est conformément à toutes les contraintes internes et externes (prix de l'énergie, croissance économique, croissance démographique, protection de l'environnement.... etc.).

L'élément déterminant, principal, à prendre en compte est celui de la démographie, du rythme du développement économique et de la croissance économique. Tels sont les éléments structurant le débat sur les perspectives énergétiques. L'étude se fera en différentes phases : La première phase, sera d'établir la base de référence démographique, économique et énergétique sur les années passées. En outre, d'établir les perspectives d'avenir selon différents scénarios sur la base de l'évolution des tendances passées associé à l'analyse des différents ratios ; Pour enfin effectuer une analyse des résultats.

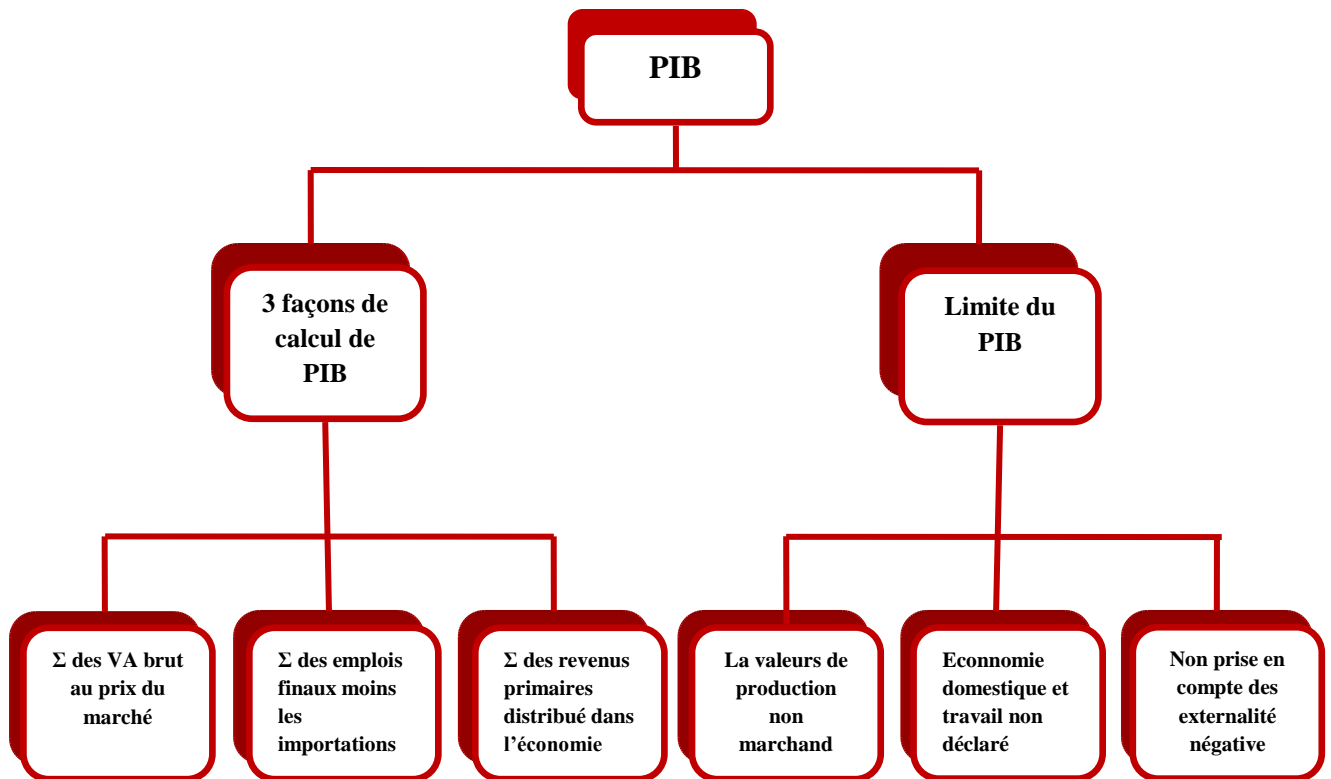
## 2. Indicateurs socio- économiques

Dans le cadre de réalisation d'une étude prospective de la demande nationale d'énergie à l'horizon 2040, il est nécessaire comme chaque exercice de prospective de passer par l'étape de collecte de données indispensables pour renseigner l'année de base, en l'occurrence arrêtée pour 2012.

Les données citées ci-dessous pour l'année de base 2012 sont collectées des différents ministères et établissements publics concernés. Elles sont intégrées et utilisées dans l'outil de calcul de la demande d'énergie à l'horizon 2040.

### 2.1 Le Produit Intérieur Brut (PIB)

Le produit intérieur brut (PIB) est un indicateur économique très utilisé qui mesure les richesses créées dans un pays donné et pour une année donnée. Il est défini comme la valeur totale de la production interne de biens et de services dans un pays donné au cours d'une année donnée par les agents résidant à l'intérieur du territoire national ( Berrached, 2011)



**Figure III.1** : Spécification du produit intérieur brut ( Fenuille, 2009)

En Algérie, la valeur du PIB varie chaque année et ce d'après les données de l'Office National des Statistiques. Ce qui nous donne l'évolution rétrospective du PIB suivante (voir figure III.3) :



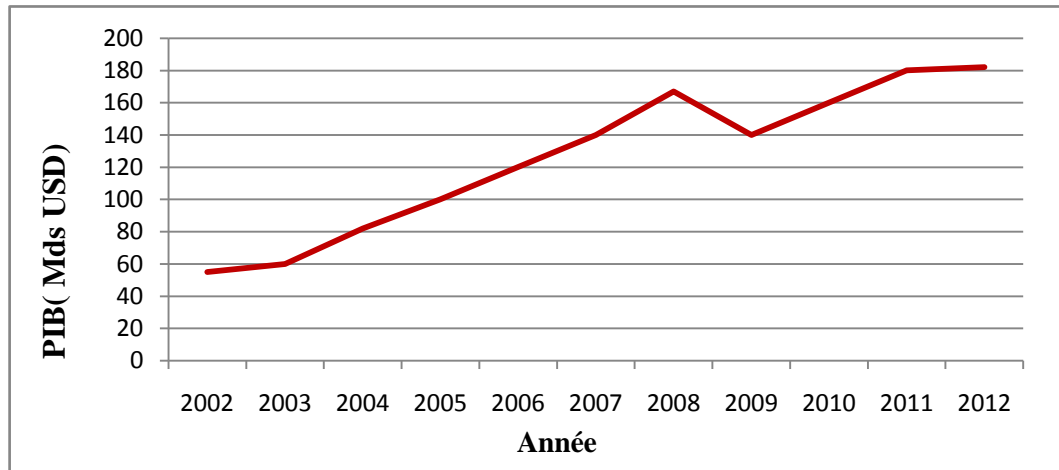


Figure III.2 : Evolution rétrospective du PIB en (Mds USD) (ONS, 2014)

## 2.2 La Démographie

C'est un déterminant essentiel de l'évolution de la demande énergétique par le biais de son impact sur l'évolution à long terme de l'économie. L'accroissement de la population atteint une moyenne annuelle de 1,67%. La figure suivante représente l'évolution rétrospective de la population en Algérie de 2000 à 2011 en Million d'habitant :

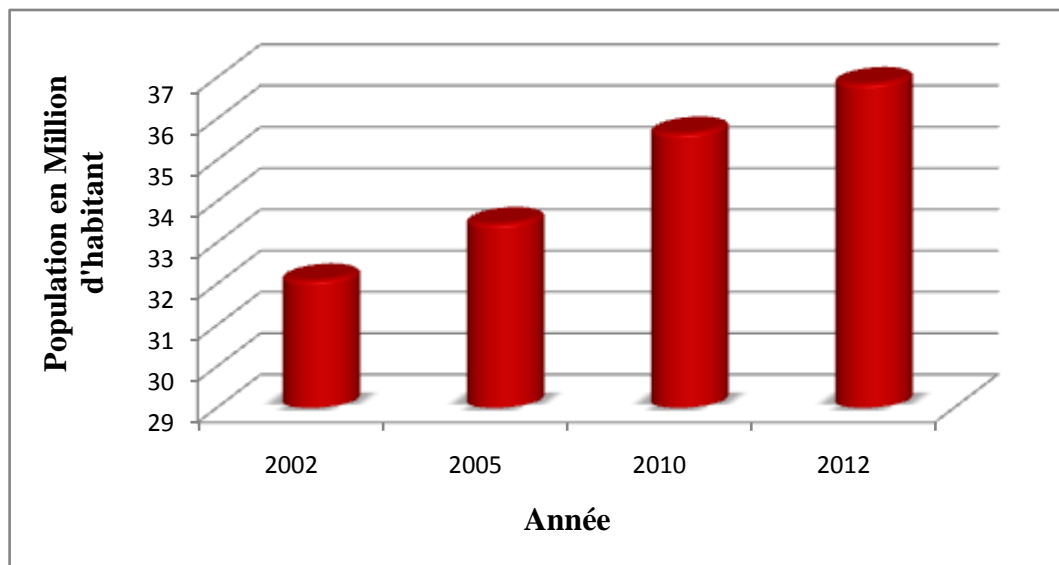


Figure III.3 : Evolution rétrospective de la population (ONS, 2012)

## 2.3 Intensité énergétique

L'intensité énergétique représentée par  $CET / PIB$  est étroitement liée à la consommation d'énergie qui croît au rythme de son produit intérieur brut. Ce qui implique que l'évolution du rapport  $CET/ PIB$  dépend de la croissance économique donc de la consommation d'énergie qui sont deux facteurs indissociables.

