

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Ecole Nationale Polytechnique  
Département de Génie Chimique

*MEMOIRE DE  
POST-GRADUATION SPECIALISEE  
« Economie de l'Energie, Maîtrise et Applications »*

Intitulé :

**Modèle énergétique de l'Algérie à  
l'Horizon 2050**

Présenté par: **Mme. Benabid Hafida, Mr. Hamdani Sid Ahmed**

Soutenu le 25 Novembre 2008 devant la commission d'examen :

Président : Mr Bendaace

Examineur : Pr Chitour

Examineur : Pr MAIZI

Rapporteur : Mr Lamraoui

Invité : Mr ARABI

*Année Universitaire 2007-2008*

## TABLE DES MATIERES

ABSTRACT.....	7
INTRODUCTION .....	8
PARTIE I.....	9
I. L'EVOLUTION DU CONTEXTE ENERGETIQUE.....	9
I.1 . Trois grands paradigmes.....	10
- Crise de l'énergie rareté et cherté .....	10
- Changement climatique .....	10
- Problème des ressources hydriques .....	10
II L'ENERGIE DANS LE MONDE.....	12
II.1 Offre d'énergie .....	12
II.2 Consommation d'énergie.....	13
II.3 La consommation d'électricité dans le monde .....	14
III. ETATS DES LIEUX.....	17
III.1 . BILAN GLOBAL DE L'ALGERIE.....	17
III.1.1. Analyse historique de l'énergie électrique.....	17
III.1.2 Analyse historique des hydrocarbures .....	18
III.2 ELECTRICITE EN ALGERIE.....	20
III.2.1 Description des différents moyens de production d'électricité en Algérie.....	21
a) Centrales thermiques.....	21
b). Centrales Hydrauliques .....	23
c) Centrales au fioul.....	24
III.3 Consommation-Production d'électricité en Algérie .....	25
III.4 La puissance installée .....	26
III.5 Le réseau électrique en 2006: pertes et interconnexions .....	27
III.5.1 VOLUME DES ECHANGES.....	29
III.6 Le Gaz Naturel.....	30
III.7 ELECTRIFICATION .....	32
III.8 Impact environnemental.....	33
IV. NOUVELLE VISION DE LA STRATEGIE ENERGETIQUE A L'HORIZON 2050 .....	34
IV.1 Strategie Energetique De L'algerie 2030-2050.....	35
V Solutions du futures .....	38
V.1 Les Energies Renouvelables en Algérie.....	38
V.2. l'électronucléaire.....	39
V.3 développer un modèle d'aide à la planification du système énergétique.....	40
PARTIE II.....	41
I. LA MODELISATION DES SYSTEMES ENERGETIQUES.....	41
I.1 Les différentes approches de modélisation prospective .....	42

I.1.1 L'approche descendante (Top down) .....	42
I.1.2 L'approche ascendante (Bottom-Up) .....	42
I.1.3 Les approches IAM (Integrated Assesment Models) .....	43
I.1.4 Modèles existants et catégories de modèles .....	44
I.2 Le modèle MARKAL .....	45
I.3 Le système énergétique de référence dans MARKAL .....	46
I.4 Représentation et modélisation du système énergétique dans MARKAL .....	48
I.5 Description des classes énergétiques .....	49
I.5.1 Classe des services énergétiques (DM) .....	49
I.5.2 Classe des vecteurs énergétiques (Energy carriers) .....	50
I.5.3 Classe des émissions de polluants .....	50
I.5.4 Classe des technologies .....	50
I.5.5 Classe SRC (les ressources) .....	51
I.6 Bases théoriques de l'optimisation dans MARKAL .....	51
I.6.1 L'approche MARKAL : Un formalisme commun à une famille de modèle .....	51
I.6.2 Maximisation du surplus du producteur et du consommateur: Prix égal au coût marginal de production .....	52
I.6.3 Les extensions de MARKAL .....	53
I.6.4 Description de la version TIMES .....	54
I.7 Optimisation mathématique dans MARKAL standard .....	55
I.7.1 Formulation du problème linéaire de MARKAL .....	55
a) Fonction objectif .....	55
b) Contraintes de MARKAL .....	56
c) Les variables de décision .....	57
I.8 Collecte de data dans MARKAL .....	58
II. ANALYSE DE LA DEMANDE D'ENERGIE EN ALGERIE .....	60
II.1 Evolution rétrospective de la demande .....	60
II.2 Caractéristiques des différents secteurs d'activité .....	62
II.2.1 Le secteur du transport .....	62
a) Brève rétrospective du secteur .....	62
b) Structure du secteur et les différents modes de transport .....	63
Le mode routier .....	63
Le transport ferroviaire .....	64
Le transport aérien .....	64
Le transport maritime .....	64
II.2.2 Le secteur industriel .....	65
a) Rétrospective du secteur industriel .....	65
b) La structure de l'industrie algérienne .....	66
II.2.3 Secteur résidentiel .....	68
a) Brève rétrospective du secteur .....	68
b) Structure du secteur résidentiel .....	69
II.3 Estimation de la demande d'énergie des principaux secteurs d'activité économique .....	71
II.3.1 La demande d'énergie dans le secteur des transports .....	71
II.3.2 La demande d'énergie dans le secteur industriel .....	73
Consommation d'énergie dans l'industrie pétrochimique .....	75
Consommation d'énergie pour la production de l'acier .....	77
III.3.3 La demande d'énergie dans le secteur résidentiel .....	79

II.4 Projections de la demande énergétique en Algérie .....	81
II.4.1 Les projections de l'APRUE .....	82
II.4.2 Les projections de l'AIE .....	83
II.5 Elaboration d'un scénario de demande à l'horizon 2050 .....	84
II.5.1 Les déterminants économiques .....	85
a) La structure de l'économie nationale .....	86
b) Diversification du PIB .....	87
II.5.2 Les déterminants démographiques .....	87
II.5.3 Les projections de la demande finale à l'horizon 2050 .....	88
II.6 Les projections par secteur d'activité .....	90
II.6.1 Le secteur énergétique .....	90
II.6.2 Les secteurs demandeurs d'énergie finale .....	90
a) Le transport .....	90
b) L'industrie et le bâtiment .....	91
c) Le secteur résidentiel .....	92
III. ANALYSE DE L'OFFRE D'ENERGIE EN ALGERIE .....	94
III.1 Offre d'énergie primaire .....	94
III.1.1 Production d'hydrocarbures .....	95
III.1.2 Les réserves d'hydrocarbures .....	97
III.1.3 Les investissements dans l'amont pétrolier .....	97
III.1.4 Les coûts de production de l'Algérie .....	98
III.2 Transformation de l'énergie (Energies dérivées) .....	99
III.2.1 Le raffinage .....	100
III.2.2 Liquéfaction et séparation des GPL .....	101
a) La liquéfaction du gaz naturel .....	101
b) La Séparation des GPL .....	102
III.2.3 Les exportations et importations d'énergies primaires et dérivées .....	103
IV. ELEMENTS DE MODELISATION DU SYSTEME ENERGETIQUE ALGERIEN PAR L'APPROCHE MARKAL .....	105
IV.1 La classe des services énergétiques dans les transports (Classe DM) .....	106
IV.2 La classe des technologies de demande de services de transport (Classe DMD) .....	107
CONCLUSION .....	111

## **Remerciements**

Ce mémoire s'est déroulé à l'Ecole nationale polytechnique d'Alger. Je souhaite remercier en tout premier lieu Mr. le Professeur Chemseddine Chittour directeur de l'institut Génie chimique et directeur de mon mémoire pour ses conseils, son soutien, sa patience, la confiance qu'il m'a témoignée dans la conduite de mes recherches, pour son don pour « dissoudre » les problèmes, ses remarques sur mon travail, l'oreille toujours attentive qu'il m'a prêtée, pour m'avoir accueilli dans les meilleures conditions au sein de l'ENP et pour bien plus encore.

Je remercie aussi mon deuxième Promoteur, Madame Nadia Maïzi, directrice du centre de Mathématiques Appliquées (CMA) de l'Ecole des Mines de Paris à Sophia-Antipolis pour ses conseils et son cours sur la modélisation de l'Energie et particulièrement le Modèle MARKAL.

Je tiens aussi à remercier les membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à ce travail.

Je remercie Monsieur Bendaace ancien Directeur Général adjoint de Sonelgaz, qui m'a fait l'honneur de présider mon jury de thèse.

Je remercie les professeurs de l'ENP pour leur accueil chaleureux et leur disponibilité à qui j'exprime ma gratitude.

Je tiens aussi à dire un grand merci à l'ensemble doctorants pour leur bonne humeur et pour leur sympathie qui ont fait de cette année une expérience agréable. Je vous souhaite de tout cœur le meilleur pour vos futures carrières.

Je remercie également Mr Badache Abdelali Directeur du développement et statistiques à Sonelgaz ainsi qu'à Madame Bensalem pour leur aide précieuse quant à la fourniture des statistiques de la consommation et production de l'électricité à Sonelgaz depuis l'indépendance

Enfin je tiens aussi à exprimer mes plus vifs remerciements à plusieurs personnes extérieures à Sonelgaz qui ont contribué par leur soutien à ce travail.

J'aimerais aussi remercier tout particulièrement ma famille pour l'amour et le soutien inconditionnelle qu'elle me témoigne depuis toujours. Merci à mon Mari, à mes enfants, mes frères et sœurs et ma belle famille. Qu'ils trouvent dans ces quelques mots l'expression de ma plus grande gratitude et affection.

**Mme Benabid Hafida**

## **Remerciements**

Je tiens à remercier en premier lieu le Professeur Chitour pour sa précieuse assistance et ses encouragements ;

Je remercie tous les professeurs et intervenants dans de la formation PGS Economie de l'Energie, pour leur disponibilité et efforts afin de mener dans les meilleures conditions cette formation

Je remercie le Professeur Maizi pour avoir accepter de nous encadrer et de nous orienter au cours de cette recherche

Je remercie M. Baouchi Directeur de Prospective à l'Aprue pour son aide et ses conseils d'expert dans le domaine de la prospective énergétique.

**Sid Ahmed HAMDANI**

## *Modèle énergétique de l'Algérie à l'horizon 2050*

### *Long term energy model in Algeria (horizon 2050).*

#### نموذج طاقتوى على المدى الطويل في الجزائر أفق 2005

ملخص:

الهدف من هذه الدراسة هو توضيح طريقة تحليلية من أجل وضع نموذج للطاقة على المدى الطويل أفق 2050 هذه الطريقة تعتمد على تحليل تفصيلي لقطاعات الطاقة المختلفة في الفقرة الأولى، تم التطرق إلى تحليل قطاع الكهرباء حيث الاتجاهات الملحوظة مددت لتحديد سيناريو تطوري خطي مواصل الاتجاه الحالي في الفقرة الثانية تم تحليل نظام الطاقة من أجل تعريف العناصر الممكنة من إقامة نموذج معتمدين على طريقة ماركال هذا الأخير يمكن أن يلعب دورا فعالا للتخطيط على المدى البعيد بأخذه بعين الاعتبار إمكانية تجديد باقة الموارد الطاقوية

#### Résumé

Ce travail s'efforce d'explicitier une démarche de modélisation de l'énergie en Algérie à l'horizon 2050. Cette démarche repose sur l'analyse des caractéristiques des secteurs énergétiques. Une première partie s'intéresse au secteur électrique, où les tendances actuelles ont été prolongées dans le cadre de scénarios d'évolution « fil de l'eau ». Une deuxième partie analyse le système énergétique afin de définir les éléments permettant de modéliser ce système en se basant sur une approche Markal. Celle-ci s'avère utile pour aider à la planification à long terme des systèmes énergétiques, et prendre en compte notamment les possibilités de diversification des ressources pour définir un mix énergétique optimal.

**Mots-clés :** Energie, Électricité, offre, demande, production, Consommation, Fil de L'eau, prospective, Modèle, Markal

#### ABSTRACT

The present work aims to present a methodology for the modeling of the long term energy perspectives in Algeria. The first part deals with the electricity system, where the observed trends are prolonged defining an "as usual" scenario. The second part of the work is based on an analysis of the energy supply chain in Algeria in order to define a way for applying Markal modeling. The use of markal model is a reliable solution for long term energy system planification, particularly for defining an optimal mix of energy resources

**Key words:** lEnergy,Electricity, request, production,Fil de l'eau ,Markal,

## INTRODUCTION

Le travail qui nous a été confié consiste en la modélisation de l'énergie en Algérie.

L'utilisation de l'énergie est aussi vieille que le monde. La première révolution industrielle en Europe au XVIII<sup>e</sup> siècle a été basée sur le charbon.

L'aventure pétrolière a démarré vers le milieu du XIX<sup>e</sup> siècle aux états unis.

Depuis le développement spectaculaire de l'industrie pétrolière a fait que le premier milliard de tonne de pétrole au début des années 60. Les « chocs pétroliers » n'ont pas ralenti la production du pétrole, et nous produisons actuellement 85 millions de b/j, l'équivalent de 4,25Milliards de Tonnes.

Par ailleurs, le Gaz naturel s'est développé, nous en sommes à 2500 Milliards de m<sup>3</sup> enfin le charbon a vu sa production atteindre 4,5Milliards de tonne.

Graduellement les ressources énergétiques fossiles ont été rejointes par les autres énergies (renouvelables) et nucléaires, leur pourcentage n'excède pas 15%( 6% hydraulique, 7% nucléaire ,2% ENR).

La consommation mondiale d'énergie notamment du pétrole a montré les limites physiques du pétrole.

Dans cet ordre d'idées, les pays développés notamment pauvres en énergie ont commencé à développer des modèles prévisionnels qui prennent en charge leurs ressources propres, l'élévation du niveau de vie, les tendances démographiques et les sources d'approvisionnement externes ; cela permet de situer l'évolution du taux de dépendance énergétique.

Cette étude a été consacrée à la mise en place d'un modèle énergétique.

Nous avons utilisé dans le cadre de ce travail dans une première phase un modèle simple appliqué à la puissance de la consommation électrique appelé « Fil de l'eau » qui prolonge la tendance actuelle.

L'autre modèle consiste à utilisé le modèle Markal pour approcher autant que faire se peut les prévisions qui sont en fait dépendantes des données d'entrées.

La première partie consistera à collecter les données disponibles pour l'Algérie à partir de 1966.

La consommation nationale d'énergie est passée de 6 millions de tonnes, équivalent pétrole (M.TEP) en 1970 à environ 37 M.TEP

En termes unitaires, elle est passée de 0,3 TEP/habitant en 1970 à quelque 1,1 TEP/habitant 2007, soit près d'un quadruplement en moins de 40 ans.

# PARTIE I

## I. L'EVOLUTION DU CONTEXTE ENERGETIQUE

Les hydrocarbures en Algérie, ont une histoire, et ses principaux épisodes méritent d'être rappelés. Pour résumer, l'on retiendra quatre grandes étapes :

- 1- Les premières années de l'indépendance, où le secteur était encore régi par l'ordonnance de 1958, avec une production nationale dominée par les compagnies françaises;
- 2- La période 1971-1986, dont l'ordonnance de février 1971 sur les nationalisations fut le socle. Cette mesure historique a permis au début des années 1980 à Sonatrach d'assurer l'essentiel de la production nationale ;
- 3- La période 1986 à 2005, avec la loi 86-14 (amendée en 1991), qui a permis la relance de la production en partenariat;
- 4- La période actuelle avec la loi 05-07 et son amendement en 2006. Chacune de ces étapes a ouvert une évolution qualitative, allant dans le sens d'une maîtrise accrue du fonctionnement et du développement du secteur des hydrocarbures.

La situation actuelle présente à cet égard une toute autre difficulté. Elle est marquée à l'échelle internationale par :

- L'augmentation de la demande mondiale et la rivalité croissante entre Etats pour l'accès à l'énergie. La Chine, l'Inde et l'Afrique consomment aujourd'hui près de 20% de l'énergie consommée dans le monde. Du fait de la croissance de la demande dans ces régions et surtout en Asie, l'Agence Internationale de l'Energie (AIE) prévoit une augmentation de 60% de la demande mondiale d'ici 30 ans.
- Une compétition industrielle renforcée à l'échelle de la planète qui milite en faveur d'une énergie à bas prix et à un usage sensible de la taxation comme levier ;
- L'épuisement des réserves fossiles et leur concentration géographique dans les pays du moyen orient ;
- La réalité de l'effet de serre et son caractère planétaire qui impliquent un énorme effort de coordination des actions à l'échelle internationale. Le protocole de Kyoto en est la première étape ; la stabilisation nécessaire des concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère nécessitera, par rapport à la situation actuelle, des efforts bien plus importants de la part des pays développés.

Les moyens de contrôle et d'action de la puissance publique sont aussi modifiés par l'ouverture des marchés de l'énergie et une plus grande réticence des populations à la construction de nouveaux grands ouvrages : raffineries, centrales électriques, extension du réseau électrique, infrastructure de transport. Les axes traditionnels de la politique énergétique se trouvent donc renforcés et étendus à de nouvelles problématiques alors que, au même moment, les conséquences environnementales et économiques, voire politiques de choix inappropriés s'aggravent.

## **I.1 . Trois grands paradigmes**

- Crise de l'énergie rareté et cherté**
- Changement climatique**
- Problème des ressources hydriques**

La demande mondiale de l'énergie croît à raison de 2% par an de manière stable sur les 35 dernières années. En outre, nous étions 3 milliards en 1960, 6 milliards aujourd'hui et serons 9 milliards en 2050 et aujourd'hui près de 2 milliards d'individus n'ont pas accès à l'énergie. Un arrêt brutal de la croissance est irréaliste avec l'explosion de la demande énergétique en Asie même si les pays industrialisés réduisent drastiquement leurs consommations énergétiques. Pour exemple, la Chine et l'Inde représentent à elles deux environ la moitié de la hausse de consommation d'énergie et on envisage à l'horizon 2050 plus qu'un doublement de la demande (+ 110%).

Ces pays utilisant la ressource charbon, les émissions de gaz à effet de serre augmentent encore plus vite (+ 137%).

Enfin, comme le montre l'étude du GIEC (Groupe Intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat) publiée le 1er février 2007, la terre ne peut connaître une élévation de température supérieure à 2°C sous peine de conséquences dramatiques. Les concentrations admissibles de gaz à effet de serre ne doivent pas excéder un surcroît de 18 % par rapport aux concentrations actuelles. Pour atteindre ce résultat, il faut diminuer drastiquement les émissions en cours du 21ème siècle et pour ce, nous devons en termes d'émissions au niveau global, atteindre un pic d'ici 2020 puis les diviser nettement d'ici 2050.

Une autre variable pourrait être ajoutée à cette équation, quid de la question des réserves. Si le pic pétrolier est annoncé pour 2020, le pic gaz pour 2030, le pic charbon lui apparaît plutôt en 2050. Mais, ce n'est pas la limitation des ressources fossiles qui permettra de résoudre le problème du climat. En effet, les niveaux liés à l'usage de toutes les ressources fossiles sont près de 6 fois supérieures à ce que la planète peut accepter pour ne pas dépasser un réchauffement de 2°C. Il faut donc traiter la question du climat indépendamment de la question de la taille des ressources et surtout plus rigoureusement.

L'équation est difficile à résoudre mais inéluctable: Comment continuer à se développer tout en réduisant les émissions de gaz à effet de Serre?

Première solution, innover dans de nombreux secteurs notamment ceux du bâtiment, du transport, de l'urbanisme, de l'aménagement durable du territoire ainsi que l'agriculture et l'agroalimentaire.

Les technologies doivent être mobilisées aussi bien du côté de l'offre avec notamment le nucléaire, les énergies renouvelables, le captage et stockage de CO<sub>2</sub>, que du côté de la demande avec les véhicules moins émetteurs de CO<sub>2</sub> et les bâtiments à énergie positive.

Beaucoup de ces technologies concernées n'ont pas atteint leurs performances optimales en termes de coût et de fiabilité. La mise en place de cadre incitatif pour les nouvelles technologies de l'énergie puisse progresser rapidement et devenir compétitives est donc indispensable.

Un second axe de développement est l'aide à leur déploiement dans un contexte de marché ouvert où certaines de ces technologies présentent inéluctablement un surcoût pour les utilisateurs. Dans ce cas, dans la mesure de leur contribution au règlement du problème du changement climatique, elles doivent être imposées. C'est tout l'enjeu notamment dans le parc de bâtiment existant. L'innovation n'est pas seulement nécessaire dans le domaine technologique mais aussi au niveau des modes d'organisation. Il

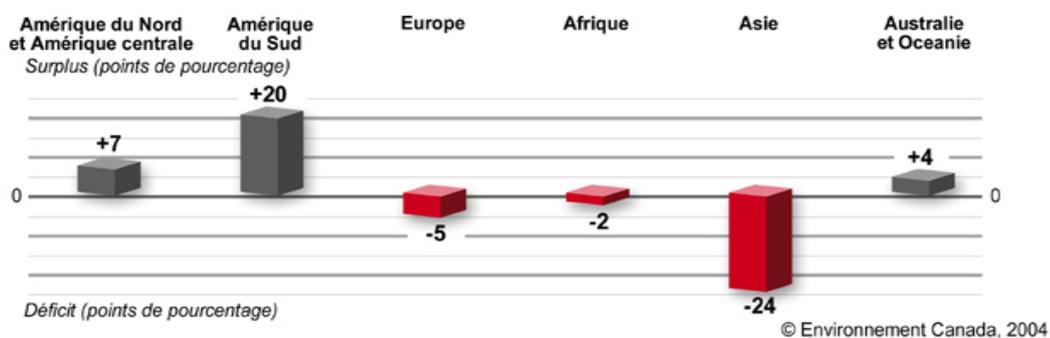
s'agit de mettre en place un cadre différent qui incite les acteurs à changer de comportements, ce qui devrait modifier les modes de production et de consommation.

La sécurité de l'eau est fondamentale à la réduction de la pauvreté. D'ici 2025, 3, 5 milliards de personnes (comparé au milliard de 2005) devraient vivre dans des régions où l'eau est un bien rare ou manquant. Les pays et, parmi eux, les communautés les plus pauvres de la planète sont les plus vulnérables à une gestion inappropriée des ressources en eau.

L'Association internationale de développement, le guichet de la Banque mondiale destiné aux pays les plus pauvres, a un rôle unique à jouer par sa coopération entre les secteurs, les institutions et les pays impliqués dans la gestion des ressources en eau.

• Alors que la population mondiale a triplé au cours du 20ème siècle, l'utilisation d'eau a été multipliée par six.

**Graph. 1 La rareté de l'eau**

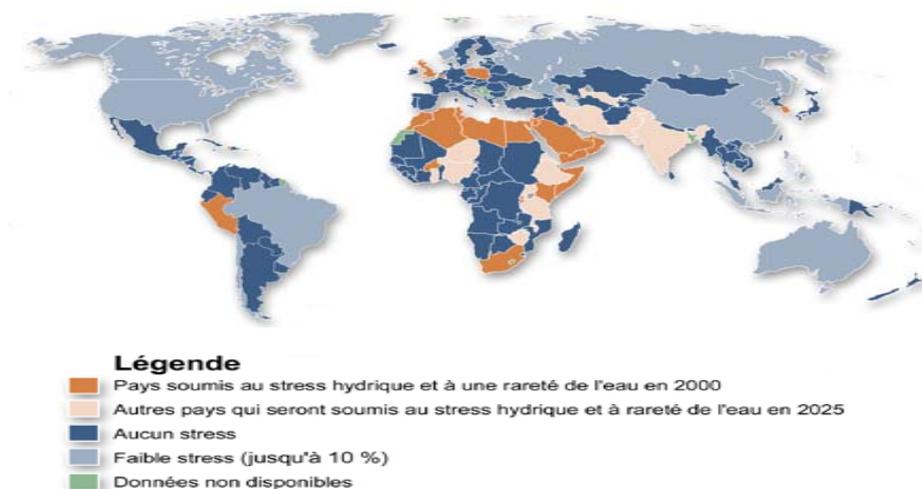


■ Un déficit si la proportion des ressources en eau est inférieure à la proportion de la population mondiale qui s'y trouve

■ Un Surplus si la proportion des ressources en eau est supérieure à la proportion de la population mondiale qui s'y trouve

Source: Environnement Canada 2004

**Graph.2 Répartition des réserves en eau dans le monde**



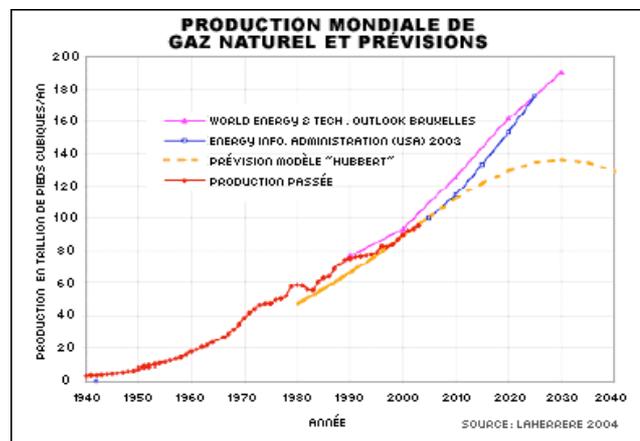
Source : Environnement Canada 2004

## II L'ENERGIE DANS LE MONDE

Les graphiques ci dessous permettent d'apprécier la situation énergétique mondiale du point de vue de l'offre et de la demande :

### II.1 Offre d'énergie

**Graph.3** Production du pétrole et de gaz dans le monde

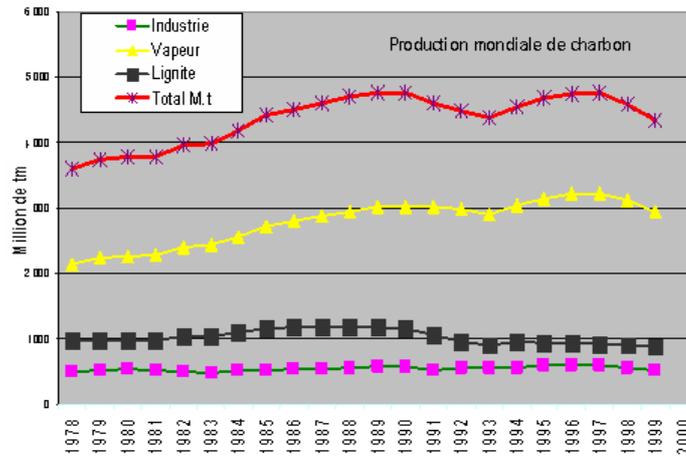


D'après les graphiques précédents, nous pouvons constater que la production a augmenté de façon soutenue jusqu'à la seconde guerre mondiale de 1945-1973 : L'abondance, de 1973-1985 : les crises pétrolières, 1986-2006 : Le retour au gaspillage.

Par ailleurs, pour le gaz naturel, La production mondiale totale en 2008 est de 2500 milliards de mètres cubes .Une croissance plus élevée que sur la période 1990-2000. Bien que la production ait augmenté dans toutes les régions, la croissance la plus rapide a été enregistrée au Moyen-Orient et en Afrique.

Une hausse de la production de gaz naturel dans le monde est prévisible d'après toutes les estimations

**Graph.4** Production du Charbon dans le monde

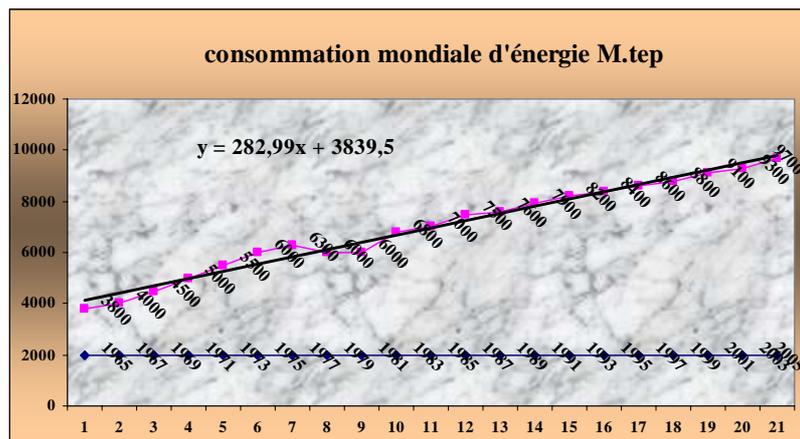


- la production en 1989 est de 4765 Mt
- la production en 1999 à 4345 Mt (3322 Mtep) .en 2008 elle de 4500Mt
- Le charbon qui fournissait 40% des besoins de la planète en 1973, ne contribue plus que pour 25% .
- De 1965 à 1989 la consommation de charbon croit de 1,8 % par an ( 3% pour le total énergie) et de 1989 à 2000 elle décroît de 0,4 % par an.

## II.2 Consommation d'énergie

Le graphique ci dessous représente la consommation globale depuis 1965, et montre une augmentation significative

**Graph.5** Consommation mondiale d'énergie M. Tep

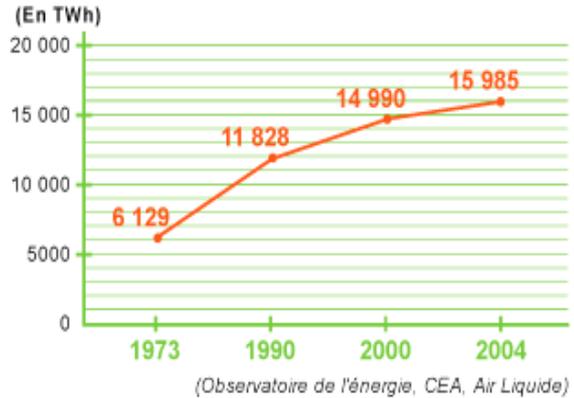
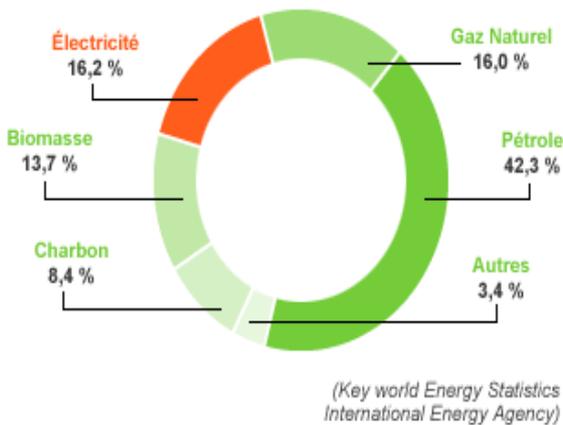


Il faut noter par ailleurs que la consommation intérieure brute d'énergie par habitant a considérablement augmenté au niveau mondial au XX<sup>e</sup> siècle, passant de 0,57 tep/habitant en 1900 à 1,47 tep/habitant en 1997

### II.3 La consommation d'électricité dans le monde

Nous illustrons dans les graphiques suivants la part de la consommation d'électricité dans la consommation finale de l'énergie

**Graph.6 Part de l'électricité dans la consommation totale d'énergie**



Si on considère la consommation d'énergie mondiale estimée à **7 644 Mtep** en 2004, **L'électricité ne représente que 16% de la** consommation d'énergie.