### 3. Rétrospective de la consommation du gaz naturel en Algérie

Deux usages partagent la valorisation de la production gazière algérienne : la couverture des besoins du marché intérieur (consommation locale) et les exportations. Depuis le début des années 80s, l'Algérie a concentré tous ses efforts sur le développement du gaz naturel comme énergie principale et de substitution dans les plus gros usages de consommation locale, ce qui explique la part importante de la consommation dans la production commercialisée.

L'objectif global et stratégique de la prospective de la demande énergétique à l'horizon 2040 ici présente consiste à projeter la situation énergétique relative à l'année de base 2012 dans le principal souci d'induire l'évolution des déterminants énergétiques relatifs au même horizon. A cette fin, nous devons disposer, en plus du bilan énergétique national donnant une image à la fois assez correcte et significative du déroulement des activités énergétiques inhérentes à la même année de base, de comptes énergétiques sectoriels de la même année décrivant, à leur tour, et dans le plus de détails possibles, le comportement en matière de consommation d'énergie par usage de l'ensemble des secteurs économiques de notre pays.

Les flux énergétiques décrivant le processus de l'approvisionnement de notre économie en énergie doivent refléter le véritable acheminement des formes d'énergie en partant de l'énergie primaire pour aboutir à l'énergie finale.

La configuration du bilan énergétique composé par l'offre d'énergie et la demande d'énergie finale par secteur économique se présente comme ci-après :

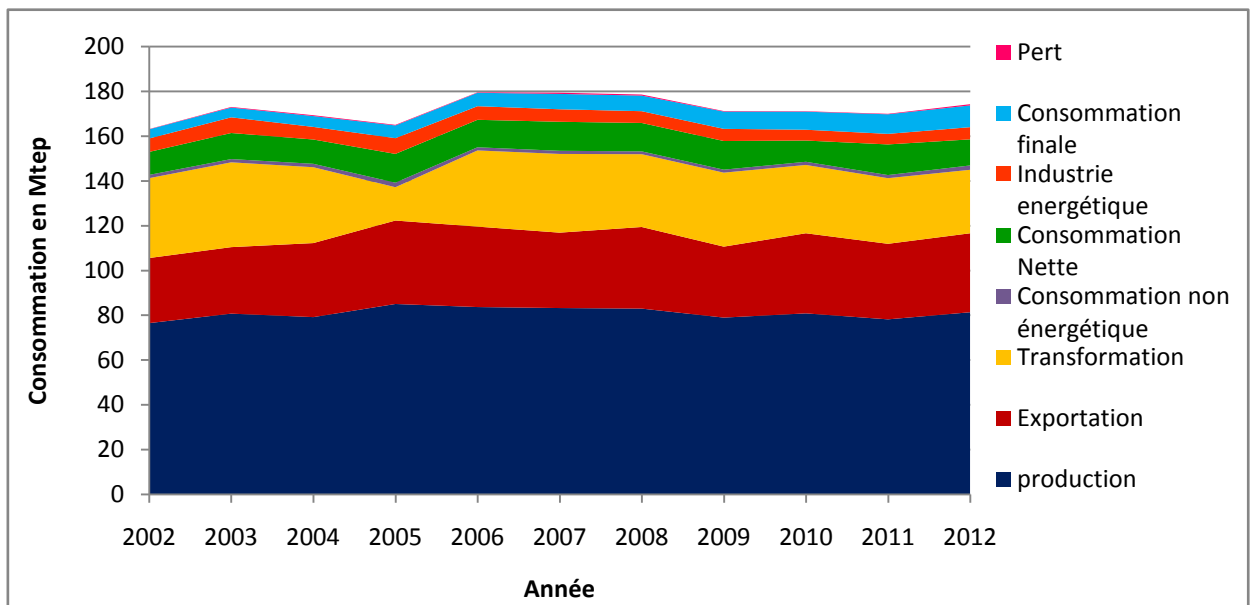


Figure III.4 : Evolution rétrospective du gaz naturel en Algérie (MEM, 2002-MEM, 2012)

Les résultats de figure précédente sont créés dans le tableau suivant :

**Tableau III.1** : Rétrospective sur le gaz naturel produit en Algérie de 2002 à 2012 (MEM, 2001 -MEM, 2014)

Année		2002	2003	2004	2005	2006
<b>Production (1)</b>		76476	80703	79153	85020	83652
<b>Exportation (2)</b>		29075	29714	33075	37280	35931
<b>Transformation</b>	<b>TOTAL</b>	<b>35693</b>	<b>37886</b>	<b>33902</b>	<b>34698</b>	<b>34044</b>
	<b>GNL (3)</b>	27665	29284	24801	25150	23979
	<b>Central</b>	8027	8602	9101	9548	10066
	<b>Electrique (4)</b>					
<b>Consommation non énergétique (5)</b>		1455	1453	1321	2040	1407
<b>Consommation Nette (6)</b>		10254	11649	10855	12850	12270
<b>Industrie énergétique (7)</b>		6011	7016	5626	7023	6087
<b>Consommation finale (8)</b>	<b>Total</b>	<b>4082</b>	<b>4358</b>	<b>4857</b>	<b>5683</b>	<b>5987</b>
	<b>Ménage (8a)</b>	2052	2803	3076	3724	3835
	<b>Industrie (8b)</b>	1754	1555	1782	1982	2152
	<b>Transport (8c)</b>	0	0	0	0	0
<b>Pertes (10)</b>		129	274	371	269	196

Année		2007	2008	2009	2010	2011	2012
<b>Production (1)</b>		83205	82950	78938	80824	78155	81323
<b>Exportation (2)</b>		33688	36460	31706	35792	33754	35277
<b>Transformation</b>	<b>Total</b>	<b>35175</b>	<b>32528</b>	<b>33046</b>	<b>30520</b>	<b>29320</b>	<b>28368</b>
	<b>GNL (3)</b>	24940	21461	21796	11411	16999	15055
	<b>Central</b>	10216	11067	11340	19110	12321	13333
	<b>Electrique (4)</b>						
<b>Consommation non énergétique (5)</b>		1387	1273	1340	1418	1396	1947
<b>Consommation Nette(6)</b>		12973	12690	12796	9488	13684	11657
<b>Industrie énergétique (7)</b>		5581	5250	5440	4834	4712	5447
<b>Consommation finale (8)</b>	<b>Total</b>	<b>6871</b>	<b>6976</b>	<b>7728</b>	<b>8070</b>	<b>8750</b>	<b>9710</b>
	<b>Ménage (8a)</b>	4510	4497	5257	4717	5390	6377
	<b>Industrie (8b)</b>	2361	2479	2471	3348	3353	3326
	<b>Transport (8c)</b>	0	0	0	5	6	7
<b>Pertes (9)</b>		522	463	219	189	223	554

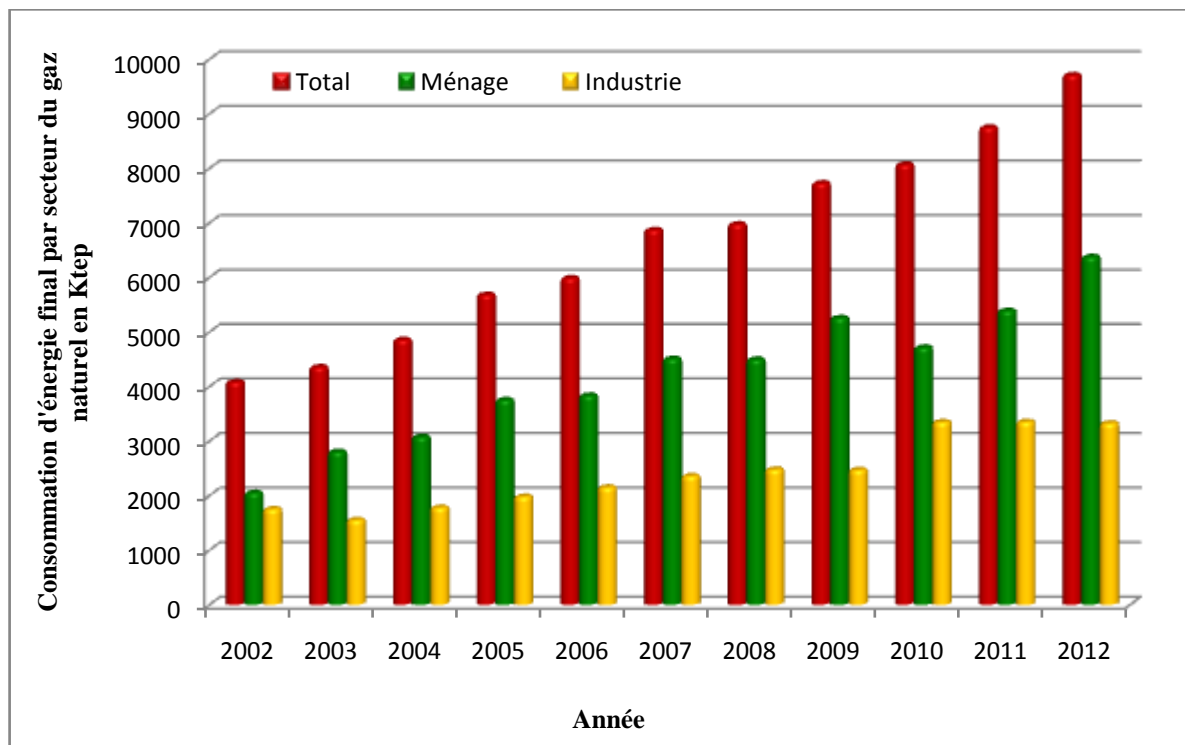
La consommation finale diffère de la consommation primaire du fait qu'elle ne prend pas en compte les consommations intermédiaires de la branche énergie (raffineries et centrales électriques, autres modes de production et transformation d'énergie, pertes et transport d'énergie...).

$$\text{Cons Nette}(6) = \text{Cons finale}(8) + \text{Cons Ind énerg} (7) + \text{Cons non énerg}(5) + \text{pertes} (9) \quad (\text{III.1})$$

La consommation finale énergétique est obtenue en additionnant la consommation des secteurs résidentiel et tertiaire, de l'agriculture, des transports et de l'industrie (hors usages non énergétiques tels que les usages en tant que matière première pour la production de plastiques, goudrons, engrais, etc. et, bien entendu, hors usages de la branche énergie).

$$\text{Cons Finale} (8) = \text{Cons Ind}(8a) + \text{Cons du ménage} (8b) + \text{Cons du transport}$$

Les secteurs les plus consommateur du gaz naturel sont l'industrie et le ménage. L'évolution de la consommation nationale du gaz naturel entre 2002 et 2012 est présente comme suit :



**Figure III.5 :** Evolution rétrospective de la consommation du gaz naturel dans différents secteurs de 2002 à 2012 (MEM, 2002- MEM,2012).