La consommation d'électricité dans le monde en 2004 est de **15985 TWh**. En 30 ans, elle a été presque multipliée par 3.

Nous pouvons voir dans le tableau ci dessous que l'**Amérique du Nord** est la principale zone de consommation d'électricité, suivie de l'**Extrême-Orient** et de l'**Europe**.

**Les États-Unis, la Chine, l'Union européenne et la Russie**, qui comptent parmi les plus vastes et plus peuplés pays du monde consomment plus de 60 % de l'électricité mondiale.

**Graph.7 Part de l'électricité dans la consommation totale d'énergie**

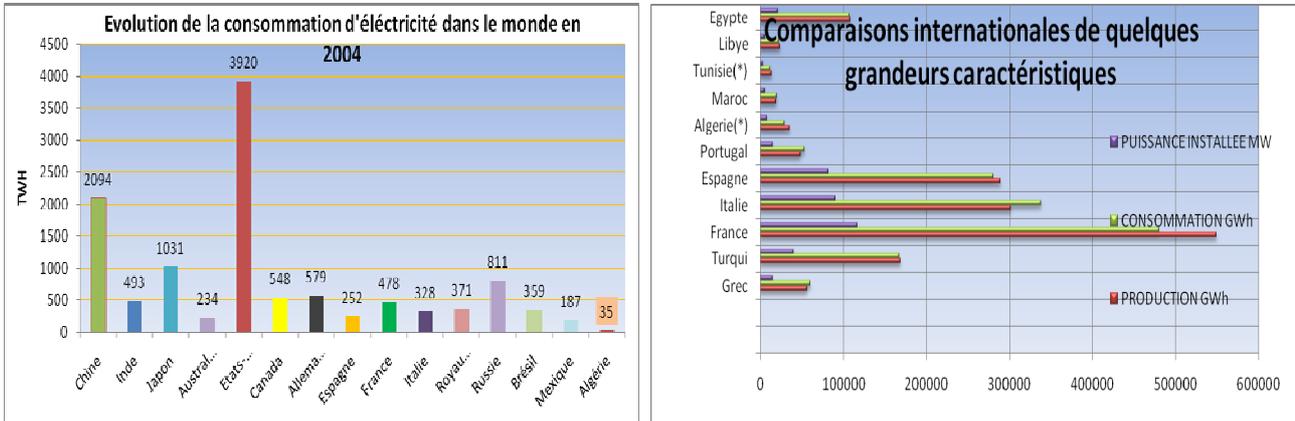
<b>En TWh</b>	<b>2004</b>	<b>%</b>
<b>Asie et Océanie (1)</b>	<b>5 663</b>	<b>35,42</b>
dont : Chine	2 094	
Inde	493	
Japon	1 031	
Australie	224	
<b>Amérique du Nord</b>	<b>4 468</b>	<b>27,95</b>
États-Unis	3 920	
Canada	548	
<b>Europe Ouest et Centre</b>	<b>3 311</b>	<b>20,73</b>
dont : Union Européenne (à 27)	3 063	
dont : Allemagne	579	
Espagne	252	
<b>France</b>	<b>478</b>	
Italie	328	
Royaume-Uni	371	
<b>CEI (2)</b>	<b>1 160</b>	<b>7,25</b>
dont : Russie	811	
<b>Amérique Centre et Sud</b>	<b>906</b>	<b>5,67</b>
dont : Brésil	359	
Mexique	187	
<b>Afrique</b>	<b>477</b>	<b>2,98</b>
dont : Algérie	35	
<b>Monde</b>	<b>15 985</b>	<b>100,0</b>

Source: Key world energy(ergy)

Une comparaison de la consommation d'électricité entre les différents pays (voir graphe ci dessous) permet de constater que les Etats-Unis consomment deux fois plus que l'Europe pour un niveau de vie à peu près équivalent. Reflet d'une société de gaspillage, le poids moyen d'une voiture aux Etats-Unis

est de 3 tonnes contre 1,3 tonnes en France. L'Algérie représente une part infime par rapport aux consommations des autres pays (35 Twh en 2004)

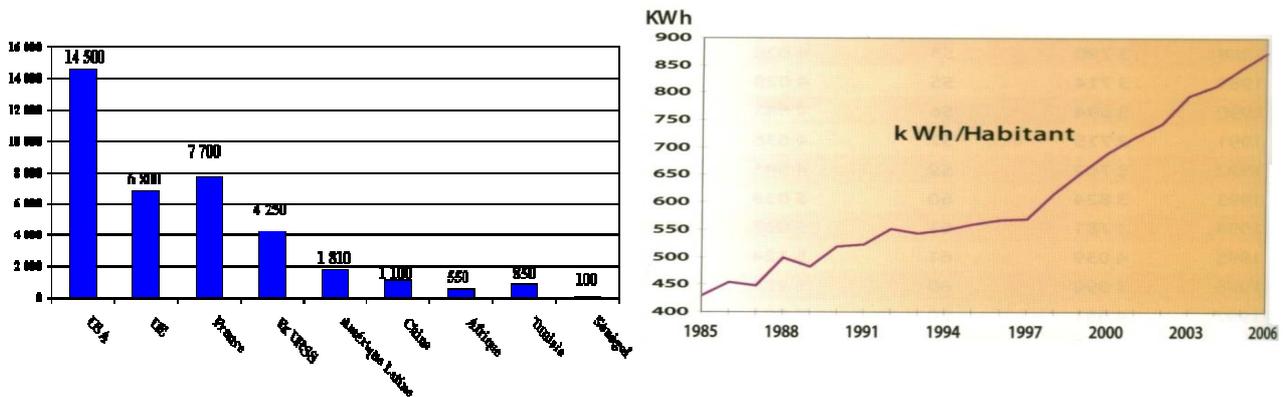
Graph8. Evolution de la consommation dans le monde



Source : GRTE

La consommation d'électricité exprimée en kwh / habitant permet de constater la forte corrélation entre consommation d'électricité et niveau de développement. L'algerien a consommé en 2006, 1000 kwh, à comparer avec un américain qui consomme 14500 kwh

Graph 9. Consommation moyenne d'électricité KWh/habitant.an



Source : Consommation moyenne d'électricité KWh/habitant.an (Denis Chamonin, 2003)

En ce qui concerne la consommation moyenne d'électricité KWh /habitant.an de L'Algérie , elle est de l'ordre de 1000 KWh/hab en 2006.

### **III. ETATS DES LIEUX**

#### **III.1 . BILAN GLOBAL DE L'ALGERIE**

##### ***III.1.1. Analyse historique de l'énergie électrique***

L'électricité occupe une place centrale dans les systèmes énergétiques modernes par la multiplicité de ses usages et par la flexibilité des sources d'énergie primaire utilisables

La production d'électricité en Algérie a progressé de 40% en 10 ans. La quasi-totalité du territoire algérien est électrifié pour les besoins d'électrification, plus de 36 entreprises publiques locales et une entreprise nationale spécialisée dans l'électrification du monde rural (kahrif). Plus de 4,5 millions de ménages sont abonnés au réseau électrique de SONELGAZ.

La consommation d'électricité a augmenté durant les dernières années de 4% par an. La consommation d'électricité haute tension et moyenne tension a augmenté en une décennie respectivement de 24% et 29%.

Le secteur des hydrocarbures est le plus gros consommateur d'électricité avec une part de 47% de la consommation haute tension, suivi par le secteur des matériaux de construction avec une part de 24% et le secteur des industries sidérurgiques, métallurgiques, mécaniques et électriques avec une part de 21%.

Les investissements globaux pour la période de 2000-2010 sont estimés à hauteur de 10 milliards LISD dont 48% seront assurés par des financements privés alors que les dotations budgétaires ne dépasseront pas les 11%.

La libéralisation du secteur de l'industrie électrique en Europe offre incontestablement des Opportunités à l'Algérie pour passer de pays exportateur de l'énergie primaire à celui d'exportateur de l'énergie finale (électricité générée du gaz).

La consommation de l'électricité a connu une évolution de 5,3% au cours du premier semestre 2002 par rapport à la même période de l'année 2001 pour se situer à 11,2 TWH. Le nombre total d'abonnés à fin juin est de 4 805 704. Quant à l'électrification rurale, les réalisations du premier semestre 2002 sont de 2032 km de réseau pour l'alimentation de 18 889 foyers. La participation du secteur privé dans le domaine de la réalisation d'infrastructures électriques compte 530 entreprises qui emploient 3085 agents et ont réalisé un chiffre d'affaires de 1450 millions de dinars.

Les enjeux prospectifs et les potentiels d'ajustement futurs sont considérables. Ils concernent du côté de l'offre les choix technologiques pour le renouvellement du parc:

L'influence du progrès technologique et la part des combustibles fossiles (cycles combinés à gaz), le développement de la production électrique d'origine renouvelable, le niveau des contraintes environnementales, le développement de la séquestration et du stockage du CO2.

Du côté de la demande, ces enjeux concernent principalement les options d'économies d'énergie, et la compétitivité de l'électricité par rapport aux autres sources d'énergie dans les secteurs de demande (notamment pour le chauffage, les procédés industriels et le transport).

La modélisation prospective peut permettre l'analyse intégrée de ces différents enjeux.

### **III.1.2 Analyse historique des hydrocarbures**

#### **Des Potentialités Énormes**

L'Algérie est un pays riche en hydrocarbures. Son domaine minier qui s'étend sur 1.488.717 km<sup>2</sup> demeure largement sous-exploité. Ses réserves prouvées, (en hydrocarbures) de l'ordre de 45 milliards de barils en équivalent pétrole, et sa position géographique lui confèrent un rôle déterminant dans l'approvisionnement énergétique de l'union européenne deux gazoducs relient déjà L'Algérie à l'Italie et à l'Espagne, un troisième est en cours de réalisation. Après le gaz, l'électricité produite en Algérie dans le cadre d'un méga projet de centrale électrique d'une puissance de 2000 MW alimentera bientôt des foyers européens.

La compagnie nationale algérienne SONATRACH dispose du monopole dans le domaine des hydrocarbures. Toutefois, SONATRACH a la possibilité depuis plusieurs années de s'associer avec des sociétés étrangères dans le cadre de contrats ou de joint venture pour la conduite de ses activités "up-stream" et "down-stream". L'investissement dans ce secteur est en fort développement.

Les provinces pétrolières quatre grandes régions sont productrices :

- L'Est de Sahara possède des gisements connus de pétrole et de gaz, et recèle encore un bon potentiel de découvertes;
- Le centre de Sahara est considéré comme gazéifier (agissements d'importance variable) mais où de récentes découvertes de pétrole permettent d'espérer d'autres développements
- L'Ouest du Sahara est surtout considéré à gaz, mais ses ressources demeurent pratiquement inconnues ;
- Dans le Nord de l'Algérie, malgré des découvertes de pétrole et de gaz de petite taille, le potentiel pétrolier n'a pas encore été révélé du fait d'une géologie complexe.

Des réserves encore sous-exploitées:

Avec un volume initial de 16 milliards de mètres cubes équivalent pétrole découvert depuis 1948, date de la première découverte commerciale à Oued Guétérini au Sud de l'Algérie, l'Algérie occupe le troisième rang parmi les pays producteurs de pétrole en Afrique et le douzième rang dans le monde.

L'Algérie dispose de réserves conséquentes estimées à un minimum de 45 milliards de barils équivalent pétrole.

\* les réserves en hydrocarbures découvertes en Algérie à ce jour sont renfermées dans un peu plus de 200 gisements de pétrole et de gaz :

- 73 sont situés dans le bassin d'Illizi;
- 57 dans les bassins du Sahara central;
- 34 dans les bassins de Ghadamés-Rhourds Nouss;
- 31 dans le bassin de Oued Mya.

\* Sur les réserves initiales en place prouvées d'environ dix milliards de mètres cubes d'hydrocarbures liquides, seuls 25% d'entre elles sont considérées récupérables.

### Infrastructures pétrolières et gazières

Algérie s'est dotée d'importantes infrastructures et de grandes capacités de production.

Une politique ambitieuse de développement dans le domaine des hydrocarbures a contribué à la création d'une base économique solide. Une importante industrie pétrochimique, chimique et plastique a été mise en place. Cette industrie est étatique.

Implanté dans les différentes régions du pays, ce tissu industriel a permis la valorisation de nombreuses ressources naturelles et a engendré l'expansion de multiples autres activités économiques en amont et en aval de cette industrie.

Le raffinage du pétrole occupe une place prépondérante dans le secteur industriel. Un réseau dense de distribution de carburant, de gaz et d'électricité couvre l'ensemble du territoire national. Deux gazoducs relient le Sahara à l'Europe, en traversant la Méditerranée, entre la Tunisie et l'Italie pour l'un, le Maroc et l'Espagne pour l'autre.

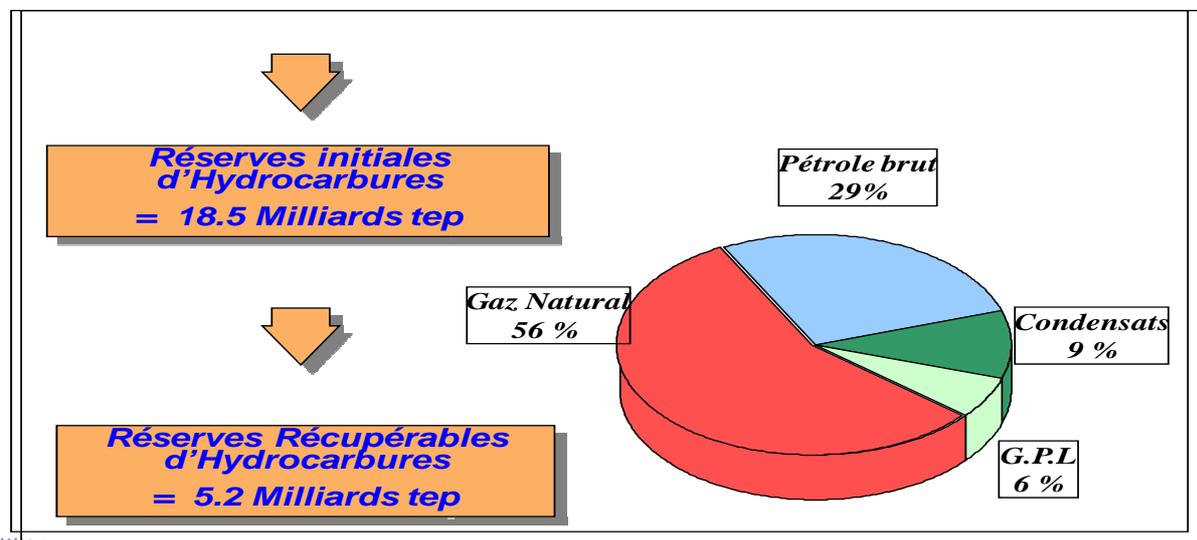
Le réseau de transport de SONATRACH est évalué à un peu plus de 13 000 km, répartis en 14 oléoducs et 11 gazoducs totalisant respectivement 5 773 km et 7 419 km.

La capacité de transport du réseau canalisation de SONATRACH au Nord de l'Afrique est de l'ordre de 101,32 milliards de m<sup>3</sup> de gaz, de 12,52 millions de tonnes de GPL et de 79,44 millions de tonne de brut et de condensat.

Les graphiques suivants montrent le niveau de réserves en Algérie, ainsi que l'évolution de la production de 1958 jusqu'en 2009.

**Graph10.** Réserves d'Hydrocarbures

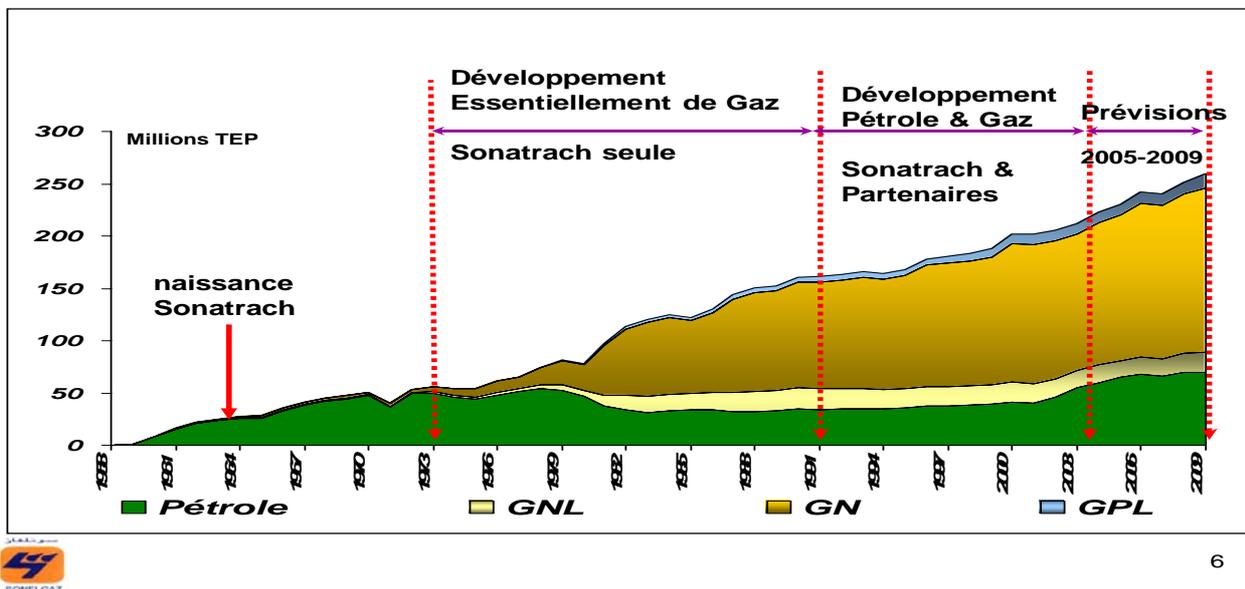
### Réserves d'Hydrocarbures



5

ONS

## Production d' Hydrocarbures

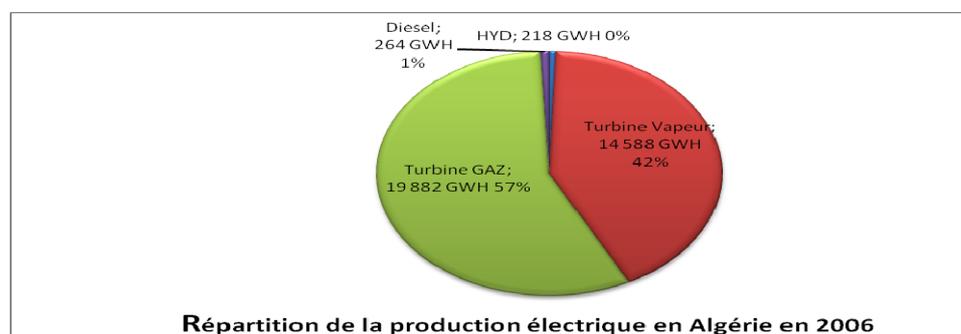


### III.2 ELECTRICITE EN ALGERIE

La description du parc électrique existant s'appuie sur les données collectées du gestionnaire de réseau transport électrique (GRTE) .

Un panorama global du secteur électrique permet de mettre en évidence les caractéristiques principales de l'offre d'électricité en Algérie à travers les parts relatives des différents modes de production.

Graph.11 Répartition de la production électrique en Algérie



Source: GRTE

Avec une production effective de 35 TWh et plus de 245.000 kms de réseaux de distribution, le taux de couverture des besoins du pays en électricité est de 95%. Plus de 5,6 millions de clients sont abonnés au réseau de la Société par Actions SONELGAZ. Son parc de production totalise une puissance installée de plus de 7000 MW dont 259 MW pour la filière hydraulique et 306 MW pour les réseaux isolés du sud.

L'essentiel de la puissance est issue à 92% des turbines vapeur et turbines à gaz.

La part de Sonelgaz est de 80%. Celle des producteurs indépendants (IPP) est de 14,1% et celle des auto producteurs est de 5,9%.

La production nette Sonelgaz était de 1134 GWH en 1962 et a atteint 34 922 GWH en 2006 et plus de 35 TWH en 2007.

### **III.2.1 Description des différents moyens de production d'électricité en Algérie**

#### **a) Centrales thermiques**

**Le thermique est le premier contributeur à la production électrique en Algérie.**

La capacité installée de 2740MW concernant les turbines à vapeur et 3576 MW pour les turbines à Gaz soit un total thermique de 6316MW se répartit en 31 sites sur toute l'étendue du territoire.

Le thermique vapeur prédominait au cours des années 1990, il a été renforcé par la mise en service de cinq(05) nouveaux groupes :

Centrale de Marsat El Hadjadj : 02 groupes de 168 MW un en 1990 et le second en 1991.

Centrale de Jijel 03 groupes de 196 MW chacun a été mis en service respectivement en 1993 ,1993 et 1994.

Turbines vapeur Parc au « 31/12/2006 »	Puissance MW	Turbines Vapeur		
		Taille des groupes	Nature du combustible	Dates de mise En service
RAVIN BLAN	133	1 X 60	GAZ NATUREL	29/05/1965
		1 X 73	GAZ NATUREL	02/06/1973
ALGER PORT	120	1 X 60	GAZ NATUREL	26/01/1961
		1 X 60	GAZ NATUREL	01/08/1961
ANNABA	125	1 X 52	GAZ NATUREL	01/06/1973
		1 X 73	GAZ NATUREL	07/07/1972
SKIKDA	262	1 X 131	GAZ NATUREL	31/07/1975
		1 X 131	GAZ NATUREL	27/12/1975
MARSAT EL HADJADJ	840	1 X 168	GAZ NATUREL	22/11/1982
		1 X 168	GAZ NATUREL	30/05/1983
		1 X 168	GAZ NATUREL	11/11/1983
		1 X 168	GAZ NATUREL	17/11/1990
RAS DJINET	672	1 X 168	GAZ NATUREL	05/08/1991
		1 X 168	GAZ NATUREL	17/06/1986
		1 X 168	GAZ NATUREL	17/09/1986
		1 X 168	GAZ NATUREL	29/11/1986

		1 X 168	GAZ NATUREL	21/02/1987
JIJEL	588	1 X 196	GAZ NATUREL	06/06/1992
		1 X 196	GAZ NATUREL	01/06/1993
		1 X 196	GAZ NATUREL	07/02/1994
TOTAL	2740			

**Le parc des turbines à GAZ** s'est développé à partir de 2002 avec la mise en service des centrales Centrale de Hamma : Deux (02) groupes de 209 MW le premier a été mis en service le 12/02 /2002 et le second le 28/08/2002.

Centrale de Fkirina : Deux (02) groupes de 209 MW le premier a été mis en service en Septembre 2004 et le second en Octobre 2004.

Un groupe de 123MW à Hassi Messaoud Ouest le 27/08/2003.

Turbines à GAZ Parc au « 31/12/2006 »	Turbines GAZ			
	Puissance MW	Taille des groupes	Nature du combustible	Dates de mise En service
ALGER HAMMA 1	40	1 X 20	GAZ NATUREL	19/09/1972
		1 X 20	GAZ NATUREL	16/08/1972
ALGER HAMMA 2	418	1 X 209	GAZ NATUREL	12/02/2002
		1 X 209	GAZ NATUREL	28/08/2002
BOUFARIK	96	1 X 24	GAZ NATUREL	16/12/1977
		3 X 24	GAZ NATUREL	1978
BAB EZZOUAR	108	4 X 27	GAZ NATUREL	1978
M'SILA 1	322	14 X 23	GAZ NATUREL	81/82/83/85/86
M'SILA 2	300	3 X 100	GAZ NATUREL	88/89/90
TIARET 1	120	4 X 30	GAZ NATUREL	1978
TIARET 2	300	3 X 100	GAZ NATUREL	88/89
ANNABA	15	1 X 15	GAZ NATUREL	15/04/1987
BECHAR 1	24	4 X 6	GAZ NATUREL	1981
HASSI R'MEL NORD	88	4 X 22	GAZ NATUREL	1978
HASSI MESSA NORD 1	120	5 X 24	GAZ NATUREL	1978/1979
HASSI MESSA NORD 2	200	2 X 100	GAZ NATUREL	1988
HASSI MESSA SUD	72	1 X 16	GAZ NATUREL	15/05/1973
		1 X 16	GAZ NATUREL	10/10/1973
		1 X 20	GAZ NATUREL	27/05/1975
		1 X 20	GAZ NATUREL	02/03/1975
HASSI MESSAOUD OUEST	492	1 X 123	GAZ NATUREL	23/08/1999
		1 X 123	GAZ NATUREL	19/10/1999
		1 X 123	GAZ NATUREL	14/12/1999
		1 X 123	GAZ NATUREL	27/08/2003
HAOUD EL HAMRA	22	2 X 6	GAZ NATUREL	1960
		2 x 5	GAZ NATUREL	1960
IN SALAH	7	2 x 3.5	GAZ NATUREL	déc-81
GHARDAIA	17	1 x 8.5	GAZ NATUREL	11/12/1972
		1 x 8.5	GAZ NATUREL	29/01/1973
TILGHEMT	200	1 x 100	GAZ NATUREL	18/06/1988

		1 x 100	GAZ NATUREL	25/06/1988
ADRAR	100	4 x 25	GAZ NATUREL	1995/1996
F'KIRNA	292	1 x 146.2	GAZ NATUREL	sept-04
		1 x 146.2	GAZ NATUREL	oct-04
TAMANRASSET	30	2 x 15	GAZ NATUREL	2005
ILLIZI	9	3 x 3	GAZ NATUREL	2005
NAAMA	184		GAZ NATUREL	2006
TOTAL	3576			

## b). Centrales Hydrauliques

La production hydraulique est directement liée à la pluviométrie et reflète l'effet de la sécheresse de ces dernières années. En 1985, cette production présentait près de 6% de la production totale elle représente moins de 1%

En 2006. La capacité totale installée est de 249 MW. La production annuelle des centrales hydrauliques dépend fortement du régime des précipitations.

Centrales	Puissance installée en MW	Date de mise en service
1.fil de l'eau		
1.1 région centre		
AHZEROUFTIS	-	-
GHOURIET	6.4	1949
IGHZER N'CHBEL	2.7	1936
ILLITEN	11.4	-
SOUK EL DJEMAA	8.1	1949
TIZI MEDEN	4.5	1948
TOTAL(1)	33.1	
2.fil irrigation		
2.1 Région centre		
GHRIB	7	1942
HAMIZ		1946
OUED FODDA		1941
2.2 Région ouest		
BOU HANIFIA		1949
TESSALA		1952
BENI BEHDEL		1948
TOTAL (2)	7	
3.Regularisées		
3.1 AGRIOUN		
DARGUINAH	70.2	1952
IGHIL EMDA	24	1952
3.2 DJEN DJEN		
ERRAGUENE	14.4	1962
MANSOURIAH	100	1963
TOTAL(3)	208.6	
TOTAL GENERAL	249	

### c) Centrales au fioul

La capacité totale installée de centrales au fioul est de 170MW et est relativement constante sur la période.