D'après la figure précédente, on remarque que la consommation du gaz naturel est plus importante dans le secteur des ménages que pour l'industrie. La consommation totale est de 3800 ktep en 2002 et croît jusqu'à une valeur de 9125 Ktep en 2012. On remarque aussi qu'il y a une diminution de la consommation pour les ménages l'année 2010.

### 3.1 Le taux de croissance annuel moyen

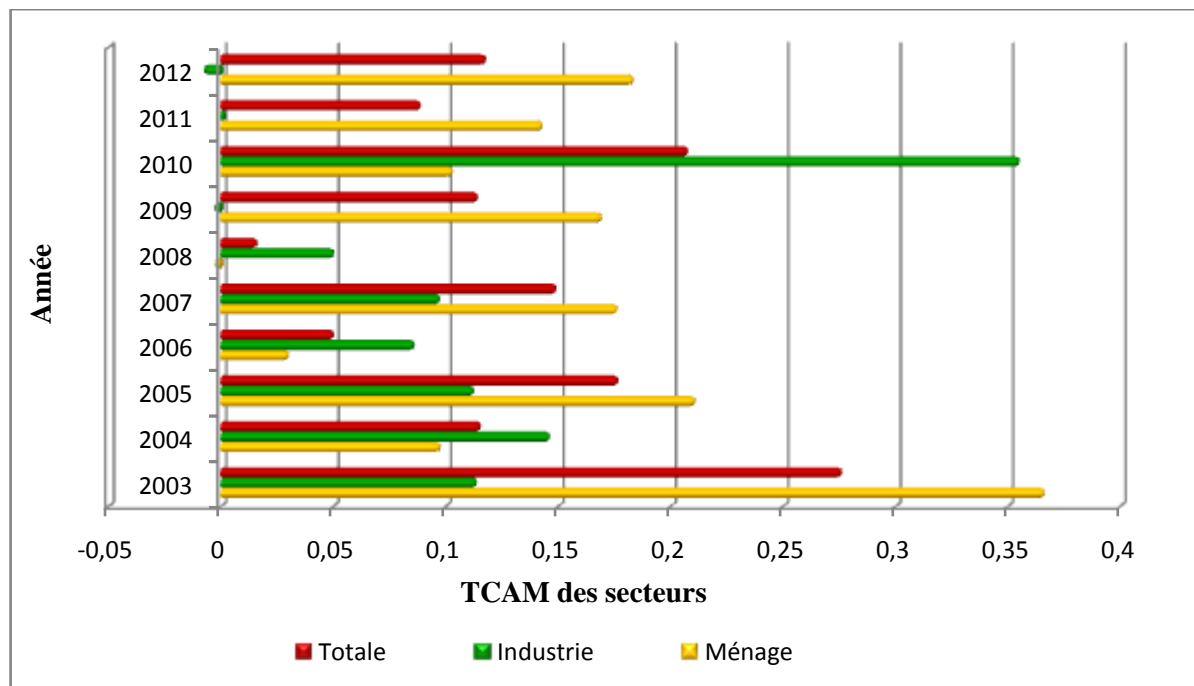
Le taux de croissance est un indicateur économique utilisé pour mesurer la croissance de l'économie d'un pays d'une année sur l'autre. Il est défini par la formule suivante qui relie les produits intérieurs bruts (PIB) de l'année N et de l'année N-1 :

$$\text{Taux de croissance} = \frac{\text{PIB}_{\text{année N}} - \text{PIB}_{\text{année N-1}}}{\text{PIB}_{\text{année N-1}}} * 100$$

Le taux de croissance est généralement mesuré annuellement (en glissement annuel) ou trimestriellement (d'un trimestre au suivant). La même relation peut être utilisée pour le taux de croissance annuel moyen (TCAM) de la consommation énergétique en remplaçant dans l'équation précédente le PIB par Q.

$$\text{TCAM}(\text{total}) = \frac{(\text{TCAM}(\text{Ind}) * \text{Cons}(\text{Ind})) + (\text{TCAM}(\text{Ménage}) * \text{Cons}(\text{Ménage}))}{\text{consommation totale}} * 100 \quad (\text{III.2})$$

Dans la figure suivante illustre la variation du TCAM des deux secteurs les plus consommateur du gaz naturel :



**Figure III.6 :** TCAM des différents secteurs (l'industrie et du ménage).

D'après la figure précédente, on remarque que le TCAM n'est pas constant, et parfois prend des valeurs négatives, ce qui signifie qu'il y a une diminution de la consommation. Pour le secteur de ménage le TCAM de 10 ans est égal à 5,35%, pour le secteur industrie est égale à 7,34%. Le secteur de l'industrie consomme plus que le ménage, le taux moyen de consommation totale est égal 6,35%. (le taux moyen total est calculé sur la base de la moyenne géométrique).

### 3.2 Intensité énergétique

Le tableau suivant illustre les valeurs de l'intensité énergétique qui résulte de la relation entre la consommation et le produit intérieur brut PIB :

**Tableau III.2 : Intensité énergétique (Berrached,2011)**

Intensité= consommation /PIB		2008	2009	2010	2011	2012
PIB en Millier de DA	Ménage	0,407232	0,46174	0,40185	0,44538	0,511094
	Industrie	0,224489	0,21704	0,28522	0,27706	0,266567
	<b>Totale</b>	<b>0,631722</b>	<b>0,67878</b>	<b>0,68708</b>	<b>0,72244</b>	<b>0,777662</b>

D'après le tableau précédent on remarque que

$$I_{\text{totale}} = I_{\text{industrie}} + I_{\text{ménage}} \quad (\text{III.3})$$

c'est-à-dire :

$$\text{CET} / \text{PIB} = \text{CET (Ménage)} / \text{PIB} + \text{CET (Industrie)} / \text{PIB} \quad (\text{III.4})$$

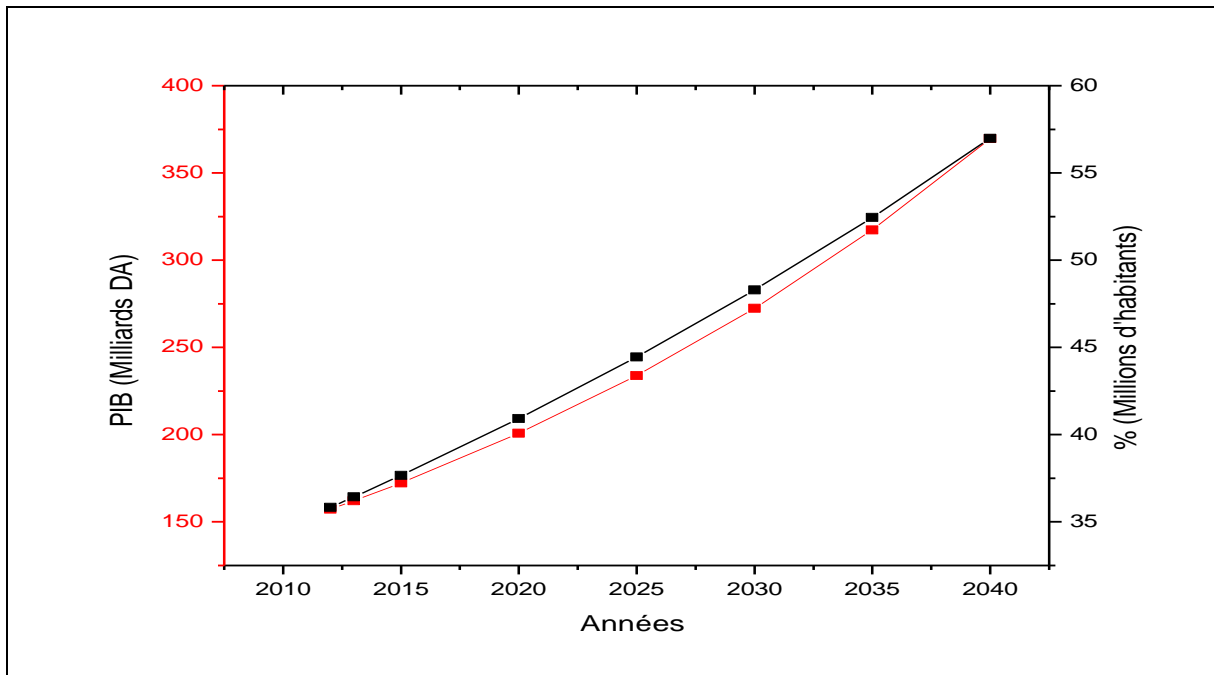
Donc l'intensité énergétique total est égale à la somme des intensités énergétiques des différents secteurs

### 4. Prospective de la consommation énergétique du gaz naturel à l'horizon 2040

La consommation énergétique du gaz naturel augmente d'une année à l'autre. La population et le PIB sont des indicateurs nécessaires qui participent dans l'évaluation de la consommation énergétique. Pour effectuer une étude prospective jusqu'à l'année 2040, nous avons besoin de trouver des modèles de corrélation en se basant sur l'étude rétrospective.

D'après la rétrospective de la population de 10 ans, nous déterminons le taux de croissance naturel moyen de la population et qui est de 1,67%. Les données de base utilisées dans l'étude sont fournies par l'office national des statistiques. La population jusqu'à 2030 est presque de 50 millions d'habitants, on fixe le taux aussi 10 ans après et on calcule les résultats obtenus, qui sont désignés dans l'histogramme de la figure suivante :

Pour l'indicateur socio-économique PIB est très important dans l'augmentation de la consommation d'énergie avec le temps, dans cette partie on fixe le TCAM de PIB d'une valeur de 3,1 %/an, on voit les résultats obtenus après le calcul dans la figure suivante :



**Figure III.7 :** Population et PIB jusqu'au 2040

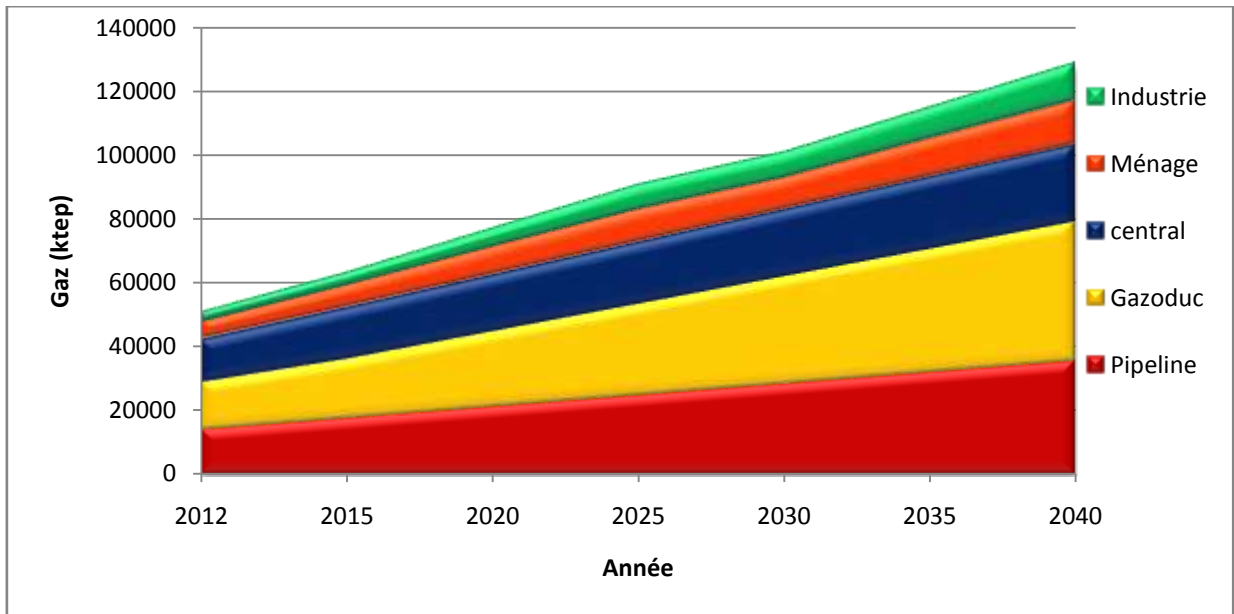
## 5. Prospective de la consommation du gaz naturel par le modèle Autonome

Les consommations énergétiques sectorielles, servant de base pour la constitution du bilan énergétique relatif à l'année de base 2012, ainsi que pour les comptes énergétiques sectoriels y afférents, se présentent comme éléments fondamentaux requis par le modèle autonome. Le tableau suivant montre l'évolution de la consommation du gaz naturel. La consommation atteindrait à l'horizon 2040 pour les deux secteurs, ménage et industrie respectivement 15 Mtep et 101 Mtep.

**Tableau III.3 :** Evolution prospective de la consommation du gaz naturel en Ktep à l'horizon 2040

Année	2012	2015	2020	2025	2030	2035	2040
<b>Pipeline</b>	14183	17721	21266	24811	28355	31900	35445
<b>Gazoduc</b>	15055	18743	23708	28672	33637	38602	43567
<b>Centrale électrique</b>	13333	16047	17687	19327	20967	22607	24247
<b>Ménage</b>	5390	6926	8777	10277	9952	12025	13764
<b>Industrie</b>	3326	4178	5952	7905	8149	9852	11909
<b>totale</b>	<b>9710</b>	<b>10496</b>	<b>12539</b>	<b>14741</b>	<b>17615</b>	<b>20303</b>	<b>23448</b>

La répartition de la consommation du gaz naturel par secteur tel que présentée sur la figure ci après, montre l'importante évolution de la consommation du secteur résidentiel qui occuperait la première place à l'horizon 2040. Cette importante évolution est notamment expliquée par la consolidation de l'amélioration du niveau de vie des ménages et le développement du secteur de l'habitat.



**Figure III.8:** Consommation finale du gaz par secteur en 2040 par Autonome

La consommation finale énergétique repart à la hausse : 981 Mtep en 2015 puis 1,01 G tep en 2040. La consommation de gaz naturel augmenterait considérablement de 3Mtep en 2012 à 9,6Mtep en 2040 par un taux de croissance fixe d'une valeur de 5,35% pour l'industrie et de 5Mtep en 2012 à 15Mtep en 2040 avec un taux moyenne 6,34% pour le ménage. La forte croissance de la consommation de gaz naturel provient essentiellement de la production d'électricité avec le développement des turbines au gaz à cycle combiné (centrales TGV) et de la cogénération.

## 6. Le calcul selon le 2<sup>ème</sup> modèle SIMED :

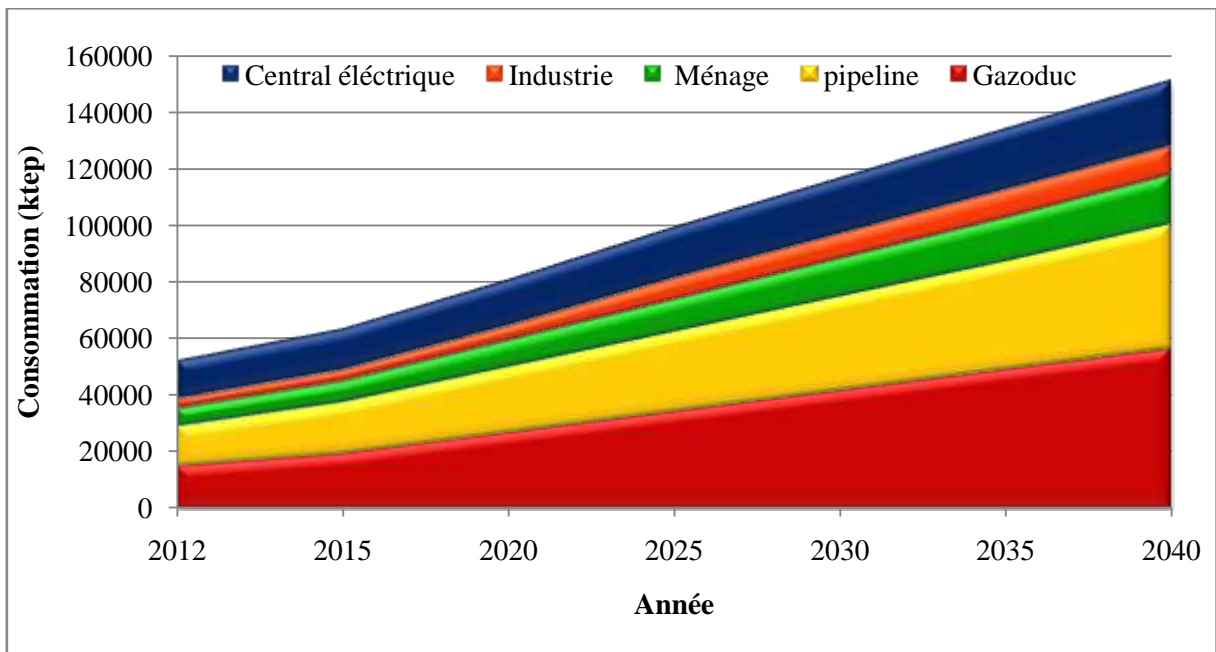
Le modèle SIMED c'est le deuxième modèle de calcul de la consommation énergétique. Les principaux variables utilisés dans ce modèle sont : le PIB, la valeur ajoutée et la consommation pour l'année de référence 2012. Les résultats sont illustrés dans le tableau suivant :



**Tableau III.4** : Evolution prospective de la consommation finale d'énergie en Ktep

Année	2012	2015	2020	2025	2030	2035	2040
<b>Gazoduc</b>	15055	19480	26855	34230	41605	48980	56355
<b>pipeline</b>	14018	18035	23002	27969	32936	37903	43723
<b>Ménage</b>	6377	7612	9636	11660	13685	15710	17735
<b>Industrie</b>	3326	4060	5282	6504	7727	8949	10171
<b>Central électrique</b>	13333	14404	16189	17974	19759	21544	23329

La répartition de la consommation du gaz naturel par secteur tel que présentée sur la figure ci après, montre l'importante évolution de la consommation du secteur résidentiel qui occuperait la première place à l'horizon 2040 (64 %). Cette importante évolution est notamment expliquée par la consolidation de l'amélioration du niveau de vie des ménages et le développement du secteur de l'habitat. La consommation finale du gaz est augmentée 2,4 fois par rapport au résultat de l'année de références



**Fig III.9** : consommation du gaz en ktep par le modèle SIMED

L'évolution de la consommation d'énergie est augmentée d'un TCAM reste constante jusqu'à 2040 l'augmentation de ce modèle est variée d'une augmentation presque constante à cause de la constante de taux d'augmentation du PIB on remarque que pour l'année 2040 est augmentée presque 2,8 fois que la valeur consommée en 2012 ; les résultats du modèle SIMED sont différents que le modèle précédent (autonome).