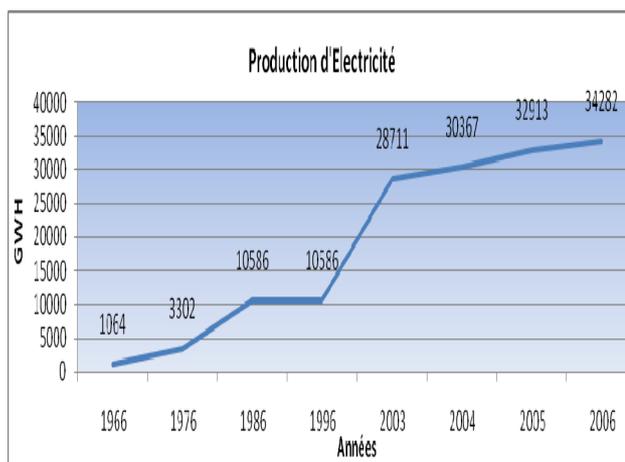
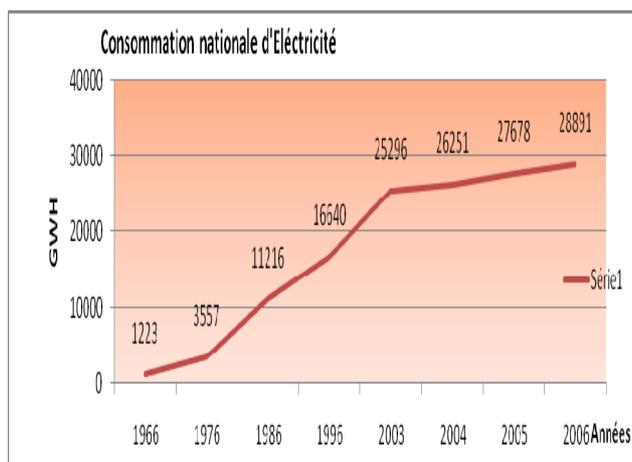
Diesel Parc au 31/12/2006	Puissance installée(MW)	Taille des groupes	Nature du combustible	Dates de mise en service
Bechar 2	40.0	5 X 8	Gaz Oil	1991
Timimoun	6.4	4 X 1.6	Gaz Oil	1983/1985/1989
Beni saf	9.5	5 X 1.9	Gaz Oil	1991/1992
Tindouf	28.1	11 X 1.9	Gaz Oil	91/92/93
		3 X 1.4	Gaz Oil	76/79/83
		2 X 1.5	Gaz Oil	80/84
Tamanrasset	15.6	5 X 1.6	Gaz Oil	83/83/84/85
		4 X 1.9	Gaz Oil	20/03/1991
In salah	9.3	1 X 1.5	Gaz Oil	83/84
		1 X 1.4	Gaz Oil	83/84
		4 X 1.6	Gaz Oil	83/84
El golea	20.8	4 X 1.6	Gaz Oil	82/83/85
		6 X 1.9	Gaz Oil	91/92/93
		2 X 1.5	Gaz Oil	1978/1984
Djanet	9.5	5 X 1.9	Gaz Oil	1993/1997
Illizi	3.8	2 X 1.9	Gaz Oil	1993/1996
<b>Sous Total</b>	<b>143</b>			
M'GUIDEN	0.57	3 X 0.19	Gaz Oil	60/69/91
TABALBALA	1.84	2 X 0.23	Gaz Oil	1976
		3 X 0.46	Gaz Oil	1976
BORDJ BADJI MOKHTAR	3.00	6 X 0.5	Gaz Oil	1976/1983
DEB DEB	1.08	2 X 0.54	Gaz Oil	1983/1990
BORDJ OMAR DRISS	2.07	3 X 0.23	Gaz Oil	1976/1977
		3 X 0.46	Gaz Oil	1976
BORDJ EL HOUES	0.91	4 X 0.07	Gaz Oil	82/83/84
		0.2	Gaz Oil	1994/1996
IDELES	2.00	4 X 0.07	Gaz Oil	1984/1991
IN GUEZZAM	1.69	1 X 0.23	Gaz Oil	1976/1977
		1 X 0.46	Gaz Oil	1976/1977/1983
		0 X 0.5	Gaz Oil	
BNOUD	1.00	2 X 0.5	Gaz Oil	1976
TALMINE	6.64	3 X 1.6	Gaz Oil	1983/1984
		4 X 0.46	Gaz Oil	1976/1977
AIN BELBEL	0.40	5 X 0.08	Gaz Oil	03/06/2001
AFRA	0.32	4 X 0.08	Gaz Oil	02/08/2001
TINZAOUINE	1.46	1 X 0.46	Gaz Oil	1976/1977
		2 X 0.5	Gaz Oil	
TINALKOUM	0.32	4 X 0.08	Gaz Oil	21/07/2002
SITE 1	1.52			
SITE 2	1.52			
SITE 3	1.14			
<b>Sous Total</b>	<b>27.48</b>			
<b>Total</b>	<b>170.48</b>			

### III.3 Consommation-Production d'électricité en Algérie

L'évolution de la consommation et de la production d'électricité en Algérie est présentée dans les graphiques suivants :

#### Graph12. Consommation et Production de l'électricité

Les graphes suivants illustrent la consommation et la production de l'électricité en Algérie depuis 1966



La consommation nationale d'énergie est passée de 6 millions de tonnes, équivalent pétrole (M.TEP) en 1970 à environ 37 M.TEP. En termes unitaires, elle est passée de 0,3 TEP/habitant en 1970 à quelque 1,1 TEP/habitant 2007, soit près d'un quadruplement en moins de 40ans. La consommation d'électricité a augmenté durant les dernières années de 4% par an.

La consommation de l'électricité a connu une évolution de 5,3% au cours du premier semestre 2002 par rapport à la même période de l'année 2001 pour se situer à 11,2 TWH. Le nombre total d'abonnés à fin juin est de 4 805 704. Quant à l'électrification rurale, les réalisations du premier semestre 2002 sont de 2032 km de réseau pour l'alimentation de 18 889 foyers. La participation du secteur privé dans le domaine de la réalisation d'infrastructures électriques compte 530 entreprises qui emploient 3085 agents et ont réalisé un chiffre d'affaires de 1450 millions de dinars.

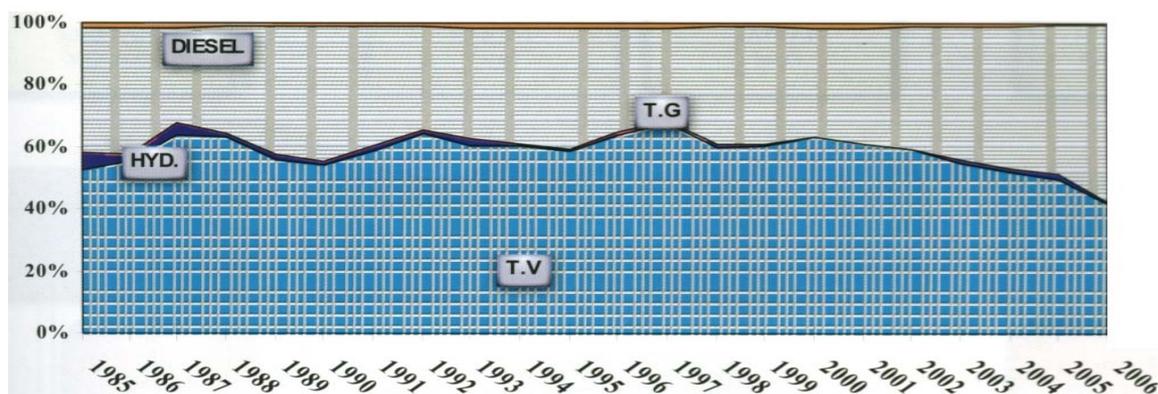
Par ailleurs, la production d'électricité en Algérie a progressé de 40% en 10 ans. On peut distinguer trois phases de croissance :

- De 1975 (3133GWH) à 1985 (11 222 GWH), la production s'est multipliée par 3,6.
- De 1985 (11 222 GWH), à 1996(20 216 GWH), le taux passe à 5,5%
- De 1996 (20 216 GWH), à 2006(34 922 GWH), le taux passe à 5,6%.

## Evolution de la structure de la Production Totale

La structure de la production d'électricité par type de centrale montre la dominance du thermique qui représente 92% de la production nationale. On peut constater aussi la baisse de la turbine Vapeur au détriment des turbines à gaz.

Graph13. Evolution de la structure de la Production Totale



Source: GRTE

## III.4 La puissance installée

La puissance installée nationale a atteint 7906 MW. La part de Sonelgaz est de 80%. Celle des producteurs indépendants (IPP) est de 14,1% et celle des auto producteurs est de 5,9%.

En 2006 le parc de Sonelgaz est composé de 41% ( 2740 MW)de Turbine à Vapeur de 53/0% (3576 MW) des Turbines à Gaz de 2% ( 170 MW)de Diesel et de 4%'249 MW) d'Hydraulique.

La puissance installée de Sonelgaz a plus que décuplé (évolution de 11,6 fois) sur les quatre dernières décennies.

En effet en 1962, elle était de 568 MW et atteint 7906 MW en 2006 soit un doublement tous les dix ans.

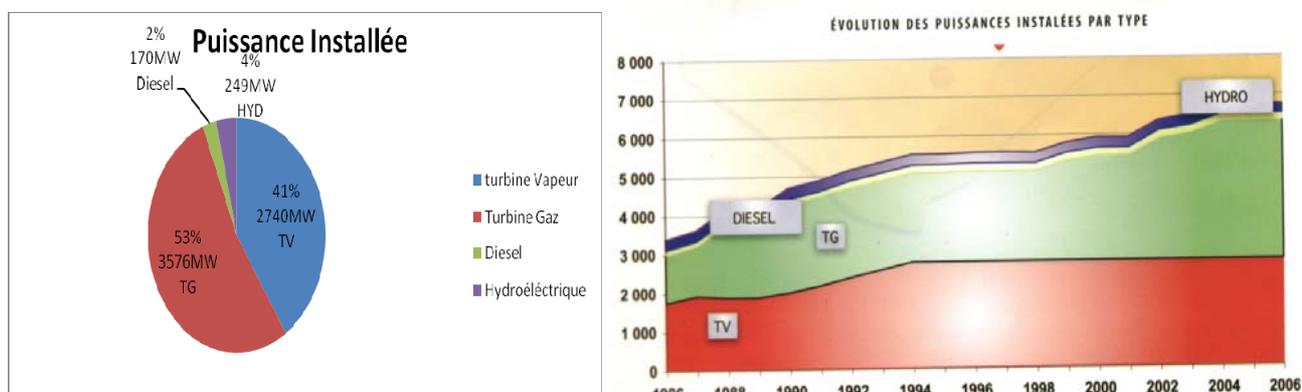
La taille des groupes de production est variable

**Pour les turbines à vapeur :** Le plus gros groupe est de 196MW, le plus petit est de 52MW.

**Pour les turbines à Gaz :** Le plus gros groupe est de 209MW, le plus petit est de 3,5MW.

**Pour le Diesel:** La taille des groupes varie entre 0,07MW à 8MW.

### Graph14. Puissance installée

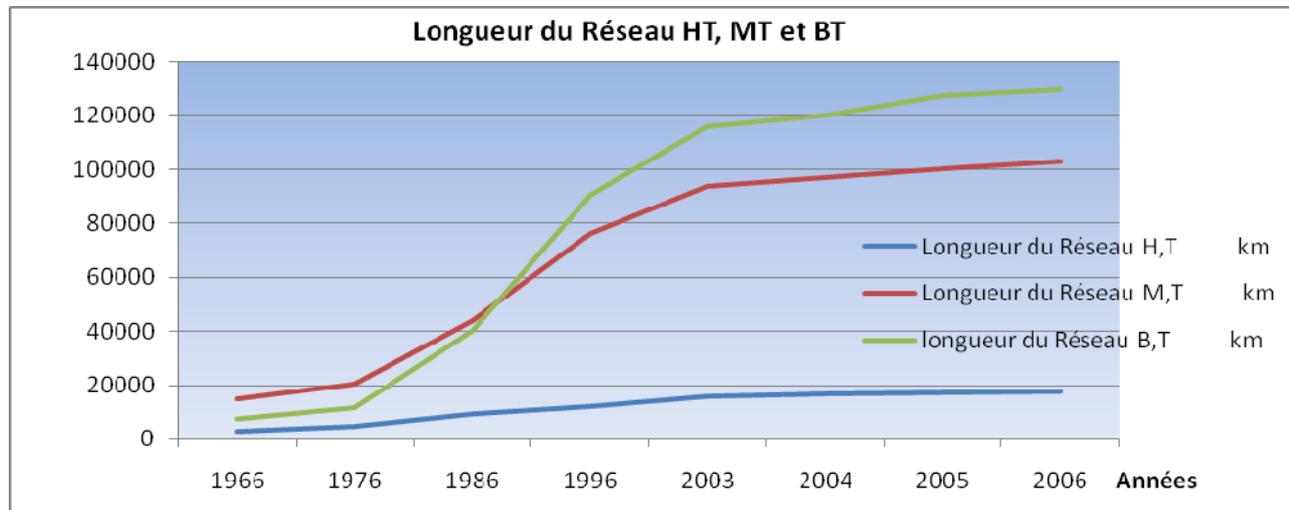


Source: GRTE

## III.5 Le réseau électrique en 2006: pertes et interconnexions

Le graphique suivant présente l'évolution de la taille du réseau électrique algérien en distinguant les différents niveaux de tensions

### Graph15. Longueur du réseau électrique



Source: GRTE

Le réseau électrique Algérien comptait en 2006 17443 Km de longueur de lignes de 60KV à 400KV. Il comprend un réseau de grand transport de 1186 Km (lignes 400kV) un réseau de de 8792 Km (lignes 225kV), un réseau de 69 Km (lignes 150kV), un réseau de 565 Km (lignes 90kV), un réseau de 6831 Km (lignes 60kV) un vaste réseau de distribution de 88 273 de Km dont 103 106 Km en Moyenne Tension et 130 048 Km en Basse Tension

Il a été réalisé sur la période 1986-2006 en moyenne 420 Km par an de ligne haute tension contre 360 Km par an durant la période 1966-2006.

Pour le réseau de distribution les réalisations moyennes sont respectivement de 7440Km/an durant la période 1966-2006.

La longueur du réseau de distribution est passée de 74 819 Km en 1985 à 233 154 Km en 2006 soit une multiplication par 3.

Les réseaux Basse Tension et Moyenne Tension ont été multipliés par 3,8 et 2,6 sur la période (1985-2006).

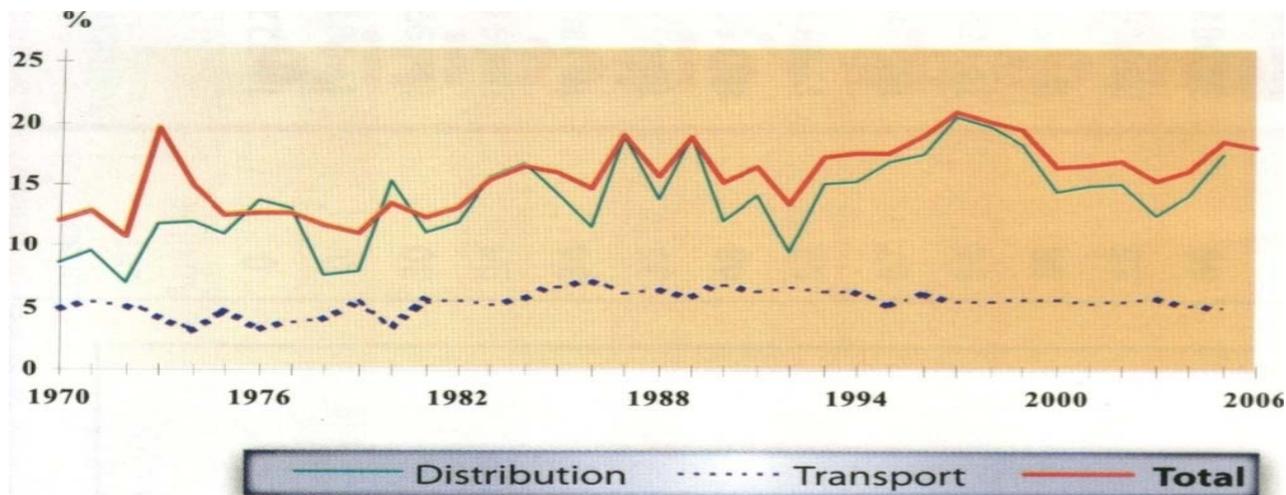
En 2006 le réseau MT est composé de 89% des lignes aériennes et près de 11% des lignes souterraines contre 91% des lignes aériennes et près de 9% des lignes souterraines en 1985. Le réseau BT est composé de 95% des lignes aériennes et près de 5% en 1985 contre 94% des lignes aériennes et près de 6% des lignes souterraines en 2006.

A l'interface entre les lignes, 473 transformateurs amènent la tension au niveau adéquat.

L'électricité se dissipe par effet joule à travers tous ces équipements. En 2006 les pertes sont selon la direction de statistique de Sonelgaz de 6295 GWH soit environ 18% de l'électricité totale produite.

Les pertes au niveau du transport rapportées à la production varient entre 4,8% en 2006 et 6,8% en 1985. nous pouvons constater que les pertes de distributions rapportées aux livraisons à la distribution varient entre 17% et 14,23% durant la même période

Graph16. Perte dans le réseau électrique



Source .GRTE

Les pertes rapportées à la production varient entre 18,02% et 15,93%.

Les échanges internationaux sont effectués sur le principe d'échange à bilan nul ce qui explique leur faible volume jusqu'en 1990. Le bilan s'accroît pour atteindre 1242 GWH en 1993. Il s'agit pour l'essentiel des ventes contractuelles avec les deux pays (Maroc et Tunisie).

Le réseau électrique Algérien est connecté au réseau Tunisien via quatre lignes et au réseau marocain via deux lignes:

- Interconnexion Algérie-Tunisie
- EL Aouinet- Tadjerouine en 90KV (1952)
- El Kala-Fernana en 90KV ( 1955)
- EL Aouinet- Tadjerouine en 220KV (1980)
- Djebel Onk- Metaloui en 150KV (1983)
- Interconnexion Algérie-Maroc
- Ghazaouet-Oujda en 220KV (1975)
- Tlemcen-Oujda en 220KV (1992)

### **III.5.1 VOLUME DES ECHANGES**

Jusqu'en 1991 les échanges d'énergie entre les trois pays portaient sur des volumes faibles le principe était d'effectuer des échanges sur la base de secours mutuel en cas d'incidents ou de situations perturbées dans l'un des réseaux ou alors des échanges programmés à bilans nuls en fin d'exercice et sans paiement.

A partir de 1991, les déficits en énergie des pays voisins étant devenus plus importants, Sonelgaz est passée à une phase d'échanges sur des bases commerciales avec une facturation en devises.

Trois contrats ont été signés avec l'office national d'électricité ONE du Maroc, le dernier contrat a été signé en février 1993.

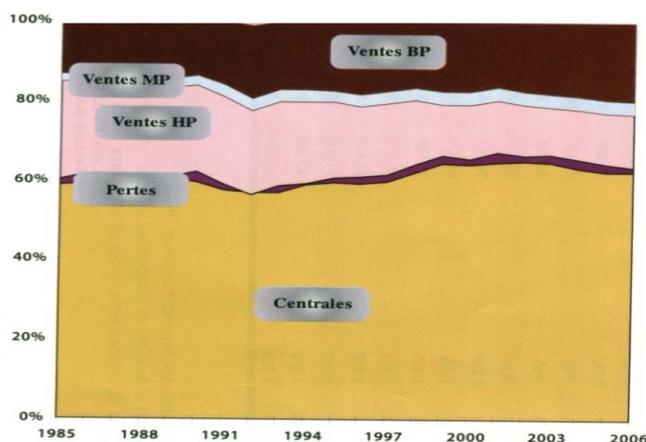
Un contrat de fourniture d'énergie a été également signé par la société tunisienne d'électricité et de Gaz STEG pour les années 1993 et 1994.

ANNEES	SOLDE DES EGHANGES GWH	AVEC LA TUNISIE	AVEC LE MAROC
1991	- 662,7	- 21	- 614,7
1992	- 927,7	4,4	- 932,1
1993	- 1241,3	- 214,6	- 1026,7
1994	- 1123,6	- 330,6	- 793
1995	- 273,9	- 30,9	- 243
1996	- 142,7	- 14,9	- 127,8
1997	- 0,9	- 7,3	- 6,4
1998	- 8	4	- 11
1999	- 35,3	- 1,5	- 33,8
2000	- 96,2	- 1,2	- 95
2001	14,6	- 7,5	22,1
2002	- 21,8	58,8	- 80,6
2003	11,7	- 5,3	17
2004	14,1	- 5,4	19,5
2005	- 27,3	2,8	- 30,1
2006	- 28,8	- 5,4	- 23,4

### III.6 Le Gaz Naturel

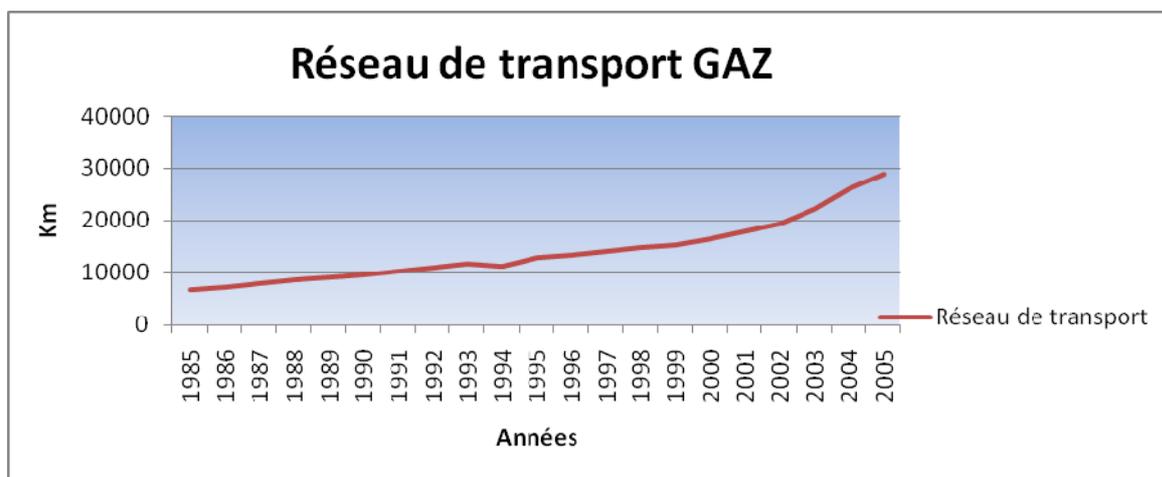
La consommation du gaz naturel du marché intérieur a connu une forte croissance avec un taux moyen de 7% par an durant la période 2000-2006. Par ailleurs il y a lieu de signaler la desserte de 365 localités pour le raccordement de 600 000 foyers. Le nombre d'abonnés en 2006 a atteint 2,2 millions permettant ainsi de porter le taux de raccordement à 37% contre 29% en 2000.

Graph. 17 Ventes du Gaz Naturel



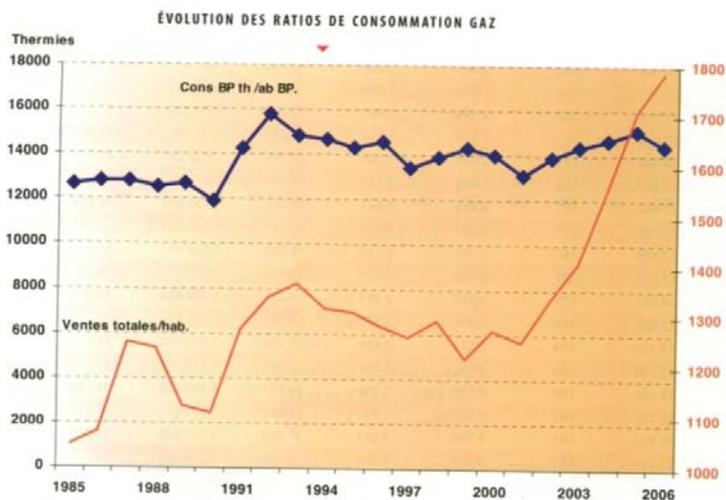
Source GRTE

Graph. 18 Longueur du réseau Gaz



Source :GRTE

Graph. 18 Evolution des ratios de consommation Gaz



Source GRTE

Les ventes toute pression confondue ( HP,MP,BP) ont été multipliées par 2,6 sur la période 1985-2006 et ont atteint un volume de 58 552 millions de thermie .

TX %	Vente HP	Vente MP	Vente BP	TOTAL
1976-1985	13,4	13,5	14,6	13,8
1985-1996	1,4	9,6	7,7	4,4
1996-2006	2,7	6,1	6,3	4,8

La structure des ventes par niveau de pression s'est fortement modifiée avec un recentrage au profit de la basse pression.

Années	1985	1990	1996	2000	2003	2004	2005	2006
HP	62,0	57,4	45,3	40,2	36,1	36,6	36,2	37,1
MP	4,3	5,9	7,4	8,7	9,3	9,0	8,6	8,4
BP	33,6	36,7	47,3	51,0	54,6	54,4	55,2	54,4
Total	100	100	100	100	100	100	100	100

Les achats de Gaz naturel ont connu un accroissement annuel moyen de 4,6% sur la période (1985-1996) et un accroissement annuel moyen de 5,5% sur la période (1996-2006) soit un accroissement annuel de 5 % sur la période (1985-2006).

Ils représentent environ un volume de 17 Milliard de m<sup>3</sup> en 2006 contre 10 Milliard de m<sup>3</sup> en 1996.  
La structure en % de la livraison en Gaz est la suivante.

Années	1985	1990	1994	1996	2000	2003	2004	2005	2006
CE	58,8	59,8	59,1	59,5	64,4	64,9	63,4	62,7	62,5
HP	24,7	21,8	20,4	17,6	13,8	12,0	12,6	12,9	13,5
DP	16,6	18,5	20,4	22,9	21,8	23,1	24,0	24,5	23,9
Total%	100	100	100	100	100	100	100	100	100

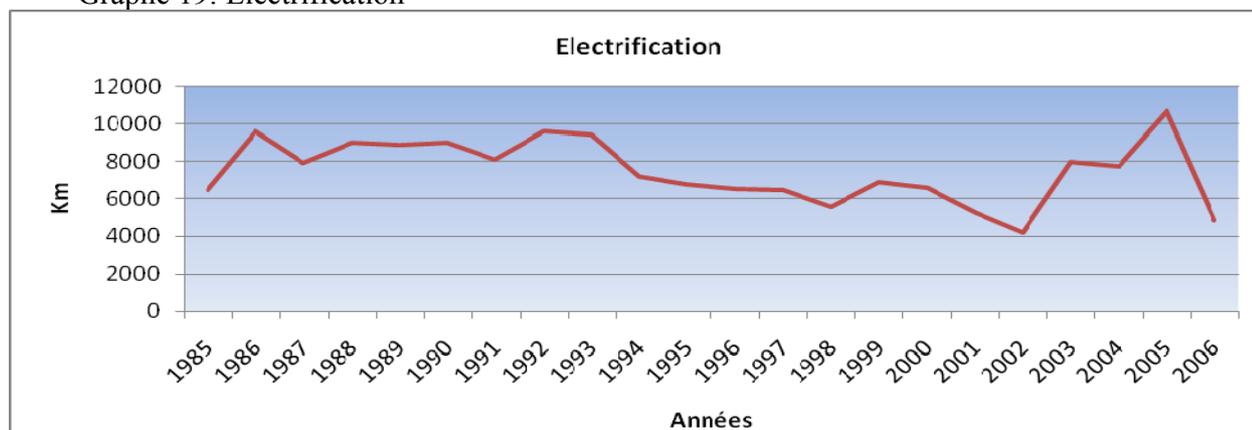
**La consommation des centrales thermiques représente près de 62,5% des achats à Sonatrach, les ventes à la clientèle Haute pression et à la distribution publique représentent respectivement 13,5% et 24% environ en 2006.**

La structure en % des livraisons aux distributions publiques est la suivante

Années	1985	1990	1994	1996	2000	2003	2004	2005	2006
Moyenne Pression	10	12	14	13	14	13	13	12	13
Basse Pression	81	75	85	80	80	78	77	79	82
Perte Distribution	9	13	1	7	6	9	10	8	5
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100

### III.7 ELECTRIFICATION

Graphe 19: Electrification



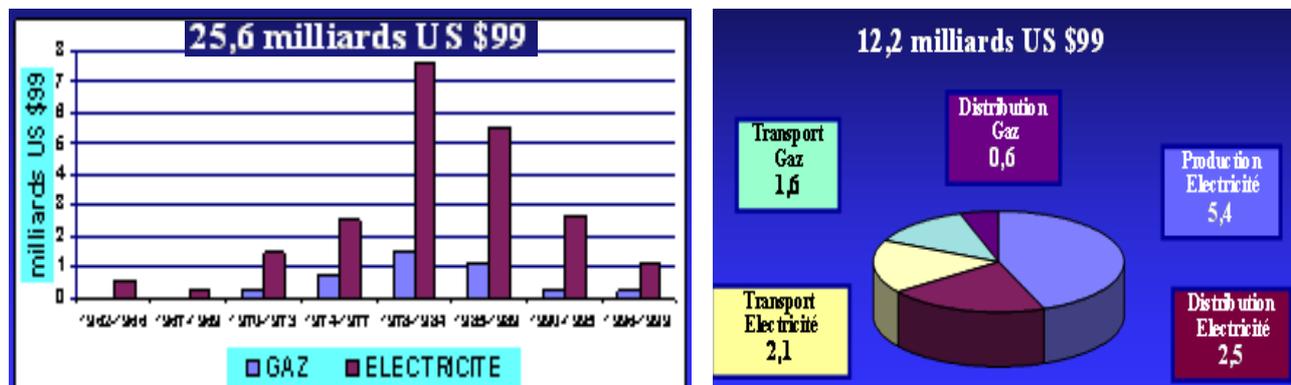
Source

GRTE

La production d'électricité en Algérie a progressé de 40% en 10 ans. La quasi-totalité du territoire algérien est électrifié pour les besoins d'électrification, plus de 36 entreprises publiques locales et une entreprise nationale spécialisée dans l'électrification du monde rural (kahrif). Plus de 4,5 millions de

ménages sont abonnés au réseau électrique de SONELGAZ. , le pays jouit aujourd'hui d'une électrification quasi-totale.

Graphe 20: Investissement



Source

GRTE

### III.8 Impact environnemental

Pour la production électrique, les installations thermiques sont des sources d'émission de gaz à effet de serre.

- Émission du gaz à effet de serre
  - Les émissions de GES sont dues essentiellement du Secteur des activité énergétiques avec 70%
    - Les gaz émis sont: 66,8% CO<sub>2</sub>, 24,8% CH<sub>4</sub>, 8,4%NO<sub>x</sub>,
    - En Algérie les émissions en CO<sub>2</sub> en 2004 ont été estimées à 77,34 Millions de tonnes soit 2,3 tonne/habitant
- Effets:
  - Sur la santé
  - Sur l'agriculture
  - Sur les ressources d'eau
- Politique environnementale
  - L'introduction du cycle combiné dans la nouvelle génération des centrales électriques
  - Amélioration des performances de transport et de la Distribution de l'énergie électrique en minimisant les pertes
  - L'amélioration du stockage, du transport et de la Distribution du gaz
  - La promotion des énergies renouvelables
  - La promotion des appareils économes d'énergie
  - L'élaboration des textes règlementaires sur la thermique des bâtiments, l'étiquetage des appareils

## IV. NOUVELLE VISION DE LA STRATEGIE ENERGETIQUE A L'HORIZON 2050

Le paysage énergétique national a connu une évolution notable, ces deux dernières décennies. Ainsi, le pays jouit aujourd'hui d'une électrification quasi totale, ainsi que d'un taux de pénétration du gaz naturel parmi les plus élevés au monde. La consommation nationale d'énergie est passée de 6 millions de tonnes, équivalent pétrole (M.TEP) en 1970 à environ 37 M.TEP. En termes unitaires, elle est passée de 0,3 TEP/habitant en 1970 à quelque 1,1 TEP/habitant 2007, soit près d'un quadruplement en moins de 40 ans. Au plan qualitatif, l'utilisation de combustibles polluants ou ayant des impacts sur l'environnement et la santé (bois, charbon, fuel domestique, pétrole lampant) a pratiquement disparu, au profit de produits plus nobles, comme l'électricité, le gaz naturel et le GPL (butane et propane). **Cette évolution, louable en soi, soulève néanmoins des interrogations nouvelles, non seulement en termes de coûts pour la communauté nationale, mais aussi des questionnements quant à l'avenir.**

La forte croissance observée des besoins en énergie, satisfaits essentiellement par les hydrocarbures, constitue une préoccupation majeure qui a conduit à l'adaptation de la politique énergétique nationale, par la mise en place de cadres et d'institutions destinés à répondre à de tels défis, dans le but d'assurer de façon durable, l'adéquation entre la demande et l'offre nationales. Ainsi il a été mis en place :

- la loi relative à la maîtrise de l'énergie de 1999 ;
- la loi relative à l'électricité et la distribution du gaz naturel de 2002 ;

Loi n° 02-01 du 22 Dhou El Kaada 1422 correspondant au 5 février 2002 relative à l'électricité et à la distribution du gaz par canalisations.