Pour voir la défférences entre plusieurs modèle de calcul de la demande d'énergie (prospective) on utilise un autre calcul par un autre modèle : LINDEN

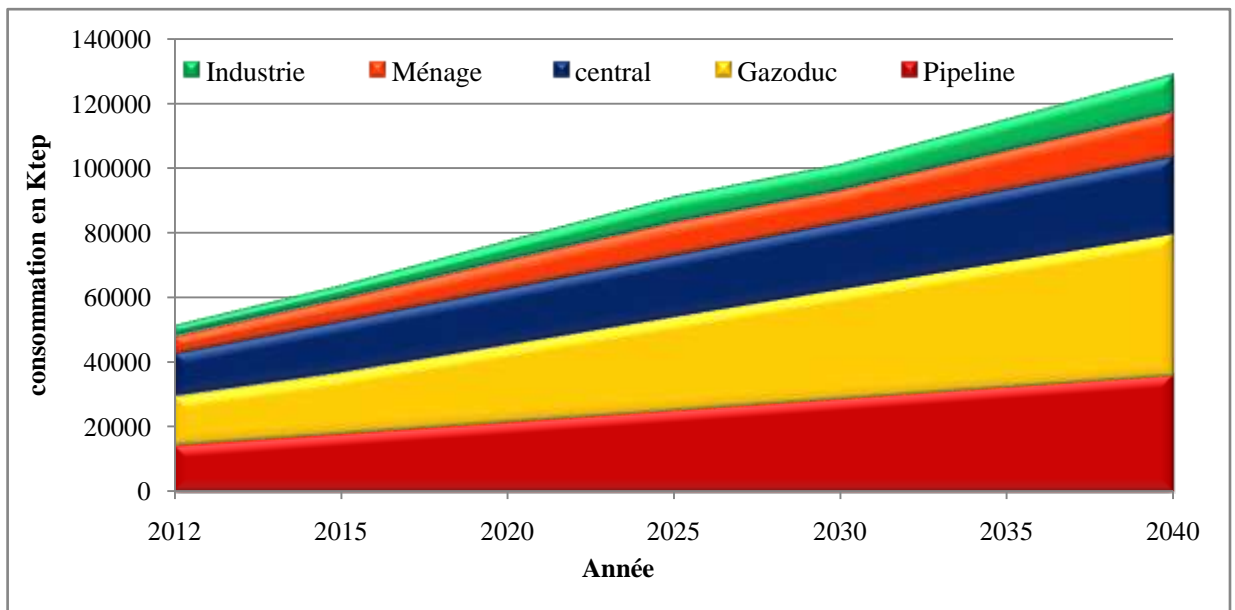
### 7. Le modèle de LINDEN

Ce modèle a le mérite de relier directement la demande d'énergie aux facteurs démographiques, les résultats sont mentionnés dans le tableau suivant :

**Tableau III.5** : Consommation énergétique du gaz naturel en ktep à 2040

Année	2012	2015	2020	2025	2030	2035	2040
<b>Gazoduc</b>	15055	19480	26855	34230	41605	48980	56355
<b>Pipeline</b>	14018	18035	23002	27969	32936	37903	43723
<b>Ménage</b>	6377	7612	8144	9856	11567	13278	14990
<b>Industrie</b>	3326	4060	5282	6504	7727	8949	10171
<b>Central électrique</b>	13333	14404	16189	17974	19759	21544	23329

Les résultats obtenus suivant le modèle LINDEN diffèrent de ceux obtenus suivant des deux autres modèles. Les principaux paramètres permettant le calcul de cette consommation sont les élasticités du prix et du revenu, la population active est normale, on remarque que l'augmentation de la consommation varie de 9Gtep en 2012 (année de référence) à 33,17Gtep en 2040.



**Figure III.10:** Consommation finale du gaz naturel par le modèle LINDEN

La répartition de la consommation du gaz naturel par secteur tel que présentée sur la figure ci après, montre l'importante évolution de la consommation du secteur résidentiel qui occuperait la première place à l'horizon 2040. Cette importante évolution est notamment expliquée par la consolidation de l'amélioration du niveau de vie des ménages et le développement du secteur de l'habitat. La consommation finale du gaz est augmentée 2,4 fois par rapport au résultat de l'année de références

### 8.Emission du Gaz à Effet de serre

Comme on la cité dans le chapitre I, Le Protocole de Kyoto n'inclut aucun engagement de limitation des émissions de GES pour les pays en développement. En ratifiant le protocole de Kyoto, l'Algérie n'a pas de limite bien déterminée pour les émissions des GES. Selon ce contexte et dans le cadre du développement durable qu'on évaluera les émissions provenant seulement des consommations énergétiques des différents secteurs d'activités économique. Le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), un des six gaz à effet de serre concernés par le protocole de Kyoto, est le principal GES puisque il ne représente pas moins de 84 % des émissions des GES.

Le scénario de référence décrit la situation énergétique de l'Algérie en supposant la poursuite des tendances et des changements structurels en cours dans l'économie. Si ces hypothèses paraissent irréaliste étant donné que l'Algérie n'a pas ratifié le protocole de Kyoto, elle permet de préserver au scénario de base son caractère de « point de référence » (Benchmark) à partir duquel des scénarios alternatifs pouvant être examinés. La méthode de calcul des émissions est celle publiée par EUROSTAT. Elle consiste à multiplier les consommations d'énergie totale des différents secteurs d'activités en Mtep, par les facteurs d'émission appropriés en TCO<sub>2</sub>/Mtep. Les facteurs d'émissions appropriés pour chaque forme d'énergie en TCO<sub>2</sub>/Tep sont respectivement : 2,3 pour le GN, 2,6 pour le GPL, 2,9 pour l'essence, 3 pour le kérosène et 3,1 pour le gasoil et le bunker (Berrached, 2009).

Le tableau suivant représente les émissions des gaz à effet de serre GES à l'horizon 2040 en MTCO<sub>2</sub>:

**Tableau III.6** : Emission de CO<sub>2</sub> Mtep

Année	2012	2015	2020	2025	2030	2035	2040
<b>Industrie</b>	1,44608696	1,85974002	2,6668764	3,60182251	4,61022474	5,65314573	6,70060265
<b>Ménage</b>	2,34347826	3,16391304	3,81608696	4,46826087	5,12043478	5,7726087	6,4278261
<b>Totale</b>	3,78956522	5,0265307	6,4837746	8,07008338	9,73065953	11,4257544	13,1253853

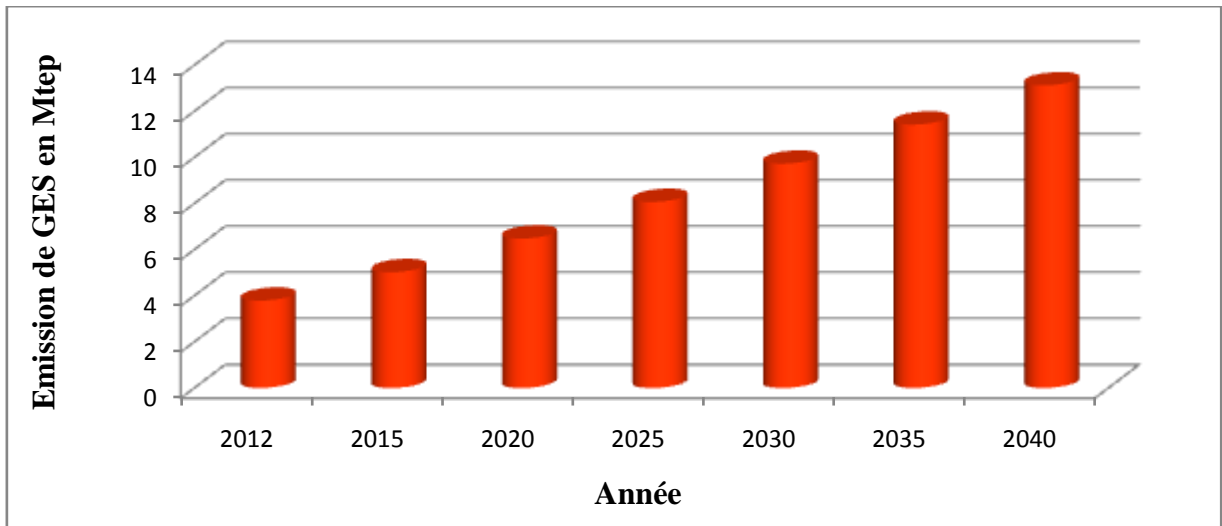


Figure III.12 : Emission de Gaz à Effet de serre

### 9. Résultat

Au propos des produits le gaz naturel est la forme d'énergie dominante tous secteurs confondus avec 46% de la demande finale en 2040 avec un taux de croissance de 6,34% est un rythme annuel moyenne passant de 30% en 2012 à 38% en 2030 pour passé à une valeur de 44% en 2040.