- la loi sur les hydrocarbures de 2005, avec ses dispositions sur les prix sur le marché intérieur ;
- les diverses lois et réglementations visant à la promotion des énergies renouvelables ;
- le projet de loi nucléaire.

Des outils et des programmes ont été mis en œuvre, comme l'agence APRUE pour la maîtrise de l'énergie ou la société New Energy Algeria (NEAL) pour le développement des énergies renouvelables. L'objectif pour les deux prochaines décennies est de porter la part des énergies renouvelables à environ 10 % de la production nationale d'électricité. C'est dans cette perspective, que vient d'être lancé le premier projet d'une centrale hybride (gaz et solaire) utilisant la technologie thermo-solaire d'une capacité de 150MW à Hassi R'Mel. En matière d'économie d'énergie, outre le programme de l'APRUE, des mesures ont été proposées visant à rationaliser la consommation, par une politique tarifaire qui se veut fortement incitative, ou dissuasive, notamment en ce qui concerne le gas-oil. La démarche s'inscrit dans un contexte pétrolier et énergétique mondial dont les tendances de longue durée pourraient être ainsi définies.

Nous avons relevé la nécessité et l'urgence d'une stratégie d'avenir pour l'énergie en Algérie, en s'appuyant sur les données de l'état du monde en 2050. La perspective d'épuisement des réserves d'hydrocarbures va rendre inexorable l'augmentation des prix, car l'offre ne répondra pas à la demande. Il y aura par ailleurs, une tension sur l'eau, alors que la population du continent africain aura presque doublé. Il est estimé en conséquence, qu'à cette date, le pétrole ne sera plus un structurant de l'économie et que l'on assistera au développement des énergies renouvelables EnR (non carbonées) dont le prix de revient deviendra assez compétitif en raison aussi des impératifs de l'environnement.

L'énergie, l'eau et l'environnement sont étroitement liés. On distingue 5 sources d'énergie renouvelable La biomasse : constituée par le potentiel de la forêt, c'est l'énergie des pauvres avec un milliard d'utilisateurs. Le vent : des éoliennes alimentent des pompes à eau sur les Hauts Plateaux. Le soleil : le potentiel solaire est de 1 540 kWh/an. Des centaines de foyers sont alimentés en énergie solaire dans les régions isolées du Sud. La terre : il y a un potentiel en géothermie comme à Relizane. L'eau : hydroélectricité. A titre indicatif, la puissance installée de Sonelgaz en 2006 en électricité est de 7 900 MW alors que la puissance du grand barrage hydroélectrique des Trois-Gorges en Chine est de 18 000 MW. Aujourd'hui, la question est de savoir si l'on peut produire assez d'énergie en Algérie et consommer moins, car il faut assurer l'équilibre entre les besoins et les réserves qui sont limitées.

#### **IV.1 Stratégie Energétique De L'Algérie 2030-2050**

La forte croissance observée des besoins en énergie, satisfaits essentiellement par les hydrocarbures, constitue une préoccupation majeure qui a conduit à l'adaptation de la politique énergétique nationale, par la mise en place de cadres et d'institutions destinés à répondre à de tels défis, dans le but d'assurer de façon durable, l'adéquation entre la demande et l'offre nationales. La puissance installée de Sonelgaz en 2006 en électricité est de 7 906MW, la question est de savoir si l'on peut produire assez d'énergie en Algérie et consommer moins, car il faut assurer l'équilibre entre les besoins et les réserves qui sont limitées

##### **1 . Scénario Fil de L'Eau**

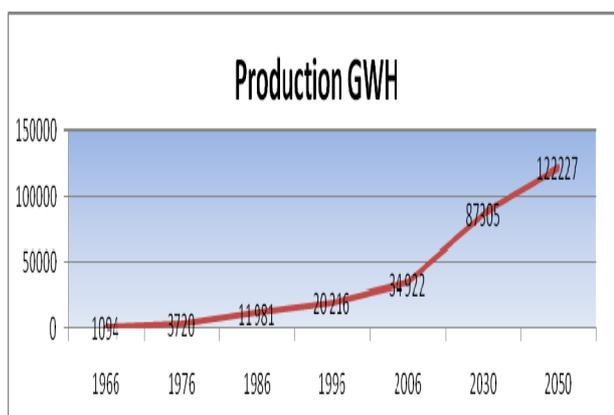
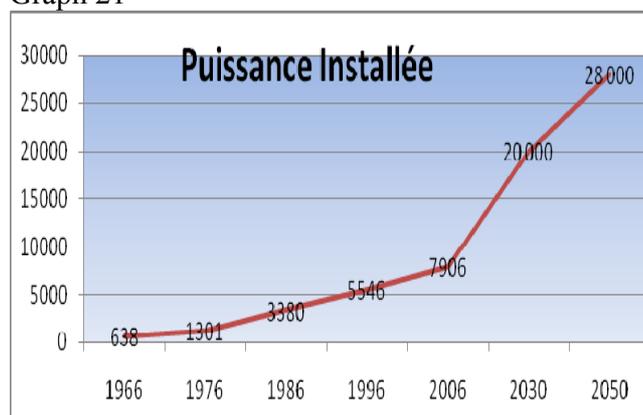
Afin d'étudier l'état des réserves énergétiques à l'horizon 2030-2050, les moyennes suivantes ont été estimées (Données 1966-2006):

- La consommation nationale d'énergie est passée de 6 millions de tonnes, équivalent pétrole (M.TEP) en 1970 à environ 37 M.TEP. En termes unitaires, elle est passée de 0,3 TEP/habitant en 1970 à quelque 1,1 TEP/habitant 2007, soit près d'un quadruplement en moins de 40ans. La consommation d'électricité a augmenté durant les dernières années de 4% par an. la demande en électricité devrait à long terme croître de 7% par année. La consommation sera près de 1,5TEP/habitant soit 67,5 MTEP en 2030 et 2 TEP/habitant soit 130 MTEP en 2050.
- Evolution annuelle de la consommation de l'électricité par habitant: 1000KWh/habitant
- Taux de croissance de la population: 1,21%
- Evolution annuelle de la consommation par habitant: 0,032 TEP
- Réserve des hydrocarbures en 2006: 6044 Millions de TEP
- Il faut savoir que nous sommes près de 35 millions d'habitants en 2006 et nous serons près de 45millions en 2030 et 65 millions en 2050.
- L'électricité est produite en grande partie à partir des turbines à vapeurs et des turbines à gaz : 41% et 53% respectivement.
- L'utilisation des énergies hydraulique et solaire sont minimes 0,62%.
- **L'essentiel de la puissance est issue à 92% des turbines vapeur et turbines à gaz.**
- Le tableau ci-dessous montre que la consommation énergétique augmentera elle est multiplié fois 2,5 en 2030 et sera multiplié fois 3,5 en 2050.

## LE SECTEUR ENERGETIQUE EN ALGERIE

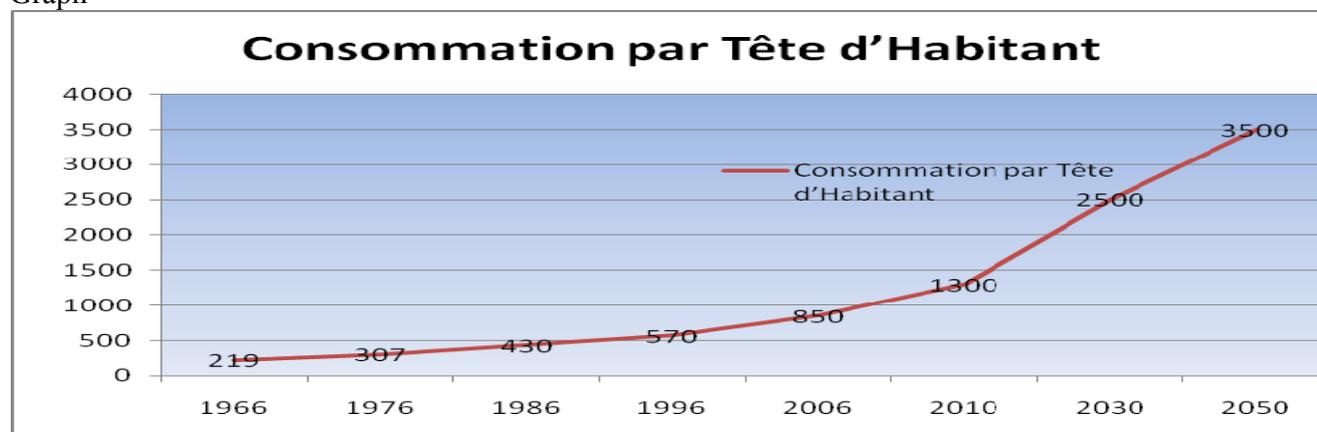
ELECTRICITE	1966	1976	1986	1996	2006	2030	2050
Puissance Installée MW	638	1301	3380	5546	7906	20 000	28 000
Production GWH	1094	3720	11 981	20 216	34 922	87305	122227
Consommation GWH	988	3249	10 223	16 211	28 613	71500	100145
Consommation par Tête d'Habitant KWH/hab	219	307	430	570	1000	2500	3500
Longueur du réseau Transport Km	2909	4901	9058	12076	17443	43603	61050
Longueur du réseau Distribution Km	22507	31952	84424	167013	233154	582885	816039
Consommation d'Electricité des abonnés haute Tension	47	1025	3302	3990	6182	15455	21637
Consommation d'Electricité des abonnés Moyenne Tension	567	1286	3695	5295	8614	21535	30149
Consommation d'Electricité des abonnés Basse Tension	363	938	3226	6926	13 817	34542	48359

Graph 21



Source GRTE

Graph



- D'après le scénario Fil de l'Eau, nous devons construire trois fois (03) fois plus de centrales Thermiques en 2030
- Les achats de Gaz naturel représentent environ un volume de 17 Milliard de m<sup>3</sup> pour une population de 35 Millions et représenteront environ 50Milliard de m<sup>3</sup> pour une population de 45 Millions en 2030 si les centrales
- électriques ne fonctionneraient qu'au Gaz Naturel. Dans le cas ou une partie des centrales est changée (Durée de vie 40 ans), 80% du parc actuel des centrales thermiques ont été mis en service entre 1970 et 1990 Le déclassement de ces centrales thermiques conduira alors à une baisse brutale, "effet falaise", de la capacité totale installée en 2006 le parc installé ne sera pas de 20 000MW mais de 20 000 + 7000 MW . Ces 7000 MW nouveaux remplaceront les anciens, il ya donc à prévoir chaque année une capacité additionnelle et une capacité de remplacement . Il nous faut construire une centrale de 1000MW par an jusqu'à 2050 .

Que doit faire l'Algérie dès à présent: 2030 -2050 c'est demain!

Que sera le monde de 2030-2050 et comment nous y préparer dès maintenant? Gouverner dit-on c'est prévoir, plus que jamais nous devons gérer sous contrainte et profiter de cette accalmie factice de la manne pétrolière pour préparer le monde de demain. Il nous faut un cap, se fixer un objectif à 2030 n'est pas utopique L'énergie est l'affaire de tous les citoyens. La consommation énergétique devra être un bouquet énergétique qui préserve les énergies fossiles.

- Fixer un seuil pour les énergies renouvelables par étape: 10% en 2015 et 20% en 2020 30% en 2030
- Développer l'électro-nucléaire: Quinze ans pour la première centrale. Nos réserves devraient être exploitées
- Mettre en place une politique du transport. L'utilisation des GPL et du GNC devrait être affirmée
- Changer les mentalités en contribuant à la formation d'éco-citoyens au lieu des égo-citoyens actuels. Cela passe par l'école et les médias lourds. Le rôle de l'Aprue sera déterminant dans les économies d'énergie
- Enfin rien ne peut se faire sans une formation de qualité. L'université devra former et s'impliquer dans le développement par une recherche de qualité

Relancer l'exploration pour développer nos réserves, freiner la production. Notre coffre-fort est dans le sous-sol et non dans les banques. Le développement, c'est laisser des richesses aux générations futures. Miser à fond sur les énergies renouvelables: la géothermie, l'énergie solaire, l'éolien et se fixer un objectif à atteindre. En faire le bilan pour savoir où nous en sommes.

#### ■ Projets en cours

- Centrale Hadjret Ennous 1227 MW
- Centrale Terga 800 MW
- Centrale Koudiet Draouch 800 MW

## V Solutions du futures

### V.1 Les Energies Renouvelables en Algérie

Le potentiel le plus important, en Algérie, est le solaire. Le plus important de tout le bassin méditerranéen :

- 169.440 TWh/an
- 5.000 fois la consommation algérienne en électricité
- 60 fois la consommation de l'Europe des 15 (estimée à 3.000 TWh/an)

#### Energie Eolienne

La détermination du potentiel éolien en Algérie est primordiale et constitue un préalable nécessaire à toute étude de faisabilité d'installation d'éoliennes pour la production d'électricité. L'Algérie a un régime de vent modéré estimé de 2 à 6 m/s. La région la plus ventée est située au sud ouest du pays avec une vitesse moyenne annuelle des vents entre 5 à 7 m/s

- Sud: vitesses plus élevées que le Nord, plus particulièrement de Sud-ouest (supérieures à 4 m/s et qui dépassent la valeur de 6 m/s dans la région d'Adrar)

Nord : vitesse moyenne peu élevée avec des microclimats sur les sites côtiers d'Oran, Bejaïa et Annaba, sur les hauts plateaux de Tiaret et Kheiter ainsi que dans la région délimitée par

Potentiel des différentes filières ENR

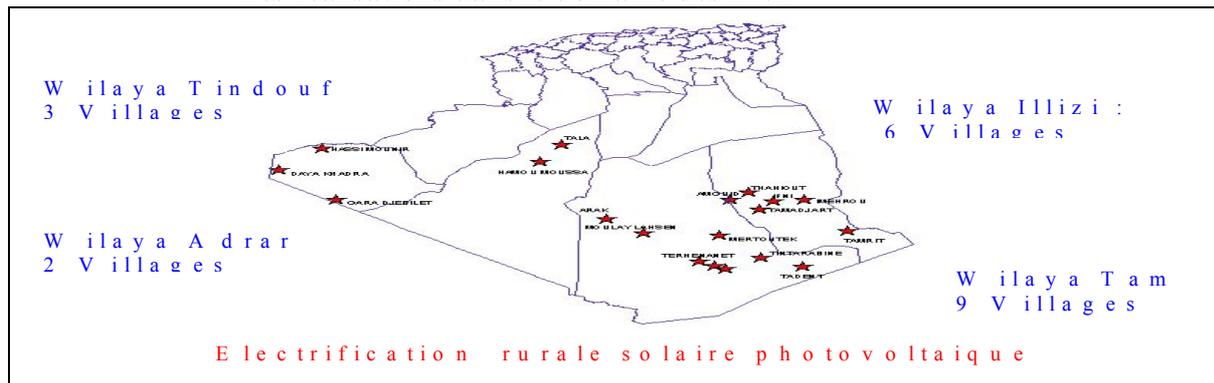
#### Potentiel en biomasse

- Forêt: 37 MTEP
- Déchets urbains: 30 MT

#### Potentiel de la géothermie

- 200 sources chaudes dans la partie Nord du pays
- 33% ont des Temp. > à 45°C, pour atteindre 98°C
- À Hammam Meskhoutine (W. Guelma)

#### Les réalisations dans le domaine des ENR



Au Grand Sud :

Electrification au solaire de 18 villages:

Dans la STEPPE (HCDS):

Au nord Electrification de plus de 3000 foyers d'une puissance = 550kwc

Centrale photovoltaïque de 10 kwc connectée au réseau Sonelgaz du (ce projet entre dans le cadre de la coopération Algero-Espagnole) CDER

**Le soleil est source inépuisable de lumière et de chaleur, rythmant notre vie, celle des plantes et des animaux.**



**V.2. l'électronucléaire.**

Il serait nécessaire pour le pays d'investir l'électronucléaire. Nous avons des ressources d'uranium et des partenaires (italiens, français, russes) qui ont un savoir-faire dans la construction des centrales.

- L'exploration de l'Uranium a commencé en 1969. Les réserves prouvées en 2006 sont de 19,5 Millions de tonnes. Le gisement est situé au Hoggar. Il n'est cependant pas exploité.
- L'Algérie possède deux réacteurs nucléaires qui sont utilisés à des fins de recherches:
- Essalem: d'une capacité de 15 MW situé à Ain Ouessara et mis en service en 1993
- Nour d'une capacité de 1 MW situé à Draria et mis en service en 1989
- L'Algérie a ratifié toutes les conventions internationales pour l'utilisation de l'énergie nucléaire à des fins civiles.

### ***V.3 développer un modèle d'aide à la planification du système énergétique***

Cet outil aura pour fonction de définir, tout en respectant les contraintes et la cohérence du système énergétique, des solutions de diversification des sources d'énergie afin de réduire la dépendance sur les énergies fossiles. Il est clair qu'un système basé uniquement sur les ressources non renouvelables n'est pas une solution durable à long terme

En effet, un confort basé sur une énergie non renouvelable est un confort qui n'est pas durable.

**Dans les statistiques de l'AIE et de l'OCDE nous ne serons plus exportateurs. Nous aurons tout juste assez pour nous suffire. A cette cadence, à partir de 2040, en ce qui concerne notre énergie, c'est l'inverse qui risque de se produire. Vers 2010 le risque de puiser dans les réserves est énorme.**

Pour toute étude sur le long terme, l'évolution du parc thermique est une donnée importante. 80% du parc actuel des centrales thermiques ont été mis en service entre 1970 et 1990. Le déclassement de ces centrales thermiques conduira alors à une baisse brutale, "effet falaise", de la capacité totale installée en 2006, entre 2020 et 2030.

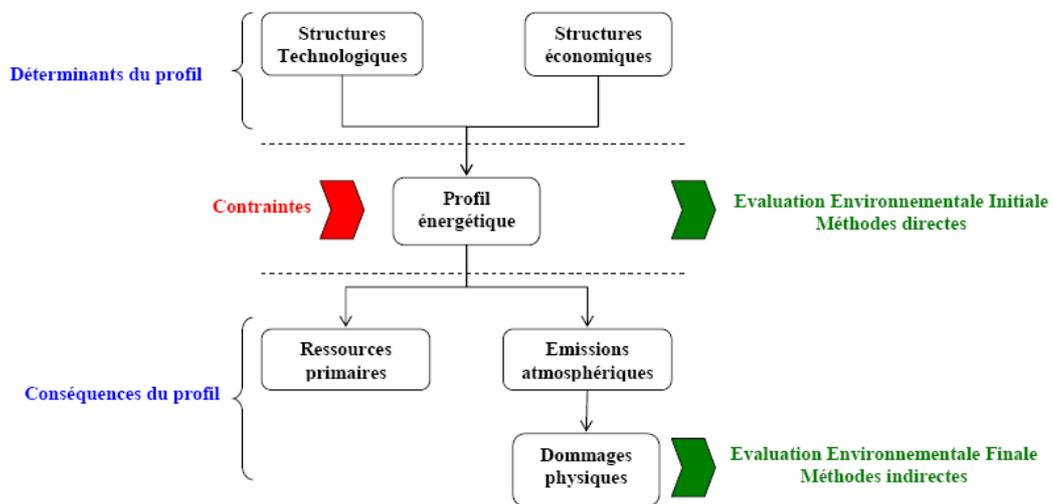
Il est clair que dans ce contexte, un modèle s'avère une solution utile pour anticiper les problèmes de demain. La deuxième partie de ce travail présente le modèle Markal qui pourrait être adapté au système énergétique algérien.

# PARTIE II

## I. LA MODELISATION DES SYSTEMES ENERGETIQUES

La modélisation énergétique a connu un essor remarquable ces dernières années en raison de la complexité accrue des problèmes énergétiques qui demande d'être traité et analysé dans un cadre de plus en plus étendu, prenant en compte aussi bien des aspects économiques, techniques, sociaux, environnementaux que des aspects politiques et même éthique. En effet, le modèle énergétique constitue un outil d'analyse intégré des problèmes énergétique qui permet de représenter les différentes inter actions entre l'énergie et ses déterminants de manière cohérente, dans le but d'établir à un instant donnée le profil énergétique, c'est à dire la façon dont l'énergie est transformée et consommée. Une évaluation des conséquences de ce profil peut être faite par sur les aspects environnementaux ou sur d'autres aspects liés à l'énergie. On peut représenter le cadre général qui sous tend l'analyse énergétique et qui fixe par ce fait la conception du modèle énergétique comme suit :

Figure 1.1 : Cadre général de l'analyse énergétique



Source : E. Assoumou, 2006 [5]

Le domaine privilégié de l'analyse énergétique est la prospective énergétique qui vise à définir les futurs possibles pour éclairer la prise de décision. L'importance de la prospective dans le secteur de l'énergie est liée aux grands enjeux et incertitudes qui caractérisent l'approvisionnement énergétique du monde dans le contexte actuel de raréfaction des ressources et de pressions environnementales accrues.

## **I.1 Les différentes approches de modélisation prospective**

Les modèles utilisés pour la prospective énergétique décrivent le secteur énergétique en considérant globalement ou partiellement la chaîne précédente. Les approches proposées diffèrent selon le point de vue privilégié: économique, technologique ou climatique. [edi assoumou] on peut classer ces modèles selon les approches suivantes :

### ***I.1.1 L'approche descendante (Top down)***

Cette famille de modèles cherche à expliciter les liens entre l'énergie et l'activité économique. Les méthodes employées s'appuient sur différentes disciplines économiques : macroéconomie, économétrie, microéconomie. L'appellation « Top-down » traduit une perception du système énergétique à partir d'un nombre réduit de variables économiques agrégées.

Dans les modèles « Top Down », chaque secteur peut être représenté par une fonction de production définie par rapport aux différents facteurs : le capital (K), le travail (L), l'énergie (E) et les matières premières (M). Cette fonction représente alors différentes formes d'interactions (substitutions et/ou complémentarité) entre ces facteurs. La fonction ci dessous est une des formes les plus utilisés dans ce genre de modèles.

$$X_s = A_0 (B_k \cdot K_s^\rho + B_L \cdot L_s^\rho + B_E \cdot E_s^\rho)^\rho$$

*X<sub>s</sub>: Output du secteur*

*K<sub>s</sub>, L<sub>s</sub>, E<sub>s</sub> inputs représentat le capital, le travail et l'énergie*

*ρ: élasticités de substitution des facteurs de production*

*A<sub>0</sub> et B sont les paramètres à estimer*

Les technologies sont ici représentées implicitement par des combinaisons différentes de ces facteurs.

### ***I.1.2 L'approche ascendante (Bottom-Up)***

L'approche ascendante s'intéresse aux composantes techniques du système énergétique qui est désagrégé pour expliciter les différentes technologies de production et de consommation d'énergie. Chaque technologie est détaillée par ses inputs, outputs et par ses paramètres technico-économiques (rendements, coûts, capacité, émissions...)

A partir des types de technologies utilisées, ainsi que des caractéristiques techniques et économiques d'utilisation, on peut définir la consommation d'énergie de chaque

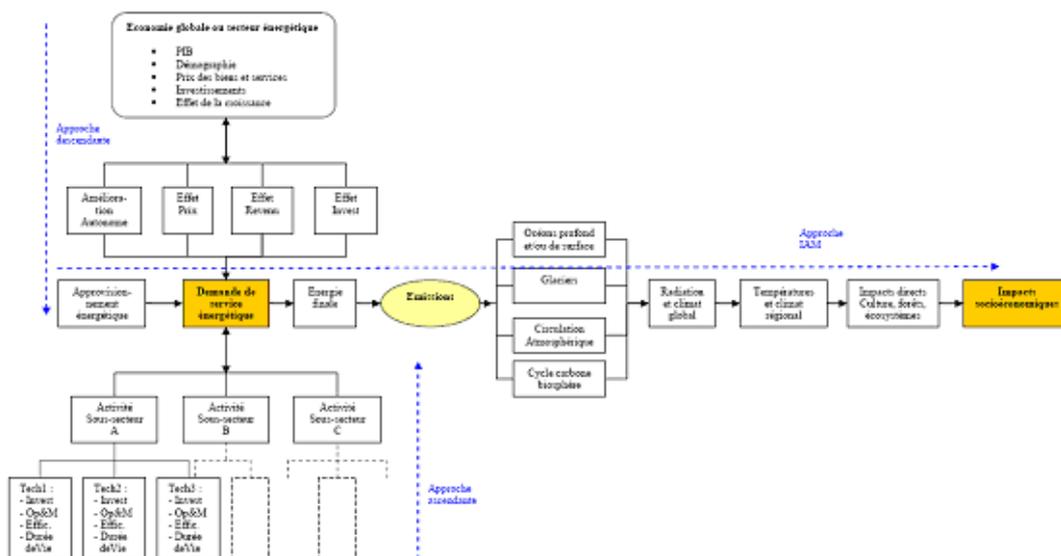
acteur ou secteur en agrégeant les flux d'énergies dans les technologies mises en œuvre. Les fonctions de production des différents secteurs sont construites en agrégeant les productions des différentes technologies, ce qui fait que cette fonction est implicitement élaborée dans ce type de modèle, contrairement au modèle « top down » où elle est exprimée en fonction des différents facteurs de production. Par ailleurs, 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.

### 1.1.3 Les approches IAM (Integrated Assessment Models)

Les modèles IAM (integrated assesment models) ont pour ambition, l'intégration dans une seule et même approche différents modules de modélisation développés sous différentes approches. Ces modèles intégrés ont été développés principalement pour l'évaluation de l'impact climatique. Leur point de départ est la réalisation d'un modèle de calcul des émissions en se basant sur les modèles énergétiques décrits précédemment (approches économiques ou technologiques), ensuite ce modèle sera intégré à un modèle climatique de diffusion (Figure 2.1) et de concentration atmosphérique et enfin à un modèle d'impact.

Le schéma ci dessous présente les différentes approches de modélisation. On peut constater que les modèles intégrés sont des modèles transversaux qui cherchent à regrouper les différentes approches de manière à capter le maximum d'informations pouvant alimenter les modèles climatiques.

Figure 1.2: Familles et approches de modélisation



Source : E. Assoumou, 2006 [5]

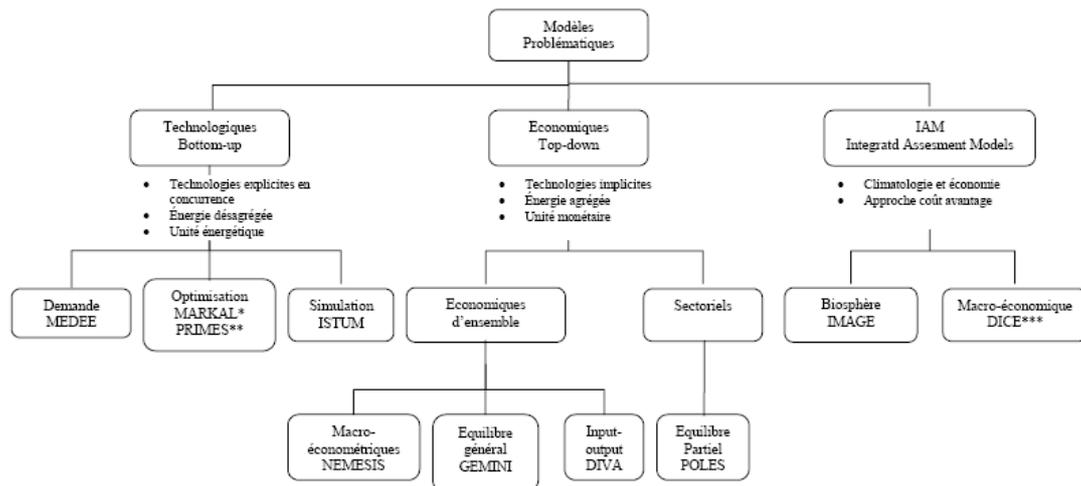
La typologie Top down et bottom up n'est pas la seule différence entre les modèles énergétiques. En effet, à l'intérieur des approches top down, il faudra distinguer les modèles d'équilibre général (CGE) qui calcule un équilibre global sur les différents marchés<sup>1</sup>, des modèles macro économétriques qui eux estiment des coefficients permettant de mesurer l'impact des différents facteurs explicatifs sur les principaux indicateurs de secteurs (valeur ajoutée, travail, investissements).

Par ailleurs, les approches bottom up peuvent être déclinées en approches de calcul d'équilibre partiel sur le marché de l'énergie utilisant des techniques d'optimisation sur la base des coûts et des profits pour l'affectation des flux aux différentes technologies, ou bien en approches de simulation de parts de marchés et de pénétration des différents technologies basées sur les comportements d'agents et pas uniquement sur l'optimisation économique.

### 1.1.4 Modèles existants et catégories de modèles

Les familles de modèles précédentes représentent des figures utiles pour le positionnement des différents modèles mais qui restent extrêmes par rapport aux différents modèles qui existent dans la réalité. En effet, plusieurs recouvrements entre les approches existent, où on pourrait voir des approches économiques de type « top down » s'orienter vers plus de précision technologique<sup>13</sup> tandis que les approches technologiques intègrent des représentations économiques plus complexes avec des effets prix et parfois des bouclages macro-économiques simplifiés

Figure 1.3 : Classifications des modèles de prospective



Source : E. Assoumou, 2006 [5]

<sup>1</sup> Marchés des biens et services, marchés monétaires, marchés du travail...

## I.2 Le modèle MARKAL

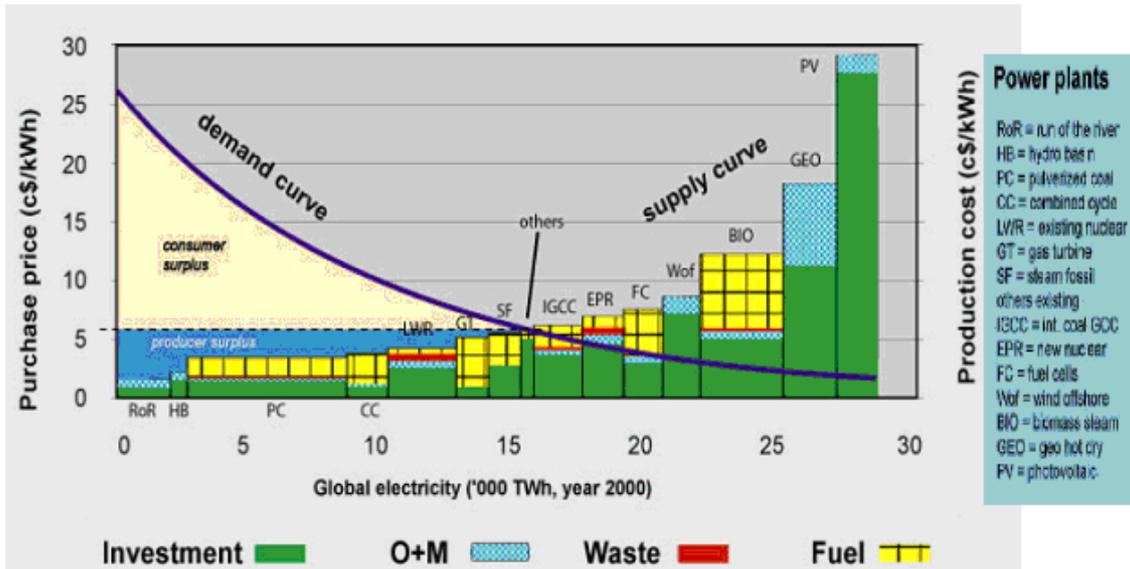
MARKAL (MARKet ALlocation) est un modèle énergétique intégré développé sous l'égide de l'AIE au début des années 80 afin d'analyser l'évolution à long terme du système énergétique, en fonction des différents scénarios économiques, politiques et environnementaux. Depuis cette période, MARKAL a connu des développements importants et sa structure de base a évolué en raison d'une part du développement des puissances de calcul des ordinateurs qui a permis une désagrégation et une modélisation plus fine des systèmes énergétiques, et d'autre part de l'évolution des préoccupations énergétiques (échanges transfrontaliers d'énergie et de permis d'émissions, demande élastique au prix, bouclage macro-économique). Aujourd'hui, MARKAL représente plus une plate forme commune à une famille de modèles partageant le même formalisme général, mais incluant des options de simulation et de représentation propres à des questionnements variés. Nous présentons ici les caractéristiques principales de la modélisation MARKAL afin d'éclairer son fonctionnement et ses potentialités

MARKAL permet de définir la configuration future du système énergétique en calculant un équilibre optimal entre l'offre et la demande d'énergie (sous ses différentes formes).

Le modèle est "tiré" par la demande de services énergétiques qui lui est fournie par l'utilisateur; le système énergétique, représentant les processus d'approvisionnement d'énergie jusqu'au segments de consommation finale, réagit à cette demande en définissant la structure de l'offre optimale qui permet de la satisfaire tout en respectant la cohérence imposée par les différentes contraintes du système.

Le processus d'optimisation dans MARKAL est donc basée sur la construction de la courbe d'offre en fonction des différents coûts (CAPEX et OPEX) des technologies mises en œuvre, de manière à minimiser le coût global du système énergétique ou à maximiser le surplus du consommateur et du producteur. Cela peut être illustré dans le schéma ci dessous où le marché électrique est modélisé:

Graph 1.4 : Equilibre de l'offre et de la demande d'électricité calculé par MARKAL



Afin de satisfaire la demande d'électricité qui se manifeste sur le système énergétique, le modèle définit la courbe d'offre constituée par les différentes technologies de génération électrique

### 1.3 Le système énergétique de référence dans MARKAL

Le système énergétique de référence est à la base de l'approche MARKAL, ce système est une représentation de la chaîne d'approvisionnement énergétique depuis l'énergie primaire jusqu'à la l'énergie finale consommée par les différents segments de demande, comme illustré dans le schéma ci dessous :

Graph 1.5 Système énergétique de référence

APPENDIX B  
MARKAL MODELING

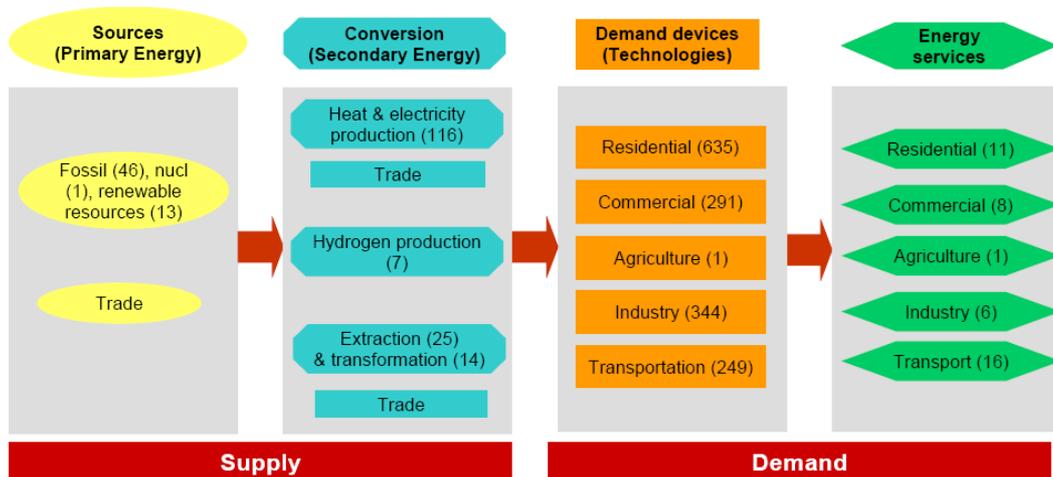


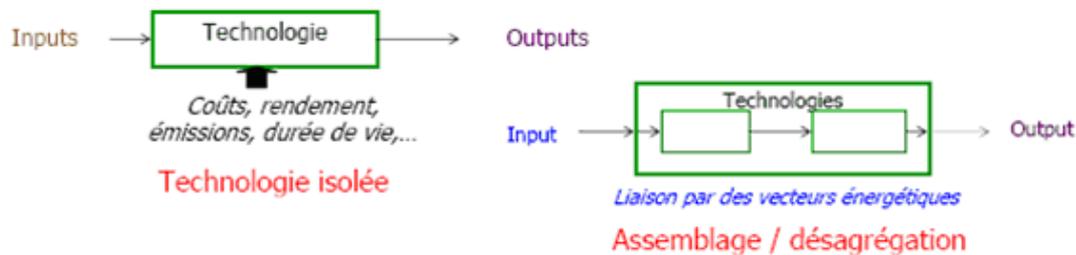
Figure 1. The general Reference Energy System

Source : Gerad 1997, [4]

Le système énergétique de référence est désagrégée par technologie de demande et d'offre; où chaque technologie importante est décrite de façon explicite et détaillée par ses intrants et ses extrants, ses coûts (d'investissement, d'entretien, et de fonctionnement), sa durée de vie, sa date de première disponibilité, et ses émissions de polluants.

Les technologies sont les maillons du système énergétique de référence, elles forment les briques élémentaires transformant les différentes formes d'énergie et sont décrites par des caractéristiques technico-économiques : efficacité, coûts (investissement, opération et maintenance fixes et variables, date de première disponibilité), coefficients d'émissions pour chaque gaz ; et par des caractéristiques de fonctionnement : disponibilité, limite sur les capacités installées ou sur les quantités produites. Ces technologies sont connectées par les différentes formes d'énergies (ou vecteurs énergétiques) pour former le système énergétique de référence. Il est possible, comme illustré dans le schéma ci dessous de considérer une technologie isolée ou une technologie agrégeant un ensemble de technologies. Cela dépend de l'objectif et de la problématique à analyser par rapport au système énergétique étudié (Exemple : on peut considérer une technologie globale de raffinage qui transforme le pétrole brut en produits pétrolier, ou bien un ensemble de technologies incluant la distillation, le reforming, le craquage, le blending et les autres traitements, qui permettent d'analyser plus dans le détail la qualité des différents produit. On doit pour cela prendre en compte les différentes charges des process ).

Graph 1.6 représentation technologique dans MARKAL



Source : E, Assoumou, 2006

La liste des vecteurs énergétiques (input / output des technologies) est flexible de même que celle des différentes émissions gazeuses considérées. Il faut noter que la généralité et la forte cohérence des règles de représentation autorisent un niveau de désagrégation arbitraire des technologies et par conséquent des échanges énergétiques<sup>17</sup>. C'est une caractéristique majeure de MARKAL .

## I.4 Représentation et modélisation du système énergétique dans MARKAL

La modélisation du système énergétique de référence dans le MARKAL repose sur une description des principaux éléments qui le constituent et des relations possibles entre ces éléments pour former la configuration globale du système. Ces éléments représentent :

Les **services énergétiques** qui regroupent les services rendus par la consommation d'énergie

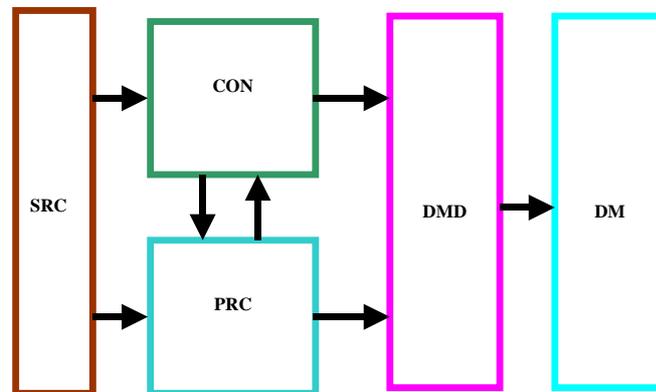
Les **vecteurs énergétiques** qui constituent les différentes formes d'énergie primaires, secondaires ou finales.

Les **émissions de polluants** qui sont issues de l'utilisation des différentes technologies consommatrices d'énergie.

Les **technologies** qui représentent le cœur de la structure de MARKAL , puisque c'est à travers ces technologies que les formes énergétiques (ou vecteurs énergétiques) sont orientés et converties le long de la chaîne d'approvisionnement énergétiques depuis la production de l'énergie primaire, jusqu'à la consommation de l'énergie finale utilisé pour produire le service demandé.

Le schéma ci dessous illustre les principaux éléments en interactions dans le système énergétique . Les différents blocs représentent les classes de technologies et la classe de service d'énergie qui conditionne l'évolution future du système. Les vecteurs énergétiques sont représentés par les différents flux possibles entre les blocs et à l'intérieur de chaque blocs

Graph 1.7 : Les différentes classes du système énergétique de référence dans MARKAL



Source : Document de présentation des données [4]

D'après le schéma, les vecteurs énergétiques (Energy carriers) sont extraits des sources (Classe SRC) sous forme d'énergie primaire, sont transformés en énergies secondaires à travers les technologies de transformations où sont distinguées les technologies de conversion et de process (resp. Classe CON et Classe PRC). Cette énergie secondaire est utilisée par les technologies de demande (Classe DMD) afin de satisfaire une demande utile d'énergie et rendre ainsi un service énergétique (Classe DM). La classe environnement permet par ailleurs de

Il faut noter que les possibilités d'échanges (Trade) de vecteurs énergétiques entre les différentes régions sont modélisés comme une technologie spécifique prise en compte dans les différentes classes de technologies SRC, CON, PRC

## I.5 Description des classes énergétiques

### I.5.1 Classe des services énergétiques (DM)

Cette classe représente la demande utile sur le service produit par la consommation d'énergie. Ces services dépendent des différents secteurs d'activité et peuvent être classés comme suit :

**Transport :** Transports publics de voyageurs routiers: Bus ; Transport public: tramways, métros ; Transport public: Train ; Transport public: Avions ; Transport public: Autres ; Les transports: taxis ; Transport commercial: Camions et véhicules de livraison

**Chauffage :** Demande de chauffage résidentiel ; Demande de chauffage commercial ; Demande de chauffage industriel ;

**Appareils électriques et éclairage :** Appareils électriques et éclairage dans le secteur résidentiel, dans le secteur commercial, dans secteur industriel et dans le secteur public

**Produits industriel finis :** l'acier, aluminium, ciment, . . .

Ce dernier service est souvent considéré pour permettre de modéliser de manière plus détaillée les industries énergivores en les désagréant selon les process de production.

L'énergie consommée dépendra donc du niveau de production reliée à la demande sur les produits industriels

### ***1.5.2 Classe des vecteurs énergétiques (Energy carriers)***

Les vecteurs énergétiques représentent les formes d'énergies qui sont produites, importés, transformés et consommés dans le système énergétique. Ce sont les flux du système. Energétique qui peuvent être classées selon qu'elles soient primaires ou secondaires, renouvelables ou non renouvelables, stockable tels que les produits raffinés et non stockable tels que l'électricité et même dans certaines classifications (tels que SAGE), peuvent intégrer les aspects fiscaux servant à différencier les énergies destinés aux différents secteurs économiques (une énergie détaxé pour l'agriculture et qui l'est pas pour le résidentiel)

Parmi les vecteurs énergétiques pouvant être définis dans le système énergétique de référence, on peut citer: l'électricité, le chaleur, les produits raffinés (Essence, jet fuel, gasoil, fioul...), les énergies renouvelables (vent, biomasse, biogaz,..), le pétrole brut et produits liquides, les produits gazeux (Hydrogène, gaz naturel GPL, GNL), les produits solides (charbon, coke sidérurgique..)

### ***1.5.3 Classe des émissions de polluants***

Cette classe représente les différents polluants émis lors de l'utilisation des technologies du système énergétique. Une particularité est liée au fait que des coefficients d'émissions négatifs peuvent être acceptés dans MARKAL, pour permettre de prendre en compte les possibilités d'absorption et de séquestration des polluants. Les principaux types de polluants pouvant être considérés sont : CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, .. à finaliser.

### ***1.5.4 Classe des technologies***

Les technologies sont au cœur de la définition d'un RES, et la plupart des données devant être collectées par l'utilisateur leur sont associées. Bien qu'il existe un assez grand nombre de technologies dans MARKAL regroupant à la fois les technologies existantes et potentielles sur l'horizon de l'étude, on peut en considérer quatre groupes principaux que l'on peut distinguer par l'homogénéité relative des données et des paramètres permettant de les modéliser dans MARKAL : les ressources, les process, les unités de conversion et les différentes technologies de demande.

les Technologies peuvent être distinguées en trois classes principales:

- Les technologies de conversion qui transforment une forme d'énergie (ou plusieurs) en une autre forme d'énergie (ou plusieurs) non stockable, ce qui concerne essentiellement l'électricité et la chaleur. Parmi ces technologies, on peut citer: les centrales électriques, les installations de production de chaleur ou des installations de cogénération produisant les deux à la fois. Ces technologies doivent être traitées de manière spécifique pour prendre en compte les profils d'activité différencié selon les saisons ou les heures de la journée.
- Les technologies process qui transforment une forme d'énergie (ou plusieurs) en une autre forme d'énergie (ou plusieurs) qui peut être stocké. Les raffineries.

- Les technologies de demande qui sont les technologies qui consomment l'énergie finale pour satisfaire une demande de service utile (un service de l'énergie tels que le transport). Ces technologies peuvent représenter les différents types de véhicules de transport, les process industriel ou les différents équipements des ménages ;

### ***1.5.5 Classe SRC (les ressources)***

Cette classe regroupe toutes les sources d'approvisionnement en énergie primaire incluant les productions domestiques et les importations. Les sources d'énergies primaires sont caractérisés seulement par leurs outputs puisqu'elles ne transforment pas d'énergies, elles permettent aussi de fournir un seul vecteur énergétique (pétrole brut, gaz sec, condensat..)

Les exportations d'énergies primaires sont aussi incluses dans cette classe, puisqu'elles ont les mêmes caractéristiques que les importations dans la mesure où il n'y a pas de transformations de vecteur énergétique et sont modélisés dans MARKAL de manière similaire. La différence entre les importations et les exportations réside dans le fait que les vecteurs énergétiques sont des inputs et

## **1.6 Bases théoriques de l'optimisation dans MARKAL**

### ***1.6.1 L'approche MARKAL : Un formalisme commun à une famille de modèle.***

L'approche MARKAL s'est développé en une plate forme commune à un grand nombre de modèle qui représentent souvent des extensions au modèle de base pour prendre en compte des aspects spécifique dans la modélisation des systèmes énergétiques notamment ceux relatifs aux interactions avec l'économie et l'environnement.

Une description sommaire de l'approche MARKAL pourrait s'appuyer sur les éléments suivants :

- MARKAL est basée sur une approche de désagrégation « Bottom Up » où les technologies de l'offre et de la demande sont explicitées, à travers la représentation de leurs caractéristiques technico-économiques. Un modèle MARKAL global peut contenir plusieurs milliers de technologies, qui font de lui un modèle très gourmand en données. Les détails de description technologique repose sur la disponibilité et la fiabilité des données existantes. A cet effet, le modèle est orienté par les données (« data driven model »).
- MARKAL peut connecter les systèmes énergétiques des différentes pays ou régions à travers les variables d'échanges de vecteurs énergétiques. Cette propriété donne à MARKAL une grande modularité et lui permet d'analyser des scénarios de politique énergétiques régionales ou globale.

- MARKAL définit un équilibre partiel sur les marchés de l'énergie. Cela signifie que le modèle calcule les flux d'énergies<sup>2</sup> ainsi que leur prix de manière à ce que **le surplus des fournisseurs et des consommateurs soit maximal**<sup>3</sup> (les fournisseurs produisent exactement les quantités que les consommateurs voudraient acheter). Cet équilibre est établi pour l'énergie primaire, secondaire ainsi que pour les services énergétiques.
- MARKAL suppose un marché de concurrence libre et parfaite où chaque agent producteur ou consommateur dispose des informations parfaites qui lui permettent d'agir avec rationalité et optimiser ses décisions pour maximiser son surplus. Cette hypothèse fait que le prix d'une forme d'énergie sur le marché est équivalent au coût marginal de production (résultat standard de micro économie).

### ***1.6.2 Maximisation du surplus du producteur et du consommateur: Prix égal au coût marginal de production***

Afin de représenter le surplus du consommateur et du producteur sur un marché donné, il est d'usage en microéconomie de représenter l'ensemble des fournisseurs d'un produit par l'inverse de leur fonction de production et l'ensemble des consommateurs par la fonction inverse de consommation, et ce en fonction des quantités pouvant être produites. (figure.)

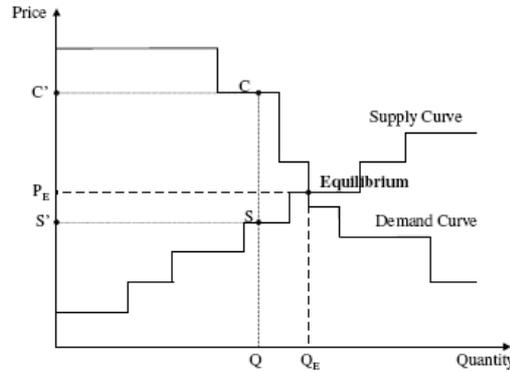
Pour MARKAL, la fonction inverse de production, illustré dans le schéma ci dessous pour une seule forme d'énergies (vecteur énergétique), est une fonction en escalier qui croît graduellement avec la quantité à mettre à disposition sur le marché. Chaque niveau de la fonction représente le coût marginal de production et indique que la forme d'énergie est produite par une technologie ou un ensemble de technologie de manière linéaire. L'augmentation de la demande appelle des productions supplémentaires venant de technologies plus chères, ce qui entraîne le passage à un niveau de coût supérieur

---

<sup>2</sup> Selon l'étendue du modèle, ces flux peuvent représenter les vecteurs énergétiques, les matières, les services utiles d'énergies, ou les émissions de CO<sub>2</sub>, si un marché de permis d'émissions est modélisé

<sup>3</sup> ou de manière équivalente que le coût du système énergétique est minimal

Graph 1.8 : Equilibre de l'offre et de la demande des vecteurs énergétiques définis par le modèle MARKAL



Source: Manuel de MARKAL [3]

D'après la figure précédente, le surplus du producteur pour un point S sur la courbe inverse de production (correspondant à une quantité Q d'énergie produite) est la différence entre le revenu et le coût total de production de cette énergie, soit les profits dégagés par les producteurs (Aire entre la SS' et la courbe inverse de production). Le surplus du consommateur pour un point C (correspondant à une quantité Q d'énergie achetée) est la différence entre le prix d'achat et le prix max que les consommateurs sont capables de payer pour acquérir cette énergie (aire entre CC' et la courbe inverse de demande). Les surplus du consommateur et du producteur représentent le gain potentiel pour les producteurs et les acheteurs représenté par la somme des aires précédentes qui est maximisé lorsque le prix est égal au coût marginal de production pour satisfaire la demande totale.

### 1.6.3 Les extensions de MARKAL

La modélisation MARKAL a beaucoup évolué avec les problématiques énergétiques et les contributions des nombreux utilisateurs et représentent aujourd'hui une plateforme commune à un grand nombre de modèles. Les principales variantes de MARKAL sont illustrées dans le tableau ci-dessous :

MARKAL Standard:	Optimisation du système énergétique pour une région générique et à partir d'un scénario de demande exogène et inélastique (Pas d'ajustement de la demande aux prix calculés par le modèle)
RMARKAL :	Modèle multi régions permet de régionaliser la description et de représenter de manière endogène les échanges entre les différentes régions génériques
MATTER	Représentation explicite des flux de matériaux dans le système en parallèle avec les flux énergétiques.
MARKAL -ETL:	Dans les versions standard, le progrès technique est traduit par l'évolution exogène des caractéristiques dans la base de données technologique. Cette version intègre, une amélioration endogène des performances des technologies grâce à des courbes d'apprentissage (Endogenous Technological Learning).
MARKAL -Stochastics:	Prise en compte des incertitudes sur certaines valeurs. L'incertitude sur

	certain paramètres ou contraintes est représentée par des états différents avec des probabilités de réalisation différenciées.
MARKAL -MICRO:	Cette extension inclut une réponse de la demande à sa valeur marginale endogène. La demande est élastique et l'équilibre est déterminé à partir de courbes de demande non linéaires. Le modèle est résolu à l'aide de solveurs non linéaires.
MARKAL -ED:	Dans cette approche, la demande est aussi élastique à son coût. Les coefficients d'élasticité sont fixés par l'utilisateur pour chaque période. La courbe de demande est cependant ici, linéaire par morceaux.
MARKAL -MACRO:	Cette extension formalise un bouclage macroéconomique avec les autres secteurs d'activité. Dans cette version non linéaire, la demande est endogène et son niveau est lié, par l'intermédiaire du modèle d'équilibre général calculable simplifié MACRO, à l'activité économique globale.
MARKAL -EV:	Dans sa version standard, MARKAL permet par des taxes différenciées ou des limites d'émissions d'internaliser les externalités environnementales. Cette option permet d'intégrer directement des courbes de dommages environnementaux. L'approche est du type IAM. Le modèle est non linéaire.
SAGE (System to Analyse Global Energy) :	Dans cette approche, la solution optimale est calculée d'une période à l'autre et non sur toutes les périodes simultanément. On substitue ainsi une attitude myope dans la décision, à une connaissance parfaite du futur. Des contraintes de parts de marché formalisées renforcent cette vision myope.
TIMES (The Integrated MARKAL -EFOM System) :	Le modèle TIMES est une version évolutionnaire plus souple d'utilisation du modèle MARKAL . Les évolutions concernent entre autre, la généralisation de la notion de technologie contre la différenciation en quatre classes différentes dans MARKAL , un découpage temporel plus souple (nombre de saisons et durée variable des périodes sur l'horizon) et globalement une approche de modélisation plus simple.
TIAM (TIMES Integrated Assessment Model)	Le modèle TIAM étend l'approche bottom-up vers l'approche climatique. C'est un modèle TIMES mondial en 15 régions étendu par un module climatique pour décrire les niveaux d'émissions (CO2, CH4, N2O), la concentration atmosphérique résultante (Interaction : atmosphère - biosphère

Source : E, Assoumou, 2006

#### ***1.6.4 Description de la version TIMES***

Le modèle TIMES introduit un certain nombre d'améliorations par rapport à markal . Les principales améliorations concernent les aspects suivants :

Découpage de l'horizon de temps en des sous périodes variables permettant une flexibilité dans la modélisation. Principalement dans le cas où les périodes au début de l'horizon de temps devraient être modélisée de manière plus fine (sous périodes de 5 ans) que celle en fin de projections (qui peuvent être regroupés en plusieurs sous périodes)

Découplage des données par rapport à la période de modélisation, permet notamment une spécification des données indépendamment de la période, ce qui permet une mise à jour plus simple de l'horizon de planification du modèle.

Possibilité d'intégrer des tranches de temps pour modéliser des différences de fonctionnement des technologies en fonction de ces tranches; cette option est possible que pour le cas de l'électricité et de la chaleur (classe de conversion)

Les attributs et paramètres des différentes technologies sont définis sur la même base, ce qui donne une meilleure flexibilité dans la considération des technologies.

Possibilité de considérer les phases de construction et de démantèlement des technologies, avec l'introduction de paramètres liés aux délais, coûts, émissions et même les consommations de commodités durant ces périodes, ce qui permet une analyse « cycle de vie » de la consommation d'énergie et des émissions.

## **I.7 Optimisation mathématique dans MARKAL standard**

L'équilibre partiel sur un marché donné peut être modélisé en ayant recours à la programmation linéaire. En effet, la résolution d'un problème linéaire de minimisation du coût global d'approvisionnement d'un marché quelconque permet de définir les quantités d'équilibre entre l'offre et la demande sur ce marché. Le prix d'équilibre correspond au coût marginal de production, qui est les valeurs duales de la contrainte de satisfaction de la demande du problème linéaire.

En conséquence, l'approche MARKAL est basée sur la formulation d'un problème linéaire de minimisation sous contraintes du coût d'approvisionnement énergétique ou autrement dit du coût du système énergétique de référence. Ce dernier définit un maillage dont les technologies sont les nœuds et les vecteurs énergétiques les liaisons. La configuration optimale et la cohérence de ce maillage est établie pour une période donnée dans l'horizon de l'étude à travers la résolution du problème linéaire formulé

### ***1.7.1 Formulation du problème linéaire de MARKAL***

L'approche MARKAL consiste à modéliser le système énergétique de référence par un programme linéaire, avec **une fonction-objectif** à minimiser et des **contraintes à respecter**. Les solutions à ce problème de minimisation représentent les valeurs optimales des variables dites **variables de décision**, pour chaque technologie et pour chaque vecteur énergétique. L'optimisation est effectuée sur toutes les périodes et pour toutes les technologies, simultanément. La solution déterminée est donc un optimum en connaissance parfaite du futur<sup>18</sup>.

MARKAL détermine aussi directement un coût marginal associé pour chaque contrainte (i.e. le surcoût lorsque l'on relâche la contrainte d'une unité toutes choses égales par ailleurs) et les coûts réduits pour les technologies non retenues (i.e. la diminution de coût ou la subvention qui aurait permis à une technologie non sélectionnée de l'être).

#### **a) Fonction objectif**

MARKAL optimise le coût total actualisé du système sur tout l'horizon de simulation qui est décomposé en T périodes d'égale durée (n années). Ce coût

qui représente la valeur actuelle nette des coûts annualisés du système sur toutes les périodes et comprend deux références de temps pour l'actualisation. En effet, les coûts annuels sont actualisés par rapport au début des périodes dans lesquelles ils sont réalisés et ensuite par rapport à la période initiale de la simulation.  
l'horizon de simulation )

Les coûts annualisés pris en compte par MARKAL sont globalement de quatre types :

Des **coûts technologiques** purs (coûts d'investissement, coûts fixes et coûts variables d'opération et de maintenance), des **coûts liés aux ressources énergétiques externes** (importation, exportation, extraction, échanges vers d'autres systèmes énergétiques dans une modélisation multirégionale), des **taxes ou des subventions** appliquées par unité d'énergie ou d'émission environnementale, et enfin **un coût d'ajustement de la demande** (perte de surplus) **dans le cas de demande élastique au prix.**

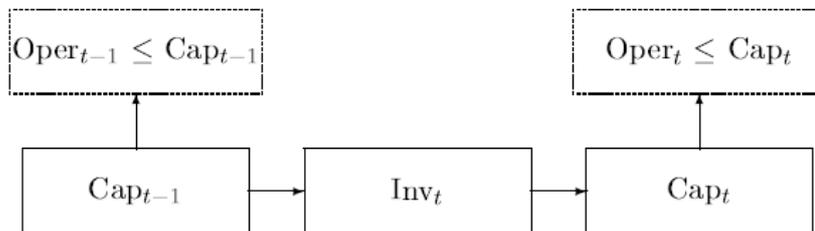
L'expressions de la fonction objectif dans MARKAL est la suivante [3]

$$NPV = \sum_{r=1}^R \sum_{t=1}^{t=NPER} (1+d)^{NYRS \cdot (1-t)} \cdot ANNCOST(r,t) \cdot (1 + (1+d)^{-1} + (1+d)^{-2} + \dots + (1+d)^{1-NYRS})$$

*NPV*: Net present value of the total cost for all regions  
*ANNCOST(r,t)*: Annual cost in region *r* for period *t*,  
*d*: General discount rate  
*NPER*: Number of periods in the planning horizon  
*NYRS*: Number of years in each period *t*  
*R*: Number of regions

## b) Contraintes de MARKAL

- **Satisfaction des demandes utiles** à chaque période
- Respect des **limites d'émissions** fixées par l'utilisateur (optionnellement)
- **Conservation des flux énergétiques** à chaque période: production + importation = consommation + exportation. Dans le cas de l'électricité, on pourrait avoir six flux par période, correspondant à six divisions de l'année: Hiver (Jour/Nuit), Été (Jour/Nuit), Intermédiaire (Jour/Nuit).
- **Accumulation de capacité** de chaque technologie à chaque période: capacité à une période = capacité résiduelle + investissements antérieurs non déclassés, ce qui peut être illustré par le schéma ci dessous :



L'activité opérationnelle à une donnée est donc délimitée par la capacité installée, qui est égale à la capacité résiduelle de l'année précédente plus les capacités additionnelles mises en place par les investissements. Le modèle MARKAL permet donc de définir l'extension de capacités requises afin de satisfaire la demande projetée.