C'est le gaz naturel qui connaitre la plus forte progression, le moteur principale de l'évolution de la demande final totale d'énergie reste plus ou moins le secteurs du transport on à la part du gaz naturel est plus faible, la forte evolution de la demande du gaz naturel, D'après la comparaison entre les valeurs des trois modèles utilisé on désigne la différences des résultats dans le graphe suivant :

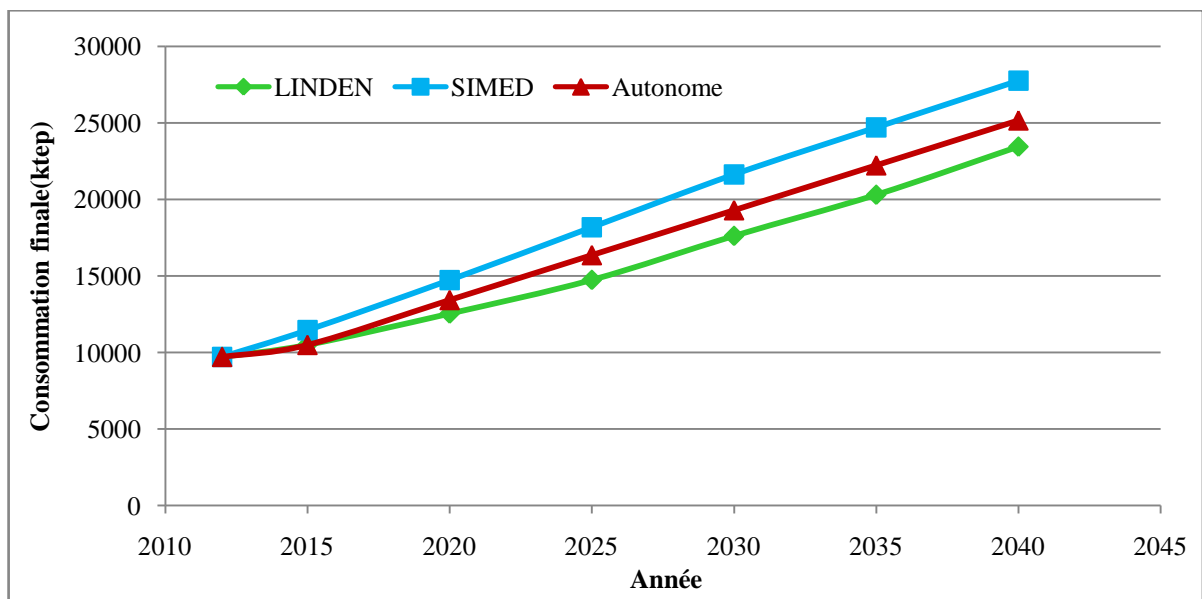


Figure III.13 : Consommation finale du gaz naturel en Ktep avec différents modèles de prospective

### 11. Comparaison des résultats avec le MEDPRO

pour voir les résultats de notre étude est ce que sont claires ou non on peut les comparer avec les résultats trouvés par le MEDPRO, la figure suivante présente les quantités de l'énergie en Bcm :

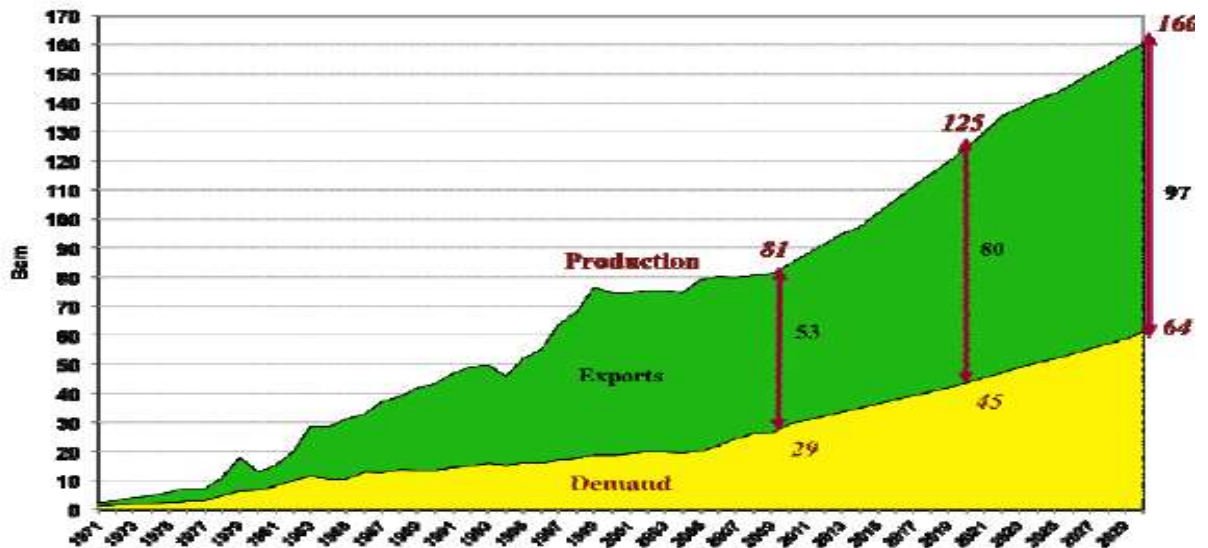


Figure III.14 : Consommation, Production et la demande du gaz naturel à 2030 en Bcm (MEDPRO, 2013)

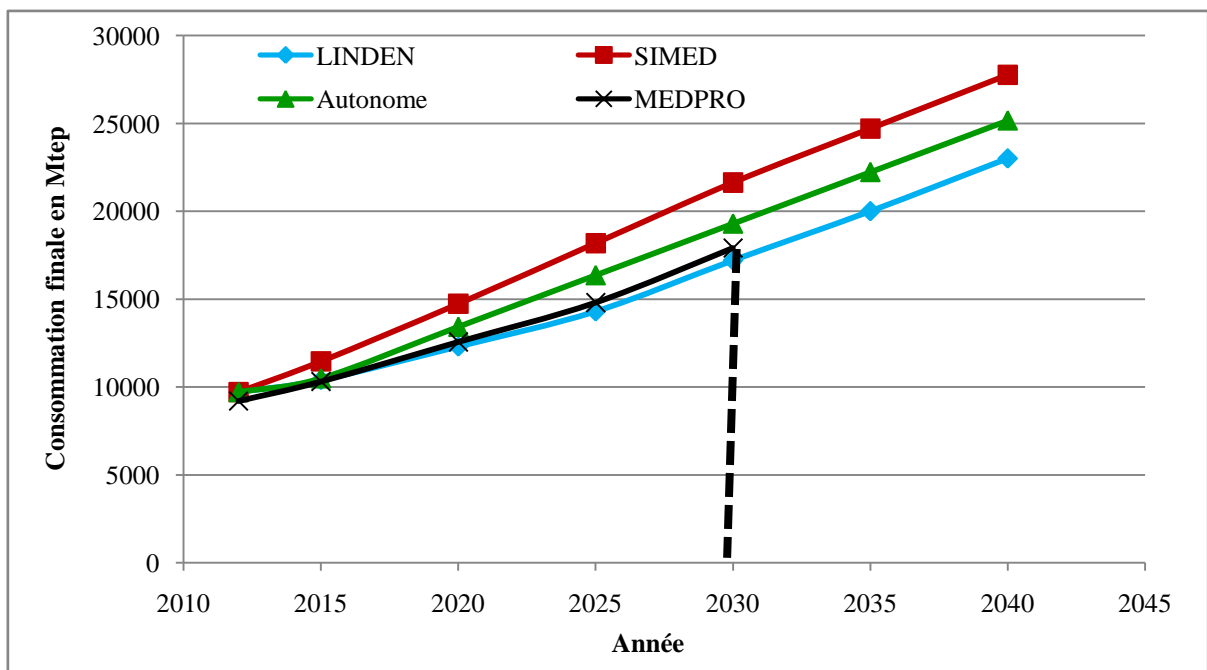


Fig III.15 : Comparaison des résultats avec le modèle MEDPRO

La comparaison de résultat entre les modèles utilisées et le modèle de MEDPRO on remarque que sont nous donnos des bonnes résultats les résultats exacte du chaque modèle sont détaillées dans les tableaux des annexes.

## **10. Conclusion**

D'après les résultats obtenus par les différents modèles de prospective pour la consommation d'énergie le SIMED, LINDEN et le modèle Autonome, les résultats obtenus donne une forte évolution de la demande finale d'énergie pour le gaz naturel à l'horizon 2040. Le modèle LINDEN donne des meilleurs résultats que les deux autres modèles comparés aux résultats de simulation par le modèle MEDPRO. La consommation totale pour l'année 2040 a été multipliée par 2,5 par rapport à l'année de référence.

### Conclusion générale

Ces travaux de prospective ont, ainsi, pour vocation d'éclairer la décision publique, alors que les choix à opérer mettent en jeu des ressources considérables. Les investissements à réaliser en matière énergétique sont d'une grande ampleur financière et technique.

Les prospectives énergétiques pour l'Algérie à l'horizon 2040 s'articulent autour d'un scénario de référence qui fournit une *image cohérente* de l'évolution à long terme du système énergétique Algérien. Le scénario de référence se base sur un certain nombre d'hypothèses argumentées relatives au contexte démographique et économique (activité des secteurs, prix internationaux des combustibles, etc.) et sur les politiques et mesures en place concernant l'énergie, le transport et l'environnement. Il présuppose la poursuite des tendances et des changements structurels en cours. Le scénario de référence permet ainsi de pointer du doigt les problèmes à long terme concernant l'énergie, le transport et l'environnement et aide à identifier les actions à mettre en œuvre pour y apporter des solutions.