- **Limite de fonctionnement:** le niveau d'activité ne peut pas excéder la capacité installée multipliée par le facteur de disponibilité (dans le cas de l'électricité, il y a six facteurs de disponibilité et six contraintes de ce type)

- **Réserve électrique de pointe:** la capacité installée totale des équipements de génération d'électricité doit excéder la demande d'hiver par un facteur de réserve spécifié (qui est propre au réseau et aux caractéristiques de la demande du pays considéré).

**Contrainte de charge de technologies devant fonctionner en base pour l'électricité:** Cette contrainte permet de définir les technologies de génération électriques qui fonctionnent en base, particulièrement les centrales nucléaires ou à charbon qui requiert un délai important pour le démarrage et la fermeture. Ce qui les rend moins adaptées pour satisfaire les fluctuations de court terme.

### c) Les variables de décision

La solution optimale du problème de minimisation précédent donne à chaque période, les valeurs de toutes les variables de décisions du modèle pour chaque technologie et pour chaque vecteur énergétique.

#### Variables de décision (endogènes)

- Les quantités de formes énergétiques **importées** et **exportées** à chaque période
- Les **investissements** dans les technologies de production, transformation, et consommation d'énergie à chaque période
- Les **capacités** de ces technologies à chaque période
- Les **niveaux de fonctionnement** de ces technologies à chaque période, aussi appelés **niveaux d'activité**.

## I.8 Collecte de data dans MARKAL

Les modèles MARKAL sont très intensifs en données, ce qui constitue un peu leur point faible. Il est possible de classer les données requises par MARKAL comme suit :

:

- Les prix de l'énergie importée ou exportée
- Les données de demande
- Les Capacités résiduelles
- Les paramètres technico économiques
- Les coefficients d'efficacité (Input/output), de disponibilité et la durée de vie des technologies
- Les émissions de polluants associées aux différentes technologies.

**Les prix de l'énergie importée ou exportée :** Le système énergétique de référence est fortement influencé par l'évolution des prix internationaux de l'énergie qui sont caractérisés par une grande incertitude. Dans ce sens, il est important de définir des scénarios d'évolution des prix

**Demand data :** Le modèle MARKAL est tiré par la demande utile sur les services de l'énergie, ce qui fait de cette demande un facteur sensible dans la modélisation. Elle doit donc être évaluée avec une grande attention.

**Useful Demands and Installed Capacities:** Pour satisfaire la demande de services énergétiques, MARKAL permet de mettre en place les capacités dans diverses technologies de conversion et de process. Les capacités sont généralement décrites en GW ou en Tep .

**Les capacités résiduelles :** la Capacité résiduelle pour chaque technologie représente la capacité précédemment installée qui est disponible avant le début de la période de planification. Ces données devraient être recueillies de la manière la plus précise possible, puisqu'elles ne représentent pas uniquement la situation actuelle, mais peuvent aussi avoir un impact majeur sur les investissements, et ce dès les premiers stades de la période de planification.

**Données technico-économiques :** Ces données regroupent

- Les coûts d'investissement : Chaque technologie implique un coût d'investissement. Dans le cas des technologies de transports, peut être grossièrement estimé par le prix d'achat d'un véhicule, divisé par le kilométrage réalisé eu cours de sa durée de vie.
- Coûts fixes de fonctionnement et de maintenance: ces coûts sont générés par l'exploitation de la technologie, et ne sont pas proportionnels au niveau d'activité
- Coûts variable de fonctionnement : ces coûts dépendent du niveau de production de la technologie considérée et pas de la capacité installée

**Les paramètres techniques :** Ces données regroupent

- Les coefficients Input / output: ces coefficients décrivent les rations outputs / inputs des différentes technologies.

- Les dates de disponibilité des technologies : ces dates s'appliquent aux nouvelles technologies qui seraient disponibles dans le futur ;
- Durées de vie des différentes technologies

**Polluants et émissions :** Ces données regroupent

- Les Types de polluants (par exemple, NOx, COV, SO2, CO, PM10 ...)
- Les coefficients d'émission (exprimés en tonnes de polluants émis par unité d'énergie produite pour les technologies de conversion et les processus, en tonnes de polluants unité d'énergie consommée, km ou PJ)
- Les limites d'émission (Limites de tonnes émis par période et des émissions de polluants).

Dans le tableau ci dessous, nous synthétisons les principaux paramètres à définir pour une technologie de transformation :

<b>Nom de la technologie</b>	
Capacité installée Type (s) d'entrée (s) Type (s) de l'énergie produite D'entrée / sortie ratio Temps de disponibilité Durée de vie Variable d'exploitation et les coûts d'entretien Correction d'exploitation et les coûts d'entretien Le coût d'investissement Les taux d'émission <ul style="list-style-type: none"> <li>• NOx</li> <li>• COV</li> <li>• CO</li> <li>• SO2</li> <li>• PM10</li> <li>•</li> </ul>	

**Individual data for demand technologies (transport)**

## II. ANALYSE DE LA DEMANDE D'ENERGIE EN ALGERIE

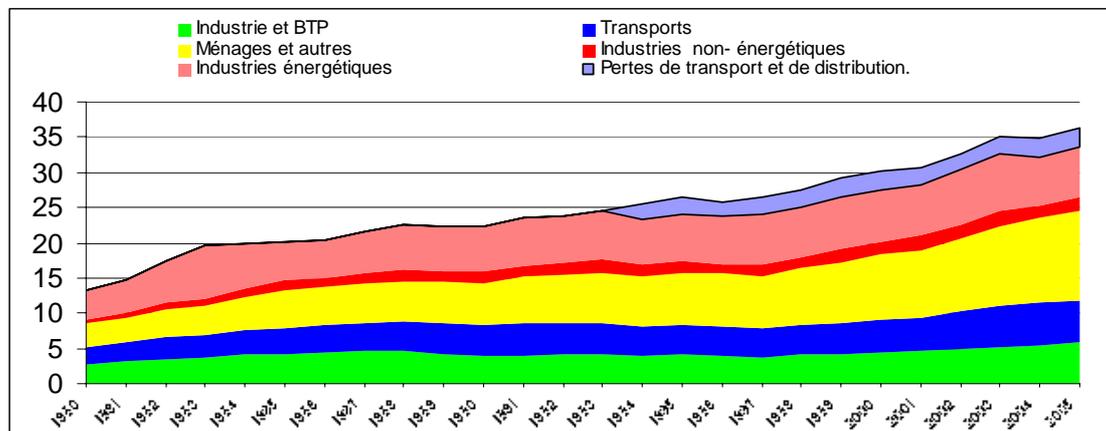
L'analyse de la demande énergétique en Algérie permet de fournir les éléments constitutifs du module Demande<sup>4</sup> dans le modèle MARKAL à savoir, les évolutions futures possibles de la demande d'énergie finale<sup>5</sup> dans les secteurs économiques en fonction des différents services demandés (transport, chauffage, éclairage..), et aussi les paramètres technico-économiques des technologies de demande susceptibles d'être utilisées pour produire ces services.

Nous faisons en premier lieu une rétrospective sur l'évolution de la demande d'énergie et sur les caractéristiques des différents secteurs demandeurs d'énergie finale, où nous essaierons d'expliquer leur organisation. Nous nous intéressons pour cela aux trois secteurs: Transport, Industrie et Résidentiel. En second lieu, nous estimons la consommation d'énergie dans les secteurs considérés à travers une approche de désagrégation bottom up. Nous essaierons en dernier lieu de présenter un scénario de référence pour la demande d'énergie qui pourrait alimenter notre modèle.

### II.1 Evolution rétrospective de la demande

Le graphique suivant illustre l'évolution des besoins énergétiques de l'Algérie par secteur d'activité entre 1980 et 2005.

Graph 2.1 : Evolution de la consommation globale d'énergie en Algérie (Millions Tep)



Source: Rétrospective du bilan énergétique MEM [2]

On peut constater que la consommation d'énergie en 2005 représente plus que 2,6 fois celle de 1980. Cette consommation est principalement tirée par le secteur résidentiel et

<sup>4</sup> Le module demande est constitué par les deux classes DM et DMD (Voir Partie Théorique)

<sup>5</sup> Nous rappelons que les demandes spécifiés dans le module Demande de MARKAL concernent la demande d'énergie finale. Les consommations d'énergie pour le secteur énergétique sont intégrées comme « Utilités » consommés par les technologies de production d'énergie primaire et secondaire

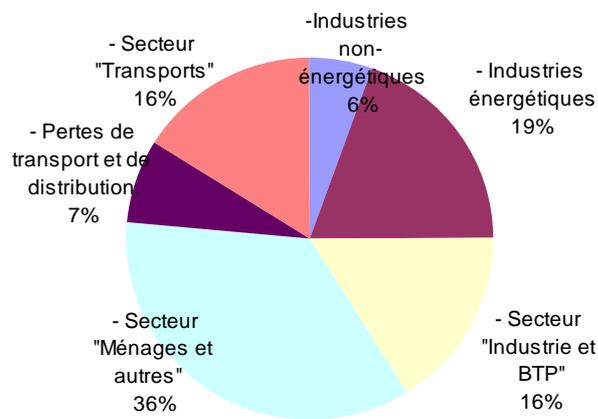
commercial<sup>6</sup>, les industries énergétiques et le secteur des transport représentant respectivement 36%, 19% et 16% en 2005.

Les pertes d'énergie, principalement dans le réseau de transport et de distribution d'électricité ont par ailleurs atteint un niveau important et représentent près de 7% de la consommation d'énergie totale.

Sur les dix dernières années marquant cette évolution, le taux de croissance annuelle moyen de la consommation a atteint 3,2%. Le poste « ménages et autres » est le principal facteur contribuant à cette croissance, avec un taux de 5,8%. La croissance annuelle moyenne des transports a par ailleurs été de 3,2%.

D'après le bilan énergétique en Algérie, la consommation d'énergie finale en 2005 a atteint près de 36 Millions de Tep, cette consommation est répartie comme illustré dans la figure ci dessous :

Graph. 2.2 : Consommation d'énergie par secteur d'activité en 2005 (année de référence)



Source : Bilan énergie MEM 2005

La part de la consommation interne représente 67% de l'énergie totale consommée en Algérie. Cette consommation représente les consommations des secteurs économiques qui sont les utilisateurs finaux de l'énergie (End User Sectors) à savoir le transport, l'industrie et le poste « ménages et autres » regroupant le secteur résidentiel, commercial et l'agriculture\* (ces secteurs ne sont pas ventilés dans le bilan du ministère de l'énergie). Le reste de l'énergie (33%) est consommée par les industries énergétiques de transformation et aussi dans les usages non énergétiques, principalement en pétrochimie et dans les travaux publics.

Par ailleurs, il faut noter que 98% de l'énergie totale consommée en Algérie est de source fossile non renouvelable, ce qui pose au pays un vrai enjeu de diversification de ces ressources énergétiques afin d'assurer la pérennité de ses approvisionnements énergétiques accrus.

<sup>6</sup> Le poste « ménages et autres » inclut principalement le secteur résidentiel et commercial

## II.2 Caractéristiques des différents secteurs d'activité

### II.2.1 Le secteur du transport

#### *a) Brève rétrospective du secteur*

Après l'indépendance, l'Algérie a tenté de faire face aux besoins accrus de mobilité des personnes et des marchandises, par la mise en place de grandes entreprises publiques de transport, qui avaient le monopole national ou régional et qui évoluait dans un système où l'état dictait les règles de conduite, et où les tarifs de transports étaient administrés. Ces entreprises dont l'activité n'étaient pas tirées par le profit et la performance, et fortement contraintes par les tarifs administrés, n'ont pas pu avoir la performance escomptée et ont souvent eu recours aux subventions pour combler leur déficit.

Un tel système a montré ses limites, notamment avec la crise économique des années 80, qui a réduit les ressources de l'état et a lui imposé le rationnement de ses dépenses de subventions aux entreprises du secteur et aussi de financement des infrastructures. Cela s'est fortement répercuté sur les capacités offertes de transport et sur la qualité de service, et a entraîné de très fortes tensions sur l'offre de transport existante.

Au cours de la décennie 90, l'état a entamé un processus de réformes du secteur à travers la libéralisation et la démonopolisation des activités de transport, laissant place au capital privé. Plusieurs mesures ont été adoptées pour ce faire [10] :

- Adaptation du dispositif juridique encadrant et organisant les activités de transport,
- Ouverture des activités de transport, terrestres aérien et maritime à l'initiative du capital privé national et/ou étranger,
- Séparation de l'infrastructure et de l'exploitation,
- Recherche de nouvelles formules de financement des infrastructures de transport à travers notamment le régime de la concession.

Les réformes du secteur des transports ont permis dans une certaine mesure d'augmenter les capacités de transport dans les différents secteurs, mais beaucoup restent à faire pour améliorer l'efficacité du système de transport et surtout la qualité des prestations. En effet, l'Algérie accuse un retard important en termes d'adaptation à la forte évolution des trafics et de modernisation des transports, et souffre de multiples contraintes organisationnelles, administratives<sup>7</sup> et de coordination intermodales et intersectorielles, ce qui fait que les indicateurs de performance du système de transport<sup>8</sup> restent mauvais.

---

<sup>7</sup> Par exemple : les formalités douanières et autres contrôles aux frontières ainsi que ceux d'ordre administratif et financier influent de manière négative sur la fluidité du trafic international

<sup>8</sup> L'indice de performance d'un système de transport se mesure par la possibilité offerte aux utilisateurs de bénéficier des prestations permettant le déplacement dans des conditions optimum de coût (en temps et en argent), de qualité et de sécurité.

## **b) Structure du secteur et les différents modes de transport**

Le parc de transport en Algérie peut être distingué en deux catégories : le transport de voyageurs et le transport de fret. Notre analyse du système de transport porte sur les trois modes : routier, ferroviaire et aérien, qui servent à satisfaire la demande de transport de voyageurs et de marchandises.

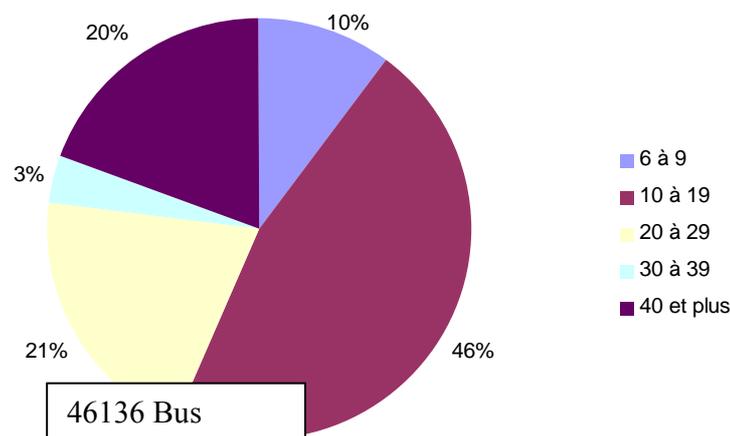
### **Le mode routier**

Nous distinguons le transport en commun du transport individuel par voiture particulière.

Le **transport en commun** en Algérie est caractérisé par la dominance du secteur privé et par le foisonnement des opérateurs. Le nombre de véhicules est estimé à 48579 véhicules pour 43 356 opérateurs, soit 1,1 véhicules par opérateur. Cela illustre la grande atomisation du marché des transports en commun, qui a eu un grand effet sur la qualité de la prestation de transport, notamment par le manque d'organisation et de professionnalisme des opérateurs. La capacité de transport, mesurée par le nombre de places offertes est estimée à près de 1,8 millions de places.

Si l'on observe la composition du parc, on pourrait se rendre compte de la prédominance des fourgons et minibus. En 2002, sur un total national de 46160 véhicules entre autocars et autobus, les fourgons et minibus de moins de 20 places représentent près de 56% du nombre total comme le montre le tableau suivant [11]

Graphique 2.3 : Composition du parc de bus en Algérie (2002)



Source : Etude université de Batna, 2002

**Le transport individuel par voiture particulière :** Le transport par voiture particulière a connu un développement considérable en Algérie, où le parc de voitures particulières

est estimé à 1,65 Millions de voitures en 2005. Ce parc est caractérisé par l'augmentation de la part des véhicules diesel qui représente en 2005, 13% sur l'ensemble des véhicules de tourisme .

**Transport de fret routier :** La route continue à dominer le transport de fret, où le tonnage transporté par ce mode est estimé à 96% de l'ensemble du fret. Le transport de marchandises en Algérie est réalisé par un parc de véhicules utilitaire caractérisé par la grande part des véhicules de petit tonnage (camionnettes) qui représentent 64 % de ce parc.

Il faut noter aussi qu'une grande part des véhicules utilitaires en 2005 (année de référence), sont de petit tonnage et de motorisation Essence. Par rapport au tonnage moyen considéré (1 tonne), nous estimons cette part à 50% du parc de camionnettes.

### **Le transport ferroviaire**

Le transport ferroviaire en Algérie est assuré par l'entreprise nationale SNTF qui a le monopole sur le marché national du transport de voyageurs et de marchandises, et exploite 3572 km de lignes ferroviaires. L'activité de transport par chemin de fer a connu une reprise au début des années 2000 après la baisse sensible de l'activité pendant les années 90. Toutefois, l'activité a baissé en 2005 par rapport à 2004. Le nombre de voyageurs transporté en 2005 est de 25,7 millions de voyageurs et le tonnage transporté est évalué à 6,7 millions de tonnes.

Le parc de locomotives dont dispose la SNTF est constitué principalement par des locomotives Diesel qui représentent près de 94% du parc en 2004.

### **Le transport aérien**

L'activité de transport aérien est évaluée à 6,75 Millions de voyageurs en 2004 et à 28,2 milles Tonnes de fret. On peut constater que le transport aérien domestique a connu une baisse considérable en 2003 à cause d'une réduction des capacités de transport sur le marché national. Pour le transport de fret, le tonnage transporté connaît une augmentation de 3,6% entre 2001 et 2004, tiré notamment par le développement du fret international. (Annexe 2)

### **Le transport maritime**

Le transport maritime des voyageurs concerne principalement le transport international vers le sud de l'Europe (Espagne et France), qui a connu une augmentation de 5% entre 2002 et 2005 du nombre de voyageurs transportés malgré la réduction du nombre de traversées, ce qui est principalement dû à l'augmentation des capacités des navires avec le renouvellement de la flotte.

Le transport de fret sous le pavillon national a connu une baisse très sensible qui est dû principalement au transport sur les lignes non régulières. Cette baisse se justifie dans la

sensible réduction des capacités de transport de la CNAN (entreprise nationale de navigation)

## **II.2.2 Le secteur industriel**

### ***a) Rétrospective du secteur industriel***

Pendant les années 60-70, l'Algérie avait accordé au secteur industriel la priorité dans sa politique de développement économique, et a opté dans ce sens pour une stratégie d'industrialisation massive, inspirée du concept de «l' Industrie industrialisante », dont l'objectif est de développer les activités industrielles structurantes qui permettent de développer d'autres activités dans les différents secteurs de l'économie nationale, particulièrement les produits et les équipements qui contribuent à améliorer la productivité dans ces secteurs. Le choix de cette stratégie avait pour objectif de limiter le recours aux importations d'équipements pour alimenter l'industrie nationale et de favoriser de ce fait un développement économique indépendant de l'extérieur.

La stratégie d'industrialisation de l'Algérie s'est appuyée sur les ressources financières dégagées par le secteur des hydrocarbures et a été implémentée à travers des plans d'investissement moyen terme, qui étaient élaborés et pilotés par le gouvernement central.

Dans le cadre de ce système économique planifié, de grandes entreprises ont été mises en place dans les secteurs industriels structurants<sup>9</sup>, dont l'outil de production était des usines de grandes capacités livrées « clé en main » et dont l'activité n'obéissait pas aux règles de compétitivité et de performance. Ces entreprises qui souffraient de surcapacités, de manque d'innovation et de ressources humaines compétentes, avaient en conséquence une faible productivité et l'état intervenait fréquemment pour combler le déficit de leurs activités.

Cette organisation du système industriel n'a pas pu résister, surtout avec la crise économique des années 80, qui a imposé à l'Algérie la restructuration du secteur. Cette dernière visait à libéraliser le secteur en instaurant la concurrence et en permettant le développement d'une industrie privée. Le désengagement de l'état a débouché à la liquidation de plusieurs entreprises industrielles non solvables, et a eu pour conséquences une désindustrialisation massive avec un impact très important sur l'emploi dans l'industrie.

Il faut noter que la libéralisation du secteur industriel a été accompagnée d'une libéralisation du commerce international; celle-ci n'a pas du tout arrangé l'industrie nationale souffrant de faiblesses structurelles et étant de ce fait non préparée à cette

---

<sup>9</sup> Tels que la sidérurgie, la production de véhicules industriels, la production de biens d'équipement agricole et de matériaux de construction, et

ouverture de leur marché domestique. En effet, les importations ont accru significativement pour prendre des parts de marché importante aux entreprises industrielles nationales. Ces dernières avaient donc beaucoup de mal à résister à cette nouvelle donne économique.

Par ailleurs, le secteur privé national n'a pas pu connaître l'essor voulu, pour empêcher le déclin industriel, en raison d'une part, d'un manque d'adaptation aux règles de compétitivité imposées par l'économie de marché, et d'autre part, d'un environnement administratif contraignant (bureaucratie, lourdeur du système bancaire.. ).

A partir de 2000, l'Algérie est rentrée dans une période dite de stabilisation de son économie [12], notamment à travers un certain nombre de réformes, visant à rationaliser l'environnement de l'entreprise, et à attirer les investissements étrangers dans le secteur industriel. Ces principales réformes concernent :

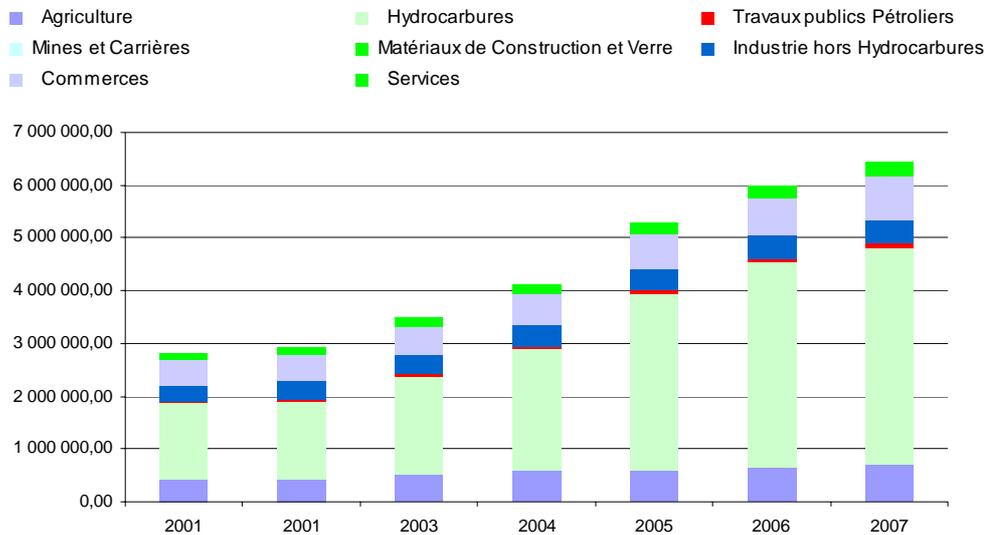
- L'assainissement du cadre juridique et institutionnel : (amélioration des procédures pour la création d'entreprises, incitations fiscales, ... )
- La mise en place des ajustements nécessaires face au dérèglement observé lors de la transition à l'économie de marché (lancement des réformes du secteur financier, mise en place d'organisme de promotion d'investissement, régulation du commerce extérieur,.. )
- L'adoption de politique macro économique (taux de change, inflation ) visant à instaurer un climat d'investissement stable et attractif

Cependant, la faiblesse de l'industrie algérienne, notamment par le manque d'innovation et de compétences professionnelles, a fait que le produit industriel algérien avait du mal à concurrencer les produits importés. Le secteur industriel hors hydrocarbures continue à décliner avec le déclin des entreprises publiques, et le marché algérien demeure un marché attractif pour les exportateurs étrangers.

## ***b) La structure de l'industrie algérienne***

L'Algérie a connu une désindustrialisation massive pendant la période de libéralisation et de désengagement de l'état, où un grand nombre d'entreprises industrielles publiques ont fermé. L'industrie énergétique et particulièrement l'industrie des hydrocarbures a par ailleurs connu un essor remarquable, notamment dans le cadre de l'ouverture du secteur aux investisseurs étrangers en 1986. Cette industrie, fort consommatrice d'énergie, a une part importante dans l'activité économique nationale et a représenté 50% de la production intérieure brute du pays en 2004, et 66% en 2005. Le schéma ci-dessous illustre

Graph 2.4 : Répartition selon la production intérieure brute (Millions DA)



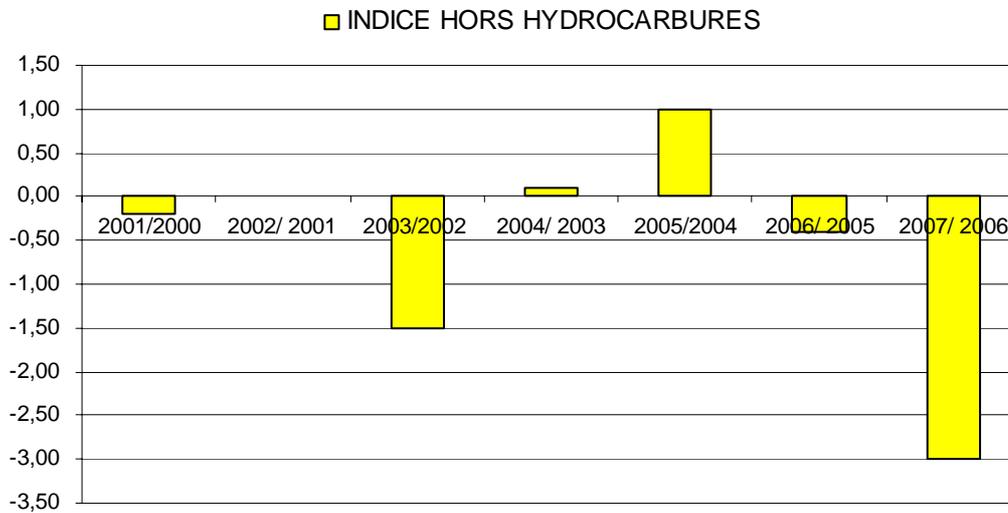
Source : ONS

\* tva et droits de douanes exclues de la PIB

L'industrie des hydrocarbures est donc le pilier de l'économie nationale alors que l'industrie hors hydrocarbures ne représente que 15% de la production intérieure brut dont 9% est réalisé par le secteur du bâtiment qui est tiré par les grands chantiers lancés par l'état et financé par des dépenses budgétaire accrues. La faiblesse de l'industrie hors hydrocarbures fragilise notre économie puisqu'elle accroît la dépendance aux importations de biens industriels, qui n'est possible que grâce aux revenus des exportations d'hydrocarbures.

En outre, l'indice de production industrielle hors hydrocarbures en Algérie, calculé par l'Office National des Statistiques, montre un déclin de l'industrie hors hydrocarbures en 2006 et 2007. Cette situation a entraîné le lancement par les autorités du pays d'une réflexion pour relancer l'industrie et limiter l'effet déstructurant que pourrait avoir ce déclin sur l'économie nationale.

Graph. 2.5 : Evolution de l'indice de production industrielle en Algérie (Année de base...)



Source : ONS

Dans ce contexte, une nouvelle stratégie a été tracée, qui vise à renforcer l'industrie par la création de pôles compétitivité. [17]

## II.2.3 Secteur résidentiel

### a) Brève rétrospective du secteur

Depuis l'indépendance du pays, le secteur résidentiel en Algérie a connu des mutations importantes avec l'urbanisation intensive causée d'une part par l'explosion démographique et d'autre part, par l'exode vers les grandes villes du Nord. Cette exode se poursuit aujourd'hui à cause des inégalités de développement entre les différentes régions du pays. (près de 90% de la population algérienne est concentrée dans 12% du territoire, la population urbaine représente aujourd'hui près de 80 % de la population totale)<sup>10</sup>. Cependant, le processus d'urbanisation a été problématique dans la mesure où celle-ci s'est développée de manière anarchique, et l'habitat informel dans les grandes villes a atteint en 2000 plus de 20% du parc de logement existants [13].

Il est possible de distinguer 5 étapes dans l'évolution caractérisant le secteur résidentiel en Algérie [13].

**Croissance démographique et exode rural (1962 – 1970) :** La population algérienne, constituée à 90% de population rurale pendant la colonisation, a commencé à investir les villes après le départ des colons français

<sup>10</sup> Source : ONS, 2006

**Explosion urbaine et programme de développement public (1970 – 1985) :** Suite à l'exode rural et à l'explosion démographique, la demande de logements urbains est telle que les villes atteignent un seuil de saturation, qui a entraîné le développement d'un habitat informel important sous des formes diverses (bidon villes et habitat illégal en matériaux élaborés) et sur des sites non planifiés. L'état engage des programmes importants de logements et d'équipements sur des zones urbaines nouvelles. Ces programmes constitués principalement de logements collectifs standard de type H.L.M., ont contribué à l'étalement important des villes sur les espaces périphériques ou sur des zones souvent éloignées des villes. ...

**Crise économique et ralentissement (1985 – 2000) :** Cette période coïncide avec la crise économique que connaît le pays suite à la chute des prix de pétrole et la baisse conséquente des ressources de l'état, qui lui a imposé la mise en place de plusieurs mesures de désengagement, l'état n'est plus le seul acteur sur l'espace urbain.

Les principales mesures prises concernent la régularisation de l'habitat illégal, la libéralisation du marché foncier, la libéralisation des prestations d'études (assurées par des bureaux d'études étatiques, et le désengagement de l'état de plusieurs projets planifiés, principalement les projets d'infrastructure et d'aménagement des territoires, Ces mesures de libéralisation, évoluant dans un contexte socio économique et politique tendu, et non accompagnée de régularisation efficace et rigoureuse, ont consolidé l'anarchie et débouché sur une urbanisation déstructurée, ne répondant pas aux normes architecturales et d'occupation des espaces.

**Redressement économique et reprise de l'action publique sur la ville (2001 – 2004) :** Le début d'une embellie financière grâce au redressement des prix du pétrole, permettent le lancement d'opérations publiques d'amélioration urbaine, de lancement de projets d'habitat et d'équipements et l'encouragement de l'investissement privé dans l'immobilier.

**Actions structurantes et projets urbains (2005 – 2009) :** L'embellie financière, devenue consistante, a permis de relancer les projets mis en veilleuse (le métro d'Alger, l'autoroute nationale ...) et de lancer de nouveaux projets structurants d'envergure, et qui sont conçus dans une démarche nouvelle axée sur l'élimination des déséquilibres spatiaux et l'insertion des villes dans une nouvelle perspective de modernisation et de mise en conformité aux normes universelles.

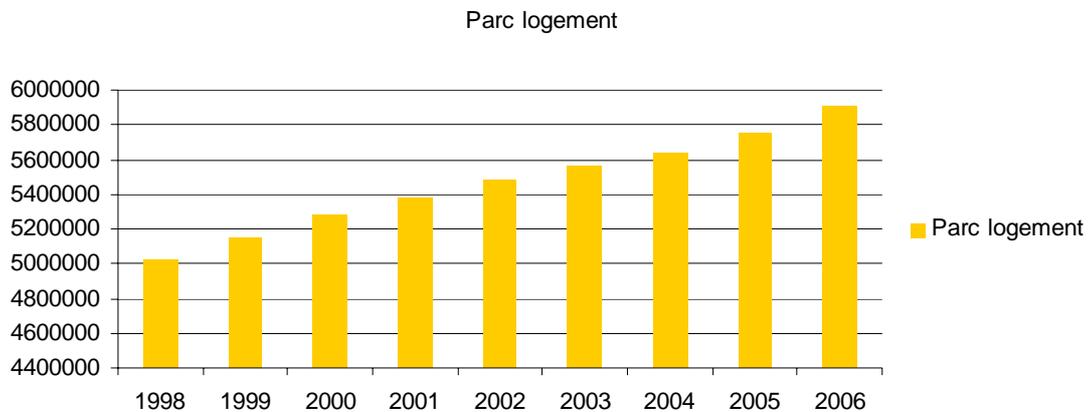
## ***b) Structure du secteur résidentiel***

Pour faire face à la demande croissante de logements, l'Algérie a réalisé plusieurs programmes de logements incluant principalement les logements collectifs. Malgré les efforts consentis, la crise de logements continue à persister avec la croissance de la demande. L'état a donc opté pour le lancement d'un vaste programme de réalisation sur la période 2005-2009 pour atteindre un objectif ambitieux de 1 000 000 de logements sur cette période. Nous illustrons ci dessous l'évolution du parc de logements en Algérie entre 1998<sup>11</sup> et 2006

---

<sup>11</sup> Année de recensement de la population

Graph. 2.6 : Evolution du parc de logements



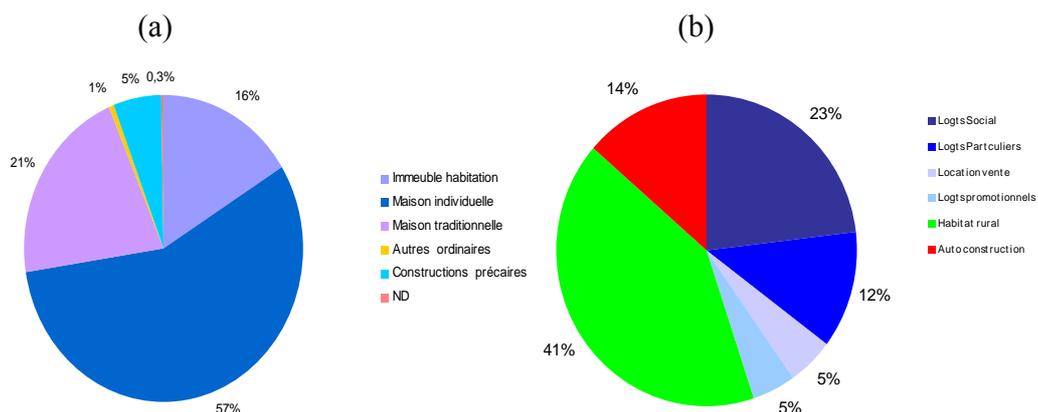
**Source : ONS**

\* Les réalisations n'incluent pas l'auto construction entre 99 et 2006

Le parc de logements est donc passé de 5 millions de logements en 1998 à 5,9 millions en 2006, soit un taux de croissance annuel moyen de 2%. Cependant, le nombre de logements occupés est estimé à 81% en 1998 (Enquête de l'ONS), ce qui équivaut à près 1000000 de logements vides cette même année.

La répartition des logements occupés par type en 1998 ainsi que la typologie des nouveaux logements réalisés ces trois dernières années sont représentées par le graphique suivant :

**Graph. 2.7 a) Répartition des logements occupés par type en 1998 – b) Typologie des nouveaux logements réalisés ces trois dernières années**



**Source: ONS**

Nous pouvons constater que la plus grande part du parc de logements, soit 78%, est représentée par les maisons individuelles et traditionnelles, alors que les habitations collectives représente 16%, une part qui est en augmentation compte tenu du programme de logement en cours et aussi de l'urbanisation de la population. Par ailleurs, l'habitat rural a une part très importante (41%) dans les nouvelles réalisations, ce qui reflète une volonté du gouvernement de réduire l'urbanisation de la population avec ses implications négatives irréversibles sur l'économie et les territoires. Le logement collectif prend de l'ampleur et représente, toute formule d'acquisition confondue, près de 45% des nouvelles réalisations.

Il faut noter que le secteur résidentiel dépend fortement de la politique d'aménagement du territoire adoptée, qui conditionne la répartition de l'activité économique et corolairement celle de la concentration de la population. Dans ce contexte, un nouveau plan directeur d'aménagement du territoire a été proposé par le gouvernement SNAT 2025 [18], qui devrait être analysé pour définir des scénarios de concentration et donc d'évolution de la demande de logements en Algérie.

L'analyse de la structure du parc de logements en Algérie est essentielle dans l'estimation de la consommation énergétique du secteur résidentiel qui a une part dominante dans la demande d'énergie en Algérie.

## **II.3 Estimation de la demande d'énergie des principaux secteurs d'activité économique**

Après avoir présenté une vision générale sur l'organisation et la structure des principaux secteurs demandeurs d'énergie finale en Algérie à savoir le transport, l'industrie et le secteur résidentiel, nous procédons dans ce suit à l'évaluation de la demande d'énergie pour une année de référence<sup>12</sup> dans ces secteurs en se basant sur une approche de désagrégation « Bottom Up ».

### ***II.3.1 La demande d'énergie dans le secteur des transports***

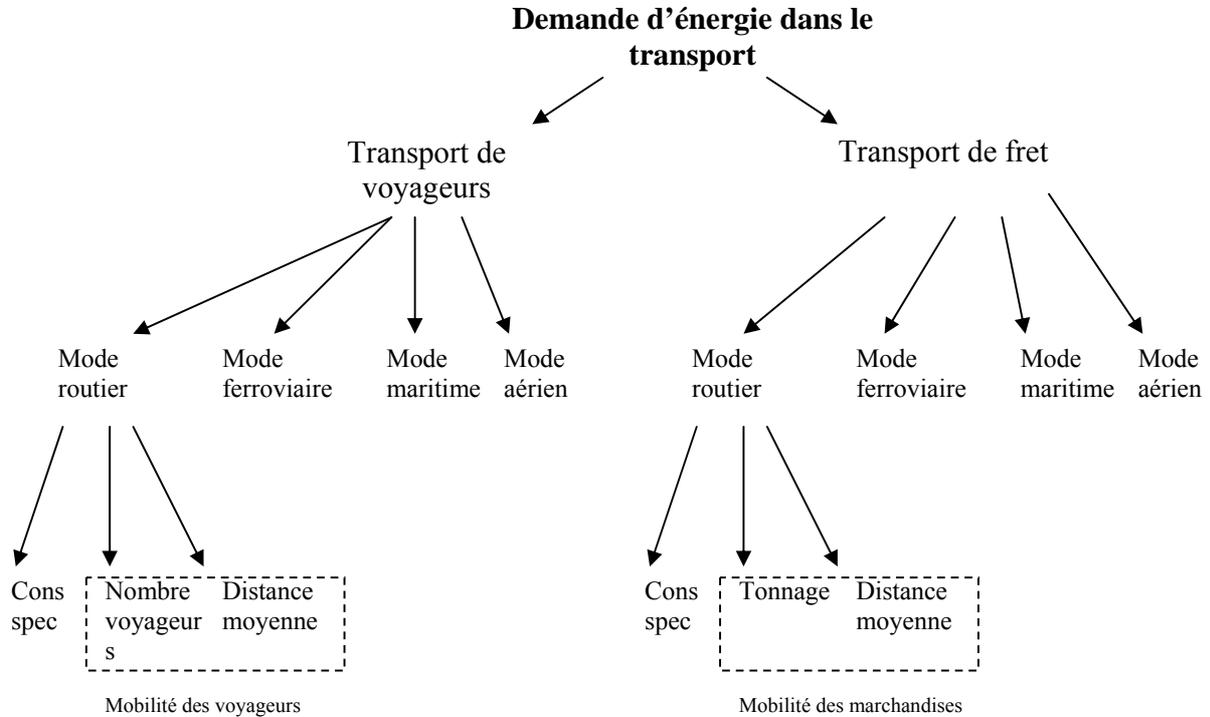
La désagrégation du secteur de transport en fonction de la structure du parc (modes et moyens de transport utilisés), les consommations spécifiques<sup>13</sup> des différents moyens, la mobilité des voyageurs et des marchandises, nous permet d'estimer la demande d'énergie pour une année de référence (2004 dans le cas des transports en raison de la disponibilité des données). Cette désagrégation est représentée de manière synthétique par le schéma suivant.

---

<sup>12</sup> C'est l'année de calage qui est choisie en fonction de la disponibilité des données de manière détaillée, pour pouvoir évaluer le plus finement possible la demande d'énergie.

<sup>13</sup> Les consommations spécifiques des différents moyens de transport peuvent être exprimées en termes d'intensités énergétiques (Kep/T.km ou en Kep/voy.km). On se basera sur cet indicateur pour les projections de la demande d'énergie.

**Fig. 2.1 Désagrégation Bottom Up pour les transports**



En se basant sur le schéma précédent et sur la structure du parc de transport, nous avons estimé les consommations d'énergies pour les différents moyens de transport considérés. Ces estimations sont présentées dans le tableau ci dessous :

**Tableau 2.1**

Catégories	mode	moyen de transport	Cons (10 <sup>3</sup> Tep)
Voyageurs (individuel)	roucier	Voiture Essence	1 786,87
Voyageurs (individuel)	roucier	Voiture Diesel	319,49
Voyageurs (commun)	roucier	Taxi Essence	165,41
Voyageurs (commun)	roucier	Taxi Diesel	28,39
Voyageurs (commun)	roucier	Bus (15 places)	193,90
Voyageurs (commun)	roucier	Bus (30 places)	108,70
Voyageurs (commun)	roucier	Bus (50 places)	162,36
Voyageurs (commun)	aérien	avion national	67,89
Voyageurs (commun)	aérien	avion international	295,97
Voyageurs (commun)	ferroviaire	train traction diesel	18,91
Marchandises	roucier	Camionnette 1 Diesel	567,17
Marchandises	roucier	Camionnette 2 Essence	590,80
Marchandises	roucier	Camion	1 055,32
Marchandises	roucier	Tracteurs Routiers	424,95

Marchandises	aérien	avion national	0,45
Marchandises	aérien	avion international	1,97
Marchandises	ferroviaire	train traction diesel	24,12
Voyageurs + Marchandises	maritime	Navires	367,4
<b>TOTAL</b>			<b>6 180,06</b>

D'après nos estimations, nous pouvons constater que la voiture particulière est de loin le mode le plus consommateur d'énergie dans le secteur des transports.

### **II.3.2 La demande d'énergie dans le secteur industriel**

La consommation d'énergie dans le secteur industriel est estimée à 16% en 2005 de la consommation d'énergie totale en Algérie, une consommation qui risque de croître fortement avec la stratégie industrielle mise en place dont le principe est de créer des pôles de compétitivité industrielle en fonction des avantages compétitifs des différentes régions en Algérie. Les industries énergivores pourraient se développer fortement notamment en raison des coûts attractifs de l'énergie en Algérie.

Afin d'analyser la demande d'énergie dans le secteur industriel et d'apprécier son évolution à long terme, nous procédons par une approche bottom up où nous désagrégeons le secteur par **branche, par activité et aussi par process**. Cette désagrégation permet d'identifier les facteurs déterminants ayant une influence sur la demande d'énergie tels que le niveau de production par process, les consommations spécifiques. L'évolution de ces facteurs conditionnera donc l'évolution de la demande d'énergie dans le secteur industriel

Tableau 2.2 : Branches et activités industrielles en Algérie

<b>Branches industrielles</b>	<b>Principales activités industrielles de la branche</b>							
SIDERURGIE-METALLURGIE	Fonte Liquide en Poche	Acier Brut	Ronds à Béton	Tubes d'Aciers	Tubes d'Aciers soudés	Tubes sans soudures	Charpentes Métalliques	Chaudronnerie
MATERIAUX DE CONSTRUCTION	Ciment	Plâtre	Chaux	Briques et Tuiles	Carrelage en Céramique	Verre Creux	Verre Plat	
INDUSTRIES CHIMIQUES ET PETROCHIMIQUES	Méthanol	Acétylène	Engrais Azotés	Engrais Phosphatés	Détergents	Peintures et Vernis	Revêtement de sol (Plast)	Autres Ouvrages en matières Plastiques T
	Tracte	Pompes à	Wagons	Camions	Accumulateurs	Electrique		

INDUSTRIES MECANIQUES ET ELECTRIQUES	<i>urs</i>					<i>es</i>		
INDUSTRIES AGRO- ALIMENTAIRES	<i>Farines et Semoules</i>	<i>Pâtes et Couscous</i>	<i>Huiles Alimentaires</i>	<i>Sucres raffinés et Agglomérés</i>	<i>Fruits et légumes (y compris confit jus,olives en conserves)</i>	<i>Eaux Minérales</i>	<i>Tabacs Manufacturés</i>	
TEXTILES ET CUIRS	<i>Fils- Coton Fibrane- laine</i>	<i>Tissus Finis</i>	<i>Couvertures Diverses</i>	<i>Chemises</i>	<i>Vêtements de Travail</i>	<i>Cuir bovins à dessous</i>	<i>Cuir ovins</i>	<i>Chaussures</i>
BOIS - PAPIERS - DIVERS	<i>Menuiserie</i>	<i>Papiers d'Impression et d'écriture</i>	<i>Papiers (yc)</i>	<i>Papiers minces</i>	<i>Liège aggloméré noir</i>			

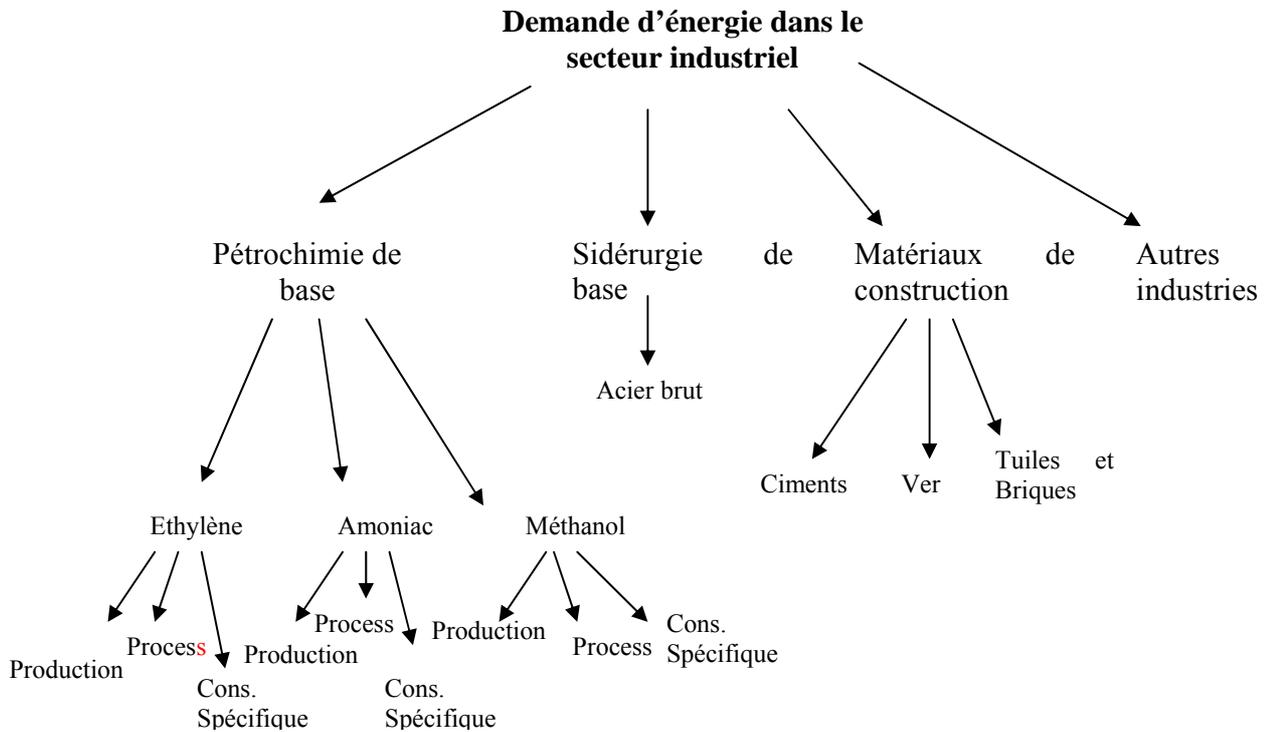
**Source: ONS**

Trois branches industrielles pourraient être particulièrement analysées, pour caractériser l'évolution de la demande d'énergie du secteur industriel en Algérie qui sont : la Sidérurgie, les matériaux de construction et la pétrochimie. Ces branches sont ciblées parce que d'une part, elles sont fort consommatrices d'énergies et d'autre part, elles joueraient un rôle déterminant dans l'avenir industriel du pays en raison notamment des choix stratégiques adoptés visant à valoriser les ressources naturelles disponibles pour les branches pétrochimie et la sidérurgie, et aussi à développer le bâtiment et l'infrastructure de base pour la branche matériaux de construction.

Pour chaque branche, nous analyserons les principales **activités industrielles** que l'on peut juger représentatives par leur consommation d'énergie et par leur poids dans la branche analysée. Dans ce sens, pour la branche pétrochimie, nous nous intéressons à la production des trois produits de base qui sont fortement consommateur d'énergie : l'éthylène, l'ammoniaque et le méthanol.

Le schéma ci dessous représente la désagrégation bottom up qui permet d'estimer la consommation d'énergie dans l'industrie en fonction des principaux paramètres. La consommation d'énergie est estimée pour les principales industries énergivores en Algérie.

**Fig 2.2 Désagrégation Bottom Up pour l'industrie**



Dans ce qui suit, nous illustrons nos estimations de la consommation d'énergie pour les principales activités de pétrochimie et de sidérurgie.

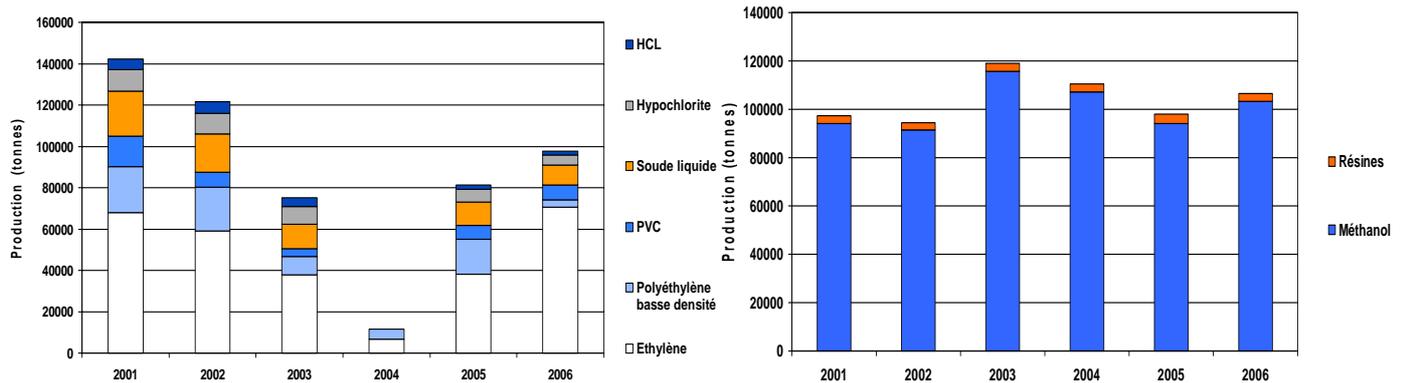
### **Consommation d'énergie dans l'industrie pétrochimique**

L'industrie pétrochimique en Algérie parmi les branches industrielles fort consommatrices d'énergie, qui s'est développé par le passé dans le sillage de l'industrie des hydrocarbures puisqu'elle constituait une voie de valorisation de ces derniers, notamment du gaz naturel. La pétrochimie présente des perspectives d'avenir prometteuses en raison du nombre de grands projets pétrochimiques lancés par le secteur de l'énergie en Algérie.

Le développement de l'industrie pétrochimique ne sera pas sans conséquences sur les consommations d'énergie dans le secteur industriel. Cette industrie produit un certain nombre de produits de base ainsi que des produits intermédiaires qui sont utilisés dans un grand nombre d'industries chimiques.

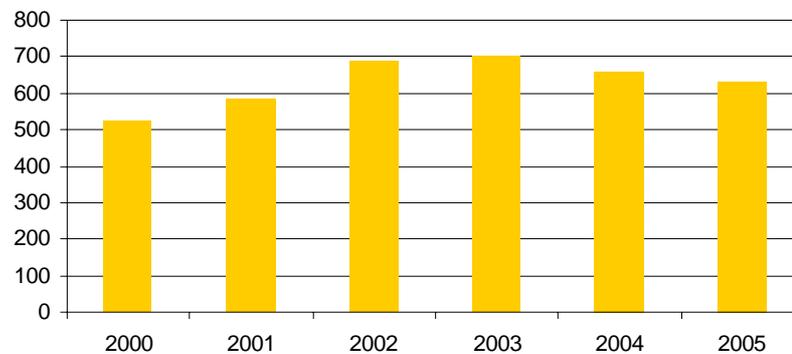
L'éthylène, le méthanol et aussi l'ammoniaque dont les niveaux de production sont illustrés dans les graphiques ci dessous, constituent les principaux produits pétrochimique de base en Algérie.

Graph. 2.6 Production des différents produits pétrochimiques en Algérie (dont l'éthylène et le méthanol)



Source : Rapports d'activité Sonatrach

Graph. 2.7 : Evolution de la Production de l'Ammoniaque (Milles Tonnes)



Source : ONS

Afin d'estimer les consommations d'énergie pour la production des trois produits pétrochimique considérés, on se base sur les consommations spécifiques des process qui sont évalués dans les différentes études, principalement l'étude de l'université de Berkeley [14] et l'étude faite par le consultant Mackinsey [15]. Le tableau ci dessous illustre nos estimations pour l'année 2005.

**Tableau 2.3 : Consommation d'énergie des principaux produits pétrochimiques**

2005				
	Production	Cons spécifique (incluant la charge) Gj/tonne	Tep /tonne	Consommation (10 <sup>3</sup> Tep)
Ethylène	38 196,00	50	1,19	45,47
Méthanol	94 200,00	38	0,90	85,23
Amoniac	630 000,00	40	0,95	600,00
Total				730,70

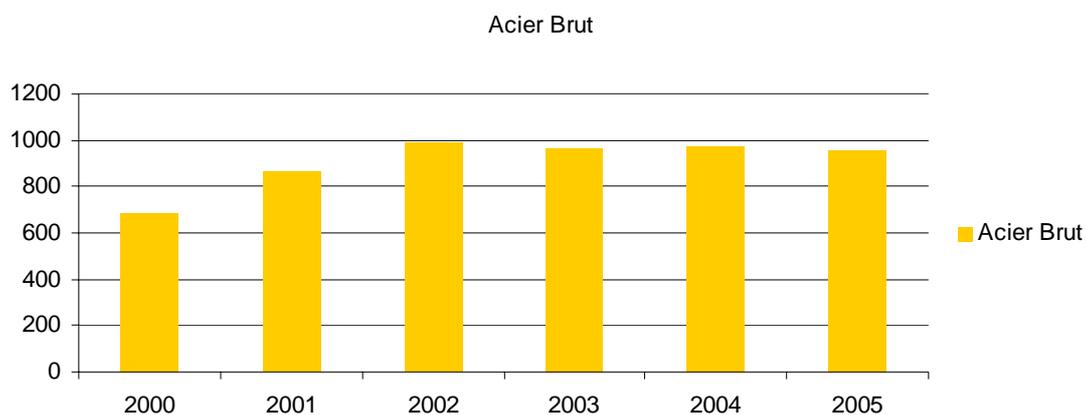
L'éthylène est donc le produit qui consommerait le plus d'énergie à la tonne produite en raison du procédé de vapocraquage. Nous avons tenu compte du fait que l'éthylène est produit à partir du vapocraquage de l'éthane, ce qui consomme moins d'énergie si une autre charge était utilisée

Il apparaît clairement des estimations faites que l'ammoniaque est le principal consommateur de l'industrie pétrochimique compte tenu du niveau de production élevé de ce produit comparativement aux autres produits

### Consommation d'énergie pour la production de l'acier

Le graphique ci dessous illustre l'évolution de la production de l'acier brut en Algérie, où on peut constater une relative stagnation entre 2002 et 2005

**Graph. 2.8 Production d'acier brut en Algérie (Milles tonnes)**



**Source: ONS**

Toutefois, l'industrie sidérurgique pourrait fortement évoluer notamment dans le cadre du développement du gisement de fer de Gara Djebilat.

**Estimation de la consommation spécifique pour la production de l'acier :** L'analyse du bilan énergétique des produits solides, qui sont consommés presque exclusivement dans l'industrie sidérurgique en Algérie, a montré que la consommation de la houille de charbon par les cokeries a été de 461 mtep et a permis de produire 439 mtep de coke sidérurgique dont 185 mtep est consommée pour la production d'énergie des hauts Fournaux et 253 mtep sont introduit comme matière première dans la composition de l'acier brut et qui se retrouve par la suite dans la consommation de l'industrie de transformation sidérurgique. La consommation spécifique pour le process sidérurgique sera donc 0,47 Tep/tonne d'acier brut. (Voir Tableau)

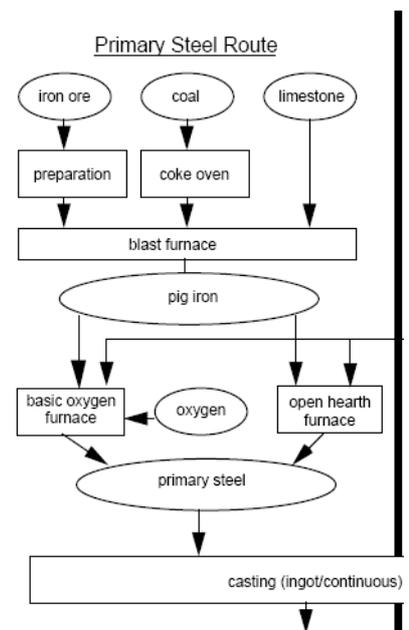
Tableau 2.4 : Répartition de la consommation d'énergie de l'acier brut (Année 2004)

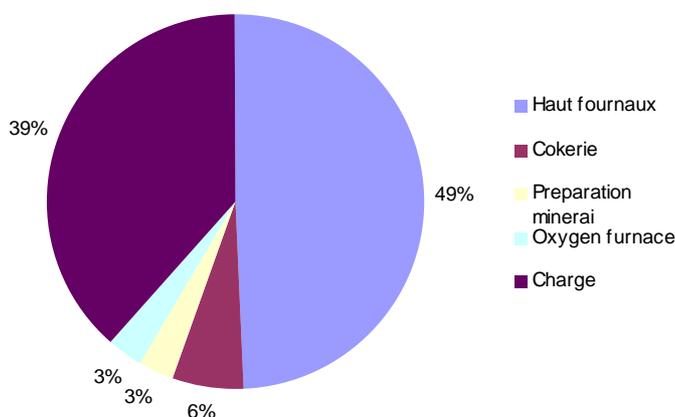
Production Acier Brut (10 <sup>3</sup> Tonnes)	977,50
Houille de charbon (10 <sup>3</sup> Tep)	461
Consommation d'énergie dans les cokeries (10 <sup>3</sup> Tep)	23
Coke sidérurgique produit (10 <sup>3</sup> Tep)	439
Dont Gaz de haut Fournaux (10 <sup>3</sup> Tep)	185
Charge pour l'acier brut (10 <sup>3</sup> Tep)	253
<b>Cons spec (énergie) (Tep/ tonne)</b>	<b>0,21</b>
<b>Cons spec (inclut charge) (Tep/ tonne)</b>	<b>0,47</b>

Il faut noter toutefois que cette consommation devrait être majorée de 6 à 10% pour inclure la consommation des autres opérations de préparation du minerai et de production de l'acier brut (conformément au schéma ci dessous)

Dans ce sens, si on se réfère aux estimations d'une étude à l'université de Berkeley [16], la consommation d'énergie spécifique du process classique de production d'acier brut (Etude US 1994) est estimé à 0,62 tep / tonne dont 50% est consommé dans les hauts fourneaux et 40% comme feedstock

Fig. 2.3 Répartition de la consommation d'énergie pour la production d'une tonne d'acier brut par un process classique





Source : Energy Efficiency and Carbon Dioxide Emissions Reduction Opportunities in the U.S. Iron and Steel Sector [15]

Les consommation spécifique que nous retenons pour la production de l'acier brut est donc de 0,52 tep / tonne (majoration de 10% par rapport aux estimations précédentes). En conséquence, l'énergie consommée en Algérie en 2005 pour produire 952 milles tonnes d'acier brut est de 492 milles Tep

### **III.3.3 La demande d'énergie dans le secteur résidentiel**

La consommation d'énergie du poste « ménages et autres » issue du bilan énergétique du Ministère de l'Énergie et des Mines en 2005 représente 35% de la consommation totale d'énergie, cela est principalement due au secteur résidentiel,

En effet, la consommation de ce secteur est estimée à estimée à près de 5,5 millions de Tep en 2003 par l'APRUE [9], ce qui représente une part de 50% par rapport à la consommation du poste « Ménages et Autres » du bilan énergétique.