Dans le 1<sup>er</sup> chapitre on a étudié de la consommation totale, sectorielle, et par forme d'énergie. Nous avons constaté que la plupart des études traitent les consommations sectorielles finales et distinguent trois secteurs principaux : l'industrie, les foyers domestiques et les transports. Cette désagrégation est importante dans la mesure où elle permet de tenir compte des spécificités de chaque secteur et ne pas occulter les facteurs explicatifs relatifs à chaque demande. L'étude de la consommation sectorielle ou totale par forme d'énergie, constitue un approfondissement de l'analyse, souvent nécessaire à la compréhension des politiques énergétiques. Nous avons introduit l'industrie gazière en Algérie, premièrement on détaille les gaz industriels et leur propriété et la deuxième c'est donner les détails nécessaires du gaz naturel.

Nous avons consacré dans le 2<sup>ème</sup> chapitre à l'étude prospective de la demande d'énergie. Comme toute analyse, une étude prospective est une réflexion qui cherche à répondre à un ensemble d'interrogations. Dans ce chapitre, la définition et la classification des différentes approches des modèles de prospective existants ont été présentés, ainsi que la construction des scénarios qui permettent d'apporter un éclairage sur les défis de la politique énergétique, confronté à tous les contraintes externes.

Suite au résultat des différents modèles de modélisation de la demande d'énergie le SIMED, LINDEN et le modèle Autonome les résultats obtenus pour le scénario de référence une forte évolution de la demande finale d'énergie par gaz naturel à l'horizon 2040, sa compagne aussi par une forte émission de CO<sub>2</sub>. Des évolutions sectorielles dues principalement à la variation de l'évolution de la démographie, du PIB et d'autres différentes indices sectorielles, les résultats trouvés ont créé une forte demande de gaz naturel presque 2,7 fois en 2040 par ces différents 3 modèles.

Suite aux résultats des modèles obtenus pour le scénario de référence, une forte demande en énergie finale totale en aussi par de fortes émissions d'hypothèses démographique et économique fixées comme objectif de l'état surtout à l'horizon 2015 pour la construction des

logements, le raccordement en réseaux gaz et le grand déficit d'atteindre 10 % de la formation du PIB à l'horizon 2014, qui demande.

Le scénario de référence à également pour rôle de servir de base, d'une part pour des analyses de sensibilité, et d'autre part, pour l'évaluation de l'impact de politiques est mesures susceptibles d'affecter le développées de projection entre 2012 et 2015 des émissions par secteur à l'horizon 2040.

l'augmentations des émissions du CO<sub>2</sub> entre 2012 et 2040 au secteurs d'activité économique. L'industrie avec 38 % et le d'énergie dans l'industrie provoque 57 CO<sub>2</sub> contre 28 % pour le résidentiel. Après les émissions se 35,92 % des émissions avec 23,74 % pour CO<sub>2</sub> avec 31,95 % et 30,19 % respectivement. Avec une stabilité pour le tertiaire qui représente 13,94 %. CO<sub>2</sub> avec 1,74 % des émissions. Responsable de 35 % et 40 % la forte pénétration du gaz ç-a-dire, une forte production d'électricité)

Après l'analyse faite sur les résultats obtenus sur le scénario de référence, des constatations son remarquable sur la grande consommation d'énergie finale totale en terme sectorielles et produits. Il met en avant le rôle joué par les secteurs industrie et résidentiel sur toute la période de la projection dans la hausse en consommation et émissions du CO<sub>2</sub>, avec les consommations du gasoil proportionnelle au secteur transport et la forte demande en électricité. A partir de ces constatations, on procède a des actions de maitrise d'énergie dans tous les secteurs d'activité est compris le secteur agriculture qui représente seulement 2 % de la demande finale en 2040. Ceci est avec une exploitation maximale des potentiels technique d'efficacité énergétique tels qu'ils sont connus aujourd'hui, avec un recourt en priorité aux énergies non émettrice de CO<sub>2</sub>.

D'après tout sa donc on demandes de faire une étude de scénario volontariste ou on propose de produit l'énergie par d'autre méthodes par exemple l'utilisation d' électricité ou énergie renouvelable



## Bibliographie

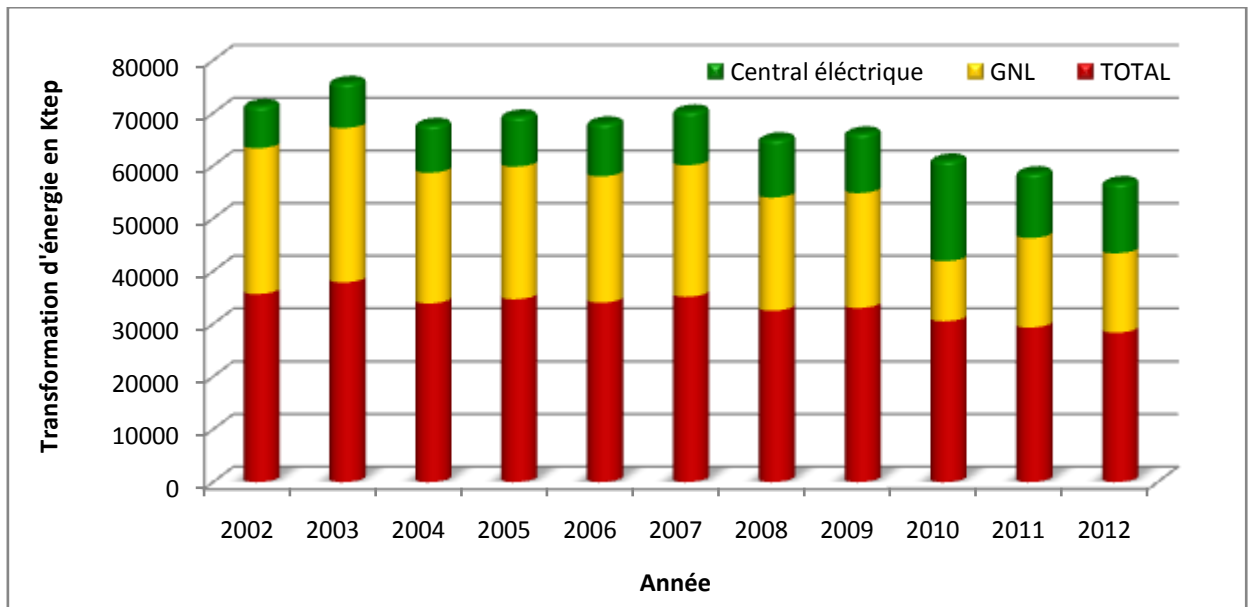
Air liquide 2006	Ministère de l'aménagement du territoire, de l'environnement et du tourisme (matet). Guide de développement de projet mdp en algérie, février 2010, 76p.
AMGIM 2013	Association marocain des gaz industriel et médicaux, production du gaz médicaux, 2012.
APRUE 2013	Programme d'efficacité énergétique en Algérie
AMGIM, 2012	Adnan Tlemçani, directeur général adjoint OXAIR/association marocaine des gaz industriels et médicaux AMGIM, 2012
Article lga, 2014	Linde gaz algérie, international, publicite 2014
Azzedine 2013	The changing geopolitics of natural gas: the case of Aalgeria by AZZEDINE LAYACHI, ph.d. Professor of international and middle east affairs st. John's university,2013
Boucheneb, 2013	Programme d'efficacité énergetiqueen algérie,alger, le 19 mai 2013,Djallal BOUCHENEB :chef de département prospective
Benamirouche, 2010	Enjeux Strategique de la ressource gaz en algérie, Hichem Benamirouche, 2010.
Bouakaz,2012	Etude du potentiel d'énergie solaire thermique utilisé pour la production de l'eau chaude dans l'industrie agro-alimentaire, Bouakaz Amina,2012 ,université lhadj lakhdar batna
Boucheneb ,2009	Enjeux Strategique de la ressource gaz en algérie, hichem benamirouche, 2010.
Berrached, 2009	Lyes berrached, etude prospective de la demande d'énergie finale pour l'algérie a l'horizon 2030 : management des projets énergetique, université d'alger, octobre 2011,86pages.
Benabdallah	L'économie algérienne entre réformes et ouverture : quelle priorité ?y. <i>Benabdallah- cread alger : 2013</i>
Boubia, 2007	Optimisation de la consommation du fuel gaz au niveau de four h101du module mppiii de hassi r'mel : boubia foued, raffinage, université m'hamed bougara-boumerdes, 2005
CDER	Extrait du portail algérien des energies renouvelables <a href="http://portail.cder.dz/spip.php?article3972">http://portail.cder.dz/spip.php?article3972</a>
Djenane,1997	Publié par <a href="#">halimbhl</a> Thèse doctorat de djenane abdel-madjid. Sujet: réformes économiques et agriculture en algérie
El-hella, 2009	تقييم فعالية إدارة الجودة على التسويق الشامل في إدارة المؤسسة دراسة حالة مؤسسة linde gaz algérie unité de ouargle : elhella ahmed :univ ouargla, 2009
ESPANCC-2001	Elaboration de la stratégie et du plan d'action national des changements climatiques, projet national alg/98/g31, mars 2001
Feneuille, 2013	<a href="http://feneuille-pib.blogspot.com/2009/10/calcul-du-pib.html">http://feneuille-pib.blogspot.com/2009/10/calcul-du-pib.html</a> (photo du pib) publié par <a href="#">feneuille</a> à 10:30
Ghouini 2009	<i>Etude technologi que de la station de production d'hydrogène del'unité linde gaz alegria skikda, ghouini ahmed, salaheddine mourad, 2009,university oaurgla</i>
MEM 1980-2004	Billon énergétique 2004 ministère des énergies et des mines

MEM 2001	Billon énergétique 2001 ministère des énergies et des mines
MEM2002	Billon énergétique 2002 ministère des énergies et des mines
MEM 2003	Billon énergétique 2003 ministère des énergies et des mines
MEM 2004	Billon énergétique 2004 du ministère des énergies et des mines
MEM2005	Billon énergétique 2005 du ministère des énergies et des mines
MEM2006	Billon énergétique 2006 du ministère des énergies et des mines
MEM2007	Billon énergétique 2007 du ministère des énergies et des mines
MEM2008	Billon énergétique 2008 du ministère des énergies et des mines
MEM2009	Billon énergétique 2009 du ministère des énergies et des mines
MEM2010	Billon énergétique 2010 du ministère des énergies et des mines
MEM2011	Billon énergétique 2011 du ministère des énergies et des mines
MEM2012	Billon énergétique 2012 du ministère des énergies et des mines
MEDPRO,2012	Outlook for oil and gas in southern and eastern mediterranean countries manfred hafner, simone tagliapietra andel habib el andalousi,2012, MEDPRO technical report no. 18/october 2012
Mazari ,2012	Etude et évaluation du confort thermique des bâtiment çà caractère public, cas de département public de Tizi Ouzzou,univ :mouloud maamri, sept 2012
Maizi, 2012	Les modèles, outils de prospective dans le débat Climatique, nadia maïzi : l centre de mathématiques appliquées Mines paristech
Moroc ,2014	Note de veille du secteur énergetique et minier (informations du 11 mars 2014),
Nini,2005	<i>Determination des parametres operatoires de debutaniseur dans Le but de reduire le bilan energetique de l'installation, NINI Issam et BEZZI Ahmed : 2005,univ boumerdes</i>
Percebois,2012	J. Percebois et CM. Siddayas (1994) «Politique de l'énergie et environnement : expériences pratiques dans les pays en développement » Economica
Sonatrach ,2000	Revue sonatrach. « gaz en algérie. »
Houdou,2013	<a href="http://fr.scribd.com/doc/215018353/29699018-reformes-economiques-et-agriculture-en-algerie">http://fr.scribd.com/doc/215018353/29699018-reformes-economiques-et-agriculture-en-algerie</a> ( badre eldine houdou)le 17/05/2014 à 23 :33
The linde groupe	Pungaz –up unité de fractionnement de basel,the linde groupe,
Sonatrach,2000	Rapport annuel de sonatrach
(2001 igu world gas review)	International gas union: <a href="http://www.igu.org">http://www.igu.org</a>
<a href="http://www.gaznaturel.com">www.gaznaturel.com</a>	<a href="http://www.energie-algerie.net/energie-algerie/gaz/exportations-algeriennes-du-gaz-naturel">http://www.energie-algerie.net/energie-algerie/gaz/exportations-algeriennes-du-gaz-naturel</a>
IFP, 2007	Gaz naturel, production, traitement et transport. Publication de ifp.edition technique.
P.Schwartz (1993)	P. Schwartz (1993). «la planification stratégique par scénario » futuribles pp 31-50
Sonatrach ,2007	Rapport du centre de formation de hassi r'mel :Revue sonatrach. « gaz naturel dans le monde. »

Banque mondiale	Banque mondial
Sonatrach,2000	Rapport annuel de sonatrach

## Annexes

### Annexe I : Rétrospective de transformation du gaz naturel



**Figure 1** : transformation du gaz naturel en ktep

### Annexe II : Taux de croissance annuel moyenne de chaque secteur

TCAM	Année	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
	Totale	0,067	0,114	0,170	0,053	0,147	0,0152	0,1077	0,0442	0,0842	0,1097
	Ménage	0,365	0,097	0,210	0,029	0,176	-0,0028	0,1690	-0,1027	0,1426	0,1831
	Industrie	-0,113	0,146	0,112	0,085	0,097	0,0499	-0,0032	0,3549	0,0014	-0,0080

### Annexe III : Population 2040

	2012	2013	2015	2020	2025	2030	2035	2040
Population	35,84	36,44	37,66	40,92	44,45	48,29	52,45	56,98

### Annexe III : Evolution du PIB

Année	2012	2015	2020	2025	2030	2035	2040
TCAM	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1
PIB(Million DA)	12477148,91	13673867,09	15928859,46	18555728,39	21615800,99	25180517,99	29333101,58
PIB/hab (DA/hab)	361809,6033	353075,87	411302,5143	479131,4633	558146,2577	650191,5838	757416,34
PIB	157,2538429	172,3364979	200,7569502	233,8642921	272,4314503	317,3588172	369,695271

#### Annexe IV : Modèle autonome en Mm<sup>3</sup>

	2012	2015	2020	2025	2030	2035	2040
Gazoduc	16,727777 8	21,644444 4	29,838888 9	38,033333 3	46,227777 8	54,422222 2	62,616666 7
pipeline	15,575555 6	20,039144 4	25,558088 9	31,077033 3	36,595977 8	42,114922 2	48,581111 1
Ménage	7,085555 6	8,457777 8	9,048888 9	10,951111 1	12,852222 2	14,753333 3	16,655555 6
Industrie	3,695555 6	4,511111 1	5,868888 9	7,226666 7	8,585555 6	9,943333 3	11,301111 1
Central électrique	14,814444 4	16,004444 4	17,987777 8	19,971111 1	21,954444 4	23,937777 8	25,921111 1

#### Annexe V : Modèle LINDEN

	2012	2015	2020	2025	2030	2035	2040
Exportation	15,75888 89	19,68953 22	23,62842 11	27,56731	31,50619 89	35,44508 78	39,38397 67
GNL	16,72777 78	20,82517 34	26,34184 01	31,85850 67	37,37517 34	42,89184 01	48,40850 67
central	14,81444 44	17,83048 85	19,65271 07	21,47493 3	23,29715 52	25,11937 74	26,94159 96
Ménage	7,025555 56	7,147777 78	8,287777 78	9,525555 56	10,51666 67	11,61111 11	13
Industrie	3,695555 56	3,966873 05	5,185767 07	6,852699 78	9,055457 68	10,94674 61	12,12193 08
totale	10,78888 89	11,66256 03	13,93167 06	16,37896 03	19,57321 91	22,55920 46	26,05413 44

#### Annexe VII : Assemblage des 3 modèles

	2012	2015	2020	2025	2030	2035	2040
LINDEN	9710	10496,304	12538,504	14741,064	17615,8972	20303,284	23448,721
SIMED	9710	11455,078	14729,167	18182,449	21628,6341	24702,273	27754,5845
Autonome	9710	10492,458	13426,082	16359,706	19293,3303	22226,954	24160,5782

#### Règles de conversion :

1 million de tep (tonne équivalent pétrole)= 7,33 millions barils équivalent pétrole (boe).

1 milliard de mètre cube de Gaz naturel =0,90 million de tep.

## Résumé

Les gaz naturel et industriels sont un vecteur privilégié d'énergie à la croisée entre les énergies primaires nécessaire à ses production et la multiplicité des usages finaux, ce qui les confère aujourd'hui une place centrale dans les systèmes énergétiques. Nous allons tout d'abord dresser un bilan sur la situation actuelle de l'industrie gazière aussi bien d'un point de vue énergétique qu'économique et son impact sur l'environnement. L'objectif de ce travail est de présenter les différentes méthodes utilisé pour l'évaluation des capacités de production des différents produits énergétiques sur le territoire national. Ainsi de calculer les consommations énergétiques associées aux besoins du secteur et les potentiels d'économies d'énergie réalisable et d'estimer les missions de CO<sub>2</sub> résultantes de ce secteur. Dans ce contexte, les modèles de prospective énergétique constituent une aide précieuse à la décision. En particulier, les modèles s'appuyant sur une représentation fine des différentes technologies d'énergie, permettent d'anticiper les substitutions possibles entre différentes options technologiques sur plusieurs décennies.

## ملخص

الغازات صناعية كانت أو طبيعية هي ناقلات الطاقة يركز على مفترق الطرق بين الطاقة الأولية اللازمة لإنتاجها وتعدد الاستخدامات النهائية، والتي وعلينا أولا أن نستفيد من الوضع الحالي لصناعة الغاز، وكذلك وجهة النظر الاقتصادية من الطاقة الرأي. تعطي اليوم دورا محوريا في أنظمة الطاقة ولحساب الهدف من هذا العمل هو تقديم التقنيات المختلفة المستخدمة في **الصناعة وتقييما لقدرة منتجات الطاقة المختلفة في البلاد** وأثره على البيئة في هذا السياق،. الناتج في هذا القطاع CO<sub>2</sub> استهلاك الطاقة المرتبطة مع احتياجات الصناعة وتحقيق التوفير في الطاقة المحتملة وتقدير البعثات على وجه الخصوص، والنماذج على أساس التمثيل غرامة تكنولوجيات الطاقة مختلفة تسمح لاستباق. ونماذج التنبؤ الطاقة هي قيمة دعم اتخاذ القرار بدائل المحتملة بين خيارات تكنولوجية مختلفة على مدى عدة عقود

## Abstract

Industrial and natural gases are a vector focuses energy at the crossroads between the primary energy needed for its production and the multiplicity of end users, which today gives a central role in energy systems. We will first take stock of the current situation of the industrial gas industry gases as well as economic point of view energy and its impact on the environment. The objective of this work is to present the different technologies used in the industry and an assessment of the capacity of different energy products in the country. And to calculate the energy consumption associated with the needs of industry and the achievable energy savings potential and estimates the resulting CO<sub>2</sub> missions in this sector. In this context, energy forecasting models are a valuable decision support. In particular, models based on a fine representation of different energy technologies allow anticipating the possible substitutions between different technological options over several decades.