Afin d'analyser la demande d'énergie dans le secteur résidentiel et d'apprécier son évolution à long terme, nous proposons le schéma de désagrégation « Bottom Up » présenté ci dessous. Cette désagrégation prend en compte:

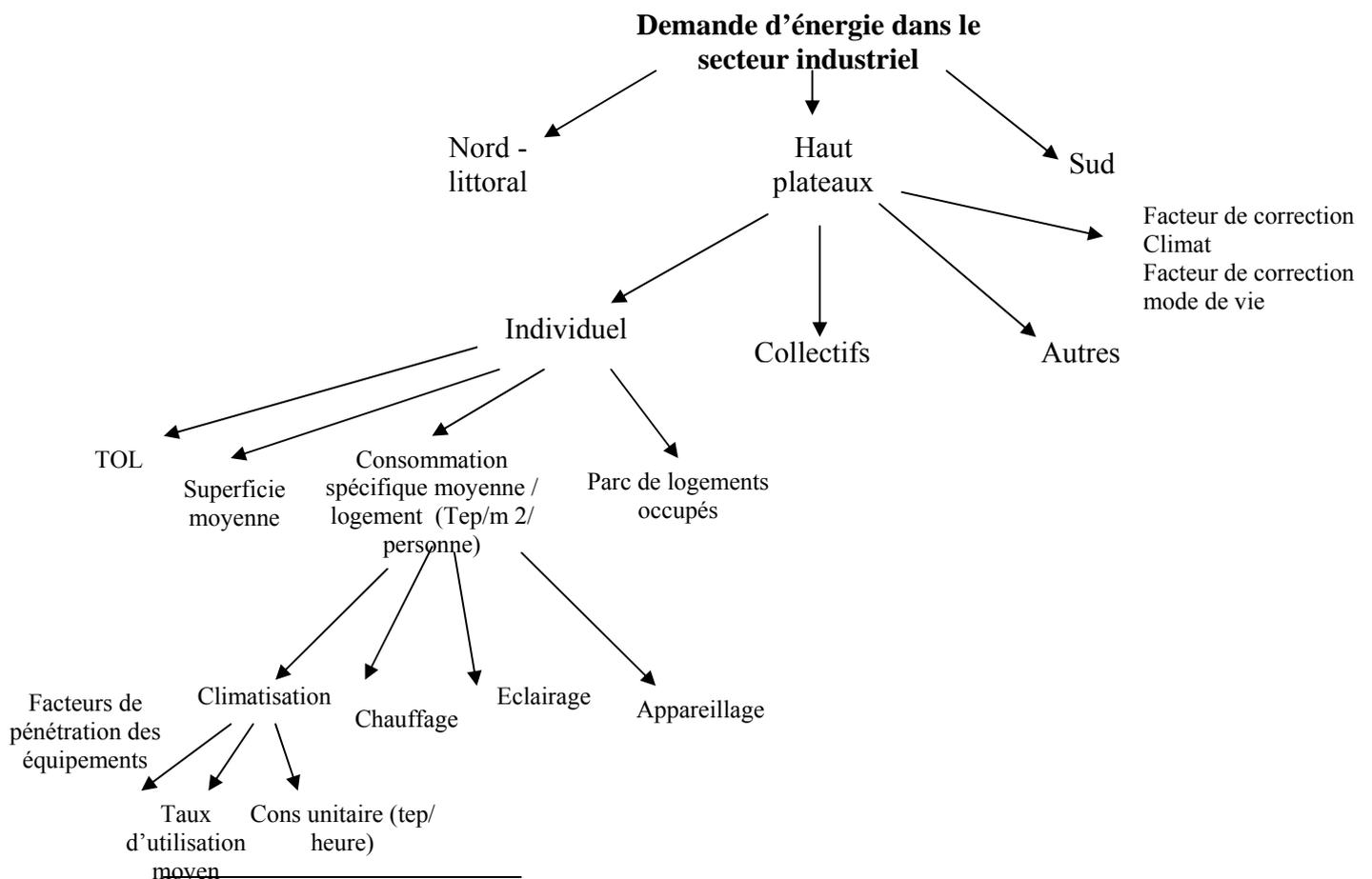
- Les régions de l'Algérie où nous considérons trois régions (littoral, hauts plateaux et sud)
- Les types de logements (collectifs, maisons individuelles... ) qui permettent d'estimer la consommation d'énergie en fonction des caractéristiques de ces logements en termes d'espaces, taux d'occupation et d'autres caractéristiques tels que les matériaux de construction et leur rôle dans l'isolation thermique des bâtiments.

- Les services énergétiques : chauffage, climatisation, appareillage (électroménagers), électronique spécifique (divers appareils électronique)
- Mode de vie : nous distinguons le mode de vie rural, urbain et grande agglomération.
- Climat : trois zones climatiques sont distinguées

Cependant, dans ce rapport, nous nous basons sur l'estimation de l'Aprue [9] pour évaluer la consommation moyenne par logement, que l'on va utiliser pour faire nos projections à l'horizon 2050. L'évaluation sur la base d'une approche « bottom up » détaillée s'avère une tâche ardue en raison du grand nombre de paramètres à estimer.

La consommation spécifique pour l'année 2003 évaluée sur la base d'un parc de logements occupés estimé à 4,5<sup>14</sup> millions de logements à 1,2 tep / logement.

Fig. 2.4 Désagrégation Bottom Up pour le résidentiel



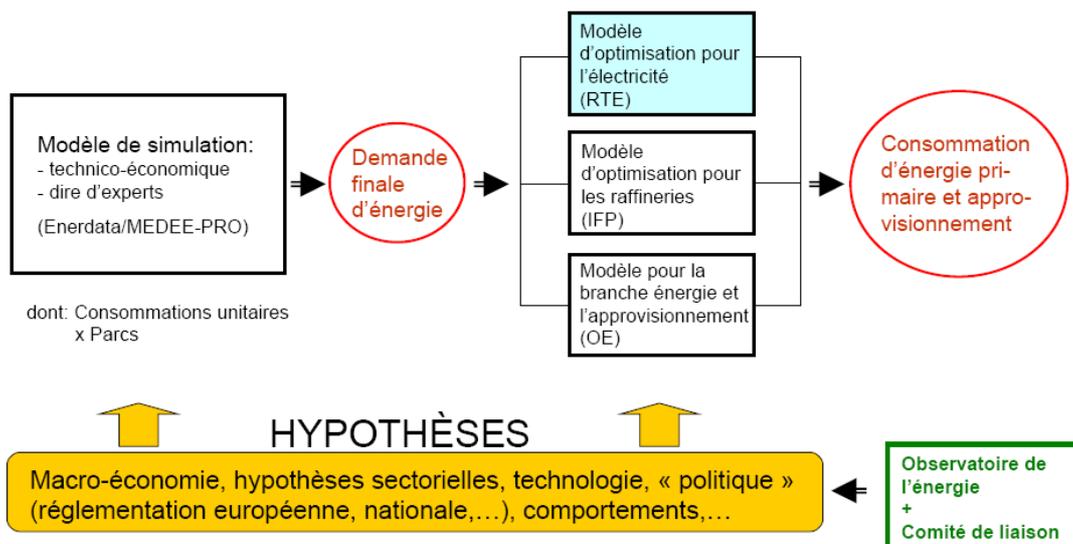
<sup>14</sup> Le parc de logements en Algérie a été de 5,6 millions, et le taux d'occupation est estimé à 80% qui est le ratio issu de l'enquête ONS de 1998.

## II.4 Projections de la demande énergétique en Algérie

Le point de départ de tout exercice de prospective énergétique est la définition de scénarios de demande énergétique du pays ou de la région étudiés. C'est en fonction de l'évolution de la demande que la chaîne d'approvisionnement d'énergie sera établie. La stratégie à déployer pour la mise en place de cette chaîne d'approvisionnement reposera donc sur les orientations pouvant être tirées de l'exercice de prospective qui permet de définir les futurs possibles, en tenant compte des contraintes que pourrait subir le système énergétique.

Nous illustrons par le schéma ci dessous l'organisation de l'exercice de prospective de la DGEMP en France

Fig. 2.5 Organisation de l'exercice de prospective de la DGEMP – France



Source : Scénario énergétique de référence - Rapport de synthèse [19]

Les scénarios possibles de la demande énergétique servent à alimenter les différents modules et modèles d'optimisation de la chaîne d'approvisionnement incluant l'énergie primaire et les différentes transformations. L'élaboration de scénarios de demande dépend principalement des hypothèses macro-économiques, sectorielles et aussi des politiques mises en place à l'échelle nationale ou européenne.

La prospective énergétique en Algérie est réalisée principalement par les acteurs du secteur de l'énergie, souvent de manière indépendante, dans le but de répondre à un objectif bien défini sur une période donnée (par exemple : mise en place du programme national de maîtrise de l'énergie « PNME », définition d'une stratégie de déploiement pour les entreprises énergétique,... ).

Les scénarios d'évolution de la demande d'énergie en Algérie sont donc réalisés par les différents acteurs et dépendent des objectifs et du contexte prévalant à leur réalisation. Toutefois, nous pouvons distinguer deux études de prospective où des scénarios d'évolution de la demande ont été tracés : i) l'étude de l'Aprue (titre) et ii) l'étude de l'AIE

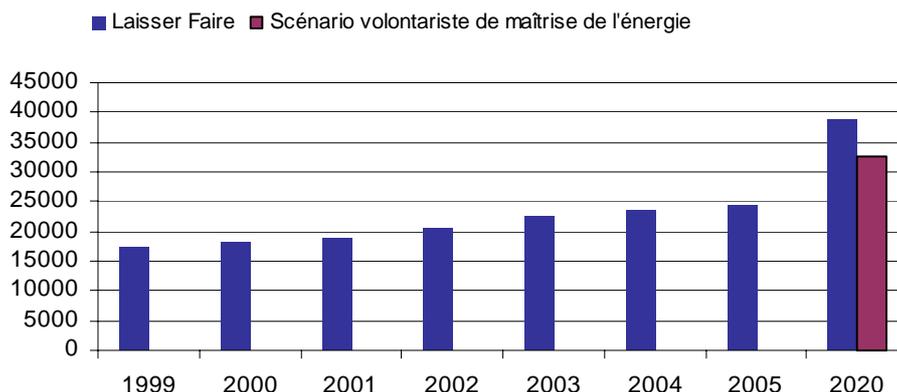
### II.4.1 Les projections de l'APRUE

L'exercice de prospective de l'APRUE a permis d'évaluer l'évolution de la **demande d'énergie finale**<sup>15</sup> des différents secteurs économiques., il a été réalisé à travers l'utilisation d'un modèle de simulation MEDPRO. Ce dernier demande de spécifier certaines données de cadrage telles que les données macroéconomiques portant sur la démographie, les indicateurs économiques, ainsi que les données relatives aux différents secteurs (transport, résidentiel, tertiaire et industrie).

Deux scénarios ont été distingués pour cet exercice :

- Un scénario de type laisser faire, qui reflète l'absence d'amélioration sensible des consommations unitaires d'énergie dans les différents secteurs.
- Un scénario de type volontariste, qui reflète un effort pour la maîtrise de l'énergie permettant une nette amélioration de l'efficacité énergétique ainsi que la pénétration des énergies renouvelables.

**Graph.2.9 Scénario de demande d'énergie de l'Aprue (milles Tep)**



Source : Aperçu sur la stratégie à long terme de la maîtrise de l'énergie en Algérie [9]

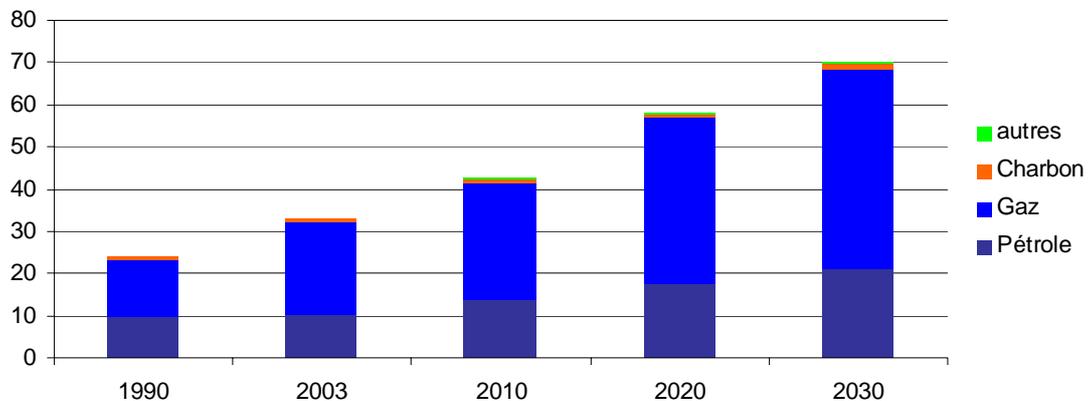
<sup>15</sup> Nous rappelons que cette énergie représente entre 60 et 70% de l'énergie totale consommée en Algérie

La consommation d'énergie finale estimée pour 2020 est de 38,8 Mtep dans le scénario laisser faire, et de 32,7 dans un scénario volontariste de maîtrise de l'énergie. Cela signifie qu'il est possible d'économiser 16% si des mesures de rationalisation sont mises en place.

## II.4.2 Les projections de l'AIE

Dans son rapport sur les perspectives énergétiques dans les pays du MENA[7], l'AIE a élaboré des projections de la demande d'énergie primaire en Algérie qui sont illustrés dans le graphique ci dessous :

**Graph. 2.10 Projections de la demande d'énergie en 2030 (Millions Tep)**

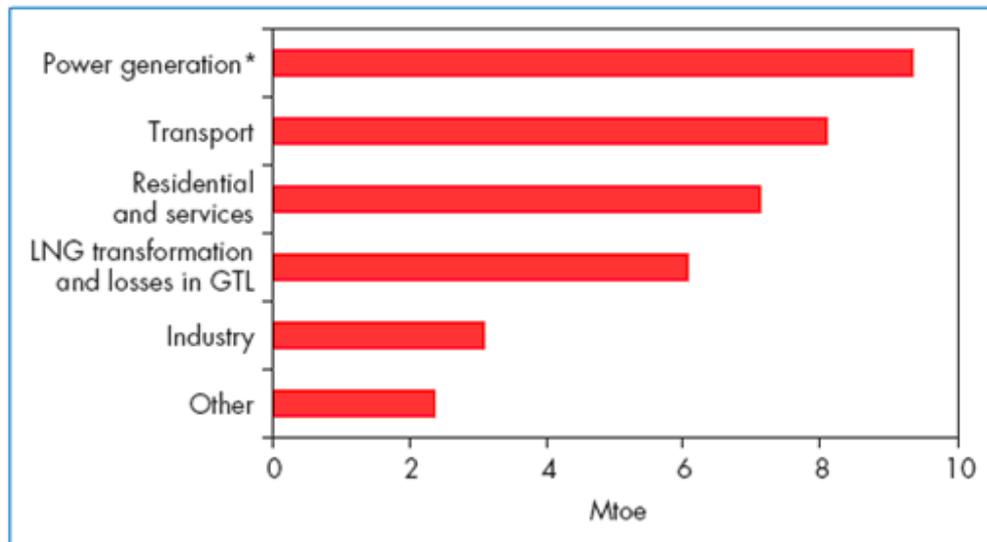


Source : WEO [7]

La consommation d'énergie primaire en Algérie à l'horizon 2030 est évaluée à 69,7 Mtep, ce qui représente une croissance annuelle moyenne de 2,8%. Cette consommation concerne principalement le gaz naturel qui connaît un essor remarquable et atteindrait 68% de la consommation totale.

D'après l'AIE, cette croissance de la consommation d'énergie primaire est principalement due à la demande du secteur de génération électrique qui connaîtrait une augmentation de 9,5 Mtep entre 2003 et 2020 (Graph. ). Le secteur des transports et le secteur résidentiel et tertiaire connaîtrait une augmentation respective de 7,5 Mtep et 8,5 Mtep.

Graph. 2.11 Besoins d'investissement dans le secteur de l'énergie à l'horizon 2030



\* Including water desalination.

Source : WEO [7]

## II.5 Elaboration d'un scénario de demande à l'horizon 2050

Afin d'élaborer un scénario de référence de la demande énergétique à l'horizon 2050, nous essaierons dans ce qui suit de tracer l'évolution jusqu'à cet horizon des variables déterminantes économiques, démographiques et aussi les autres variables caractérisant les secteurs d'activité (transport, industrie, résidentiel). Nous considérons pour ce faire un certain nombre d'hypothèses sur les futurs possibles de ces variables.

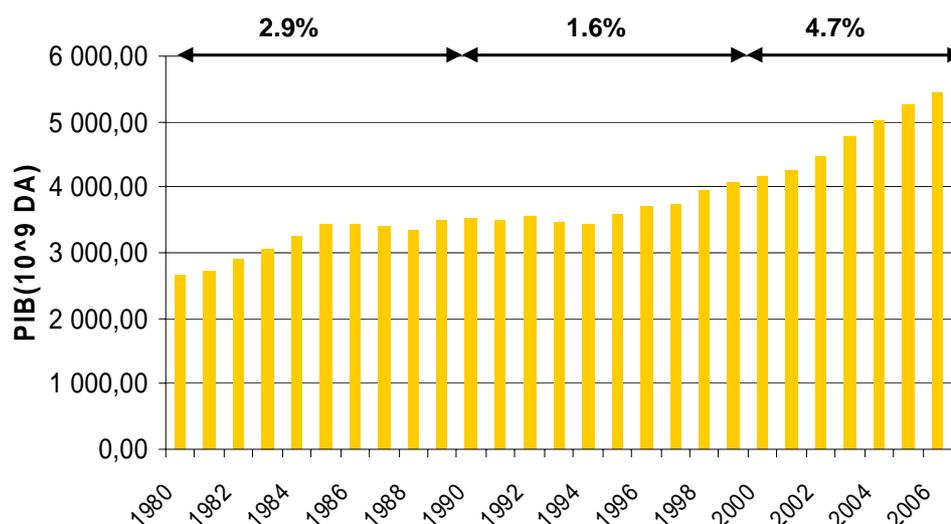
Les déterminants économiques nous permettent notamment d'évaluer la consommation d'énergie sur la base de l'évolution du PIB et de sa structure. L'indicateur clé pouvant être servir à cette évaluation est la **consommation d'énergie par unité de PIB** produite, qui représente l'intensité énergétique de l'économie.

L'évolution de la population nous permet d'apprécier sur la base de ses caractéristiques sociales et de son niveau de vie l'évolution de la **consommation d'énergie par habitant** qui serait un autre indicateur important pour l'évaluation de la consommation d'énergie totale.

## II.5.1 Les déterminants économiques

Le graphique ci dessous illustre l'évolution du produit intérieur brut en monnaie constante sur les trois dernières décennies (année de base 2001). Il est possible de constater que l'économie algérienne est passé par trois phases : la première phase est une phase de croissance moyenne de 3% jusqu'à la fin des années 80, l'économie nationale a connu un fléchissement important à partir de 1986 en raison de la crise économique provoquée par la chute des prix du pétrole (contre choc pétrolier) ; la deuxième phase de faible croissance, qui a été caractérisé par les problèmes économiques et sécuritaire connues en Algérie pendant la décennie noire, une crise qui a été aggravé par les bas prix de l'énergie à la fin des années 90 ; une troisième phase de relance de la croissance à partir de 2000, cette relance est principalement due à l'essor du secteur des hydrocarbures boosté par l'envolée des prix de pétrole à partir de 2003.

**Graph. 2.12 Evolution du PIB en Algérie**



\*:Prix constant, Année de base 2001.

**Source :FMI**

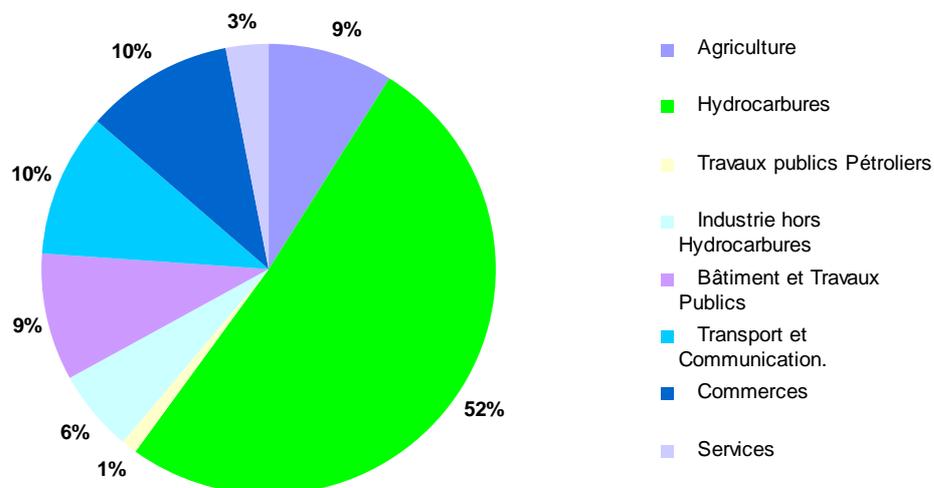
Ce qui peut être retenu de l'évolution rétrospective du PIB en Algérie est que notre économie est fort dépendante du secteur des hydrocarbures (voir répartition graphique) et par ce fait elle présente une grande sensibilité aux prix de l'énergie sur les marchés internationaux. L'enjeu majeur pour l'avenir de l'économie algérienne est donc la réussite de la diversification de la structure du PIB, cette diversification permettrait d'atteindre des niveaux de croissance importants compte tenu des possibilités de rattrapage économique possible. Le potentiel de croissance est élevé dans plusieurs

secteurs tels que l'agriculture, l'industrie agro alimentaire, le bâtiment, les services dont le tourisme. Le secteur des hydrocarbures serait toujours le moteur de cette diversification en la dotant des moyens de financement possible. Nous pouvons donc supposer dans le cas de référence que le PIB connaîtrait une croissance de 6% à l'horizon 2010-2015 soutenue par le secteur de l'énergie, du bâtiment et aussi l'agriculture, puis une accélération entre 2015-2025 autour de 7% avec l'arrivée des autres activités, notamment l'industrie lourde, la pétrochimie et les services, un taux qui est retenu par l'aprué dans son exercice de prospective. A partir de 2025, la croissance du PIB pourrait connaître un fléchissement en raison principalement des contraintes sur le secteur de l'énergie (2-3% de croissance).

### a) La structure de l'économie nationale

La structure sectorielle de l'économie nationale a un impact direct à la fois sur la croissance économique, mais aussi sur les besoins d'énergie requis par les différentes activités économiques. Nous pouvons illustrer ci dessous les parts relatives des différents secteurs économiques dans la richesse économique de la nation exprimée par sa production intérieure brute.

Graph. 2.13 Structure de l'économie algérienne



Source : ONS

Le secteur des hydrocarbures représente donc plus de 50% de la production intérieure brut en Algérie en 2007, alors que l'industrie ne représente que 15 % si on comptabilise dans ce secteur le bâtiment et les travaux public qui représentent 9% de la production intérieure brute.

## b) Diversification du PIB

Les projections de diversification de la structure du PIB faite par l'Aprue, montrent une réduction sensible de la part des hydrocarbures à l'horizon 2020, qui pourrait représenter 20%, les secteurs des services et de l'industrie vont accroître leurs part pour atteindre respectivement 46% et 22% de l'économie.

### II.5.2 Les déterminants démographiques

La population algérienne est estimée à 33,8 millions en 2006, qui a cru de 1,8% par rapport à l'année 2005. D'après le tableau ci dessous, nous pouvons constater une légère reprise du taux de croissance de la population après la baisse enregistrée au début des années 2000. Toutefois. Il faut noter que globalement le taux de croissance de la population est en baisse par rapport aux décennies précédentes, une tendance qui va perdurer d'après et les experts démographes qui s'accordent sur le fait que la structure démographique tend vers une structure de type européen (faible croissance démographique, taux de fécondité de l'ordre de 2 enfants par femme).

Désignation	1990	1999*	2003**	2004***	2005	2006
Population à la fin de l'année	25022	29965	32 100	32 628	33 184	33 779
Taux de croissance de la population		2%	1,74%	1,64%	1,70%	1,79%

\*TCAM sur la période 1990-1999

\*\*TCAM sur la période 1999 -2003

\*\*\*Taux de croissance par rapport à l'année précédente

Source : ONS

Outre la croissance de la population, d'autres paramètres sociaux caractérisant cette population sont déterminants dans l'estimation de la consommation énergétique par personne, tels que le niveau d'urbanisation et aussi le taux d'occupation des logements qui aurait un impact direct sur les consommations d'énergie dans le secteur résidentiel

Le tableau ci dessous synthétise les hypothèses prises en compte dans notre scénario de référence, qui concordent avec les hypothèses de l'aprue jusqu'à l'horizon 2020. Nous supposons une stabilité relative des hypothèses au delà de l'horizon 2020

Désignation	1999	2010	2020	2030	2050
Population à la fin de l'année	29965				
Taux de croissance moyen sur les 10 dernières années		1,3%	0,6	0,6	0,6
Taux d'urbanisation	58,3%	72,5%	82,5%	82,5%	82,5%

TOL ménage urbain		5,67	4,65	4,65	4,65
TOL ménage rural		5,80	4,75	4,75	4,75
TOL Ménage		5,74	4,70	4,70	4,70

Source : ONS et APRUE

Nous pouvons noter dans le tableau précédent l'urbanisation intensive de la population où le taux passe de 58% à 72,5% en l'espace de 10 ans (entre 2000 et 2010) ainsi que la réduction importante des TOL notamment à l'horizon 2010 qui est due aux efforts de l'état pour la construction de nouveaux logements. En effet, Le taux d'occupation par ménage connaîtrait une forte baisse, notamment dans les ménages ruraux

### ***II.5.3 Les projections de la demande finale à l'horizon 2050***

Les projections de la consommation d'énergie à l'horizon 2050 pourraient être basées sur deux approches:

- Une approche basée sur l'évolution de la structure globale de l'économie : où la consommation est évaluée en fonction de l'évolution du PIB et de l'intensité énergétique de l'économie.
- Une approche basée sur l'évolution du niveau de vie de la population où l'énergie consommée est évaluée sur la base de l'évolution de la population et celle de son niveau de vie que l'on peut exprimer en fonction de la consommation par habitant.

Le tableau ci dessous illustre l'évolution de l'intensité énergétique et de la consommation par habitant sur les cinq dernières années.

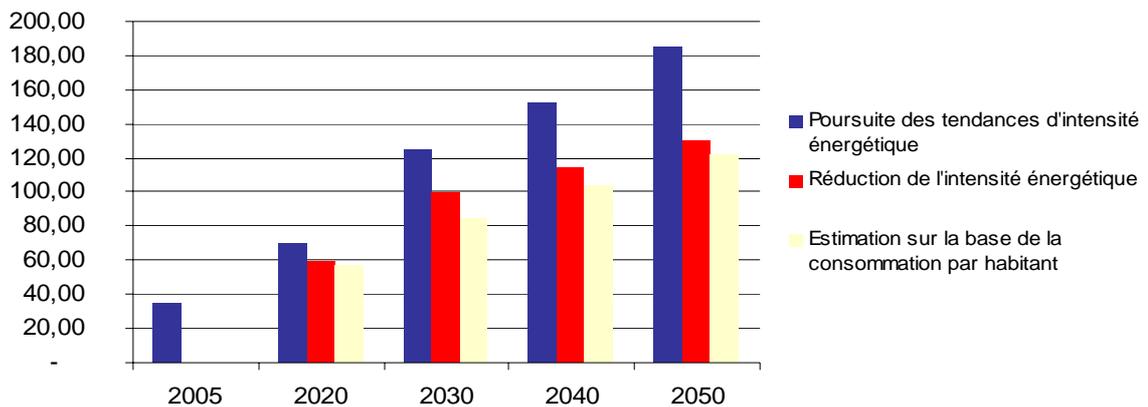
	2002	2003	2004	2005	2006
PIB Millions \$	54809,21	65543,18	81518,77	97635,39	112037,47
PIB dinars constant (milliards dinars)	4461,06	4768,87	5016,86	5272,72	5462,05
du PIB (en volume)	4,80	6,90	5,20	5,10	3,60
Taux d- 'accroissement naturel de la population en ‰	15,30	15,80	16,30	16,90	17,80
Population au milieu de l'année (en 10 <sup>3</sup> )	31357,00	31848,00	32364,00	32906,00	33481,00
Energie (millions tep)	32,68	35,16	34,94	35,24	35,54
<b>Energy intensity (gep / 1000 DA)</b>	<b>7 326,51</b>	<b>7371,98</b>	<b>6664,71</b>	<b>6683,65</b>	<b>6507,37</b>
<b>Energie / capita</b>	<b>1,04</b>	<b>1,10</b>	<b>1,08</b>	<b>1,07</b>	<b>1,06</b>

Source : ONS

On constate une baisse sensible (-12%) de l'intensité énergétique et une légère augmentation de l'énergie consommée par capita (+1%) entre 2002 et 2006. Un pic pour ces deux paramètres est enregistré en 2003 qui est principalement due à la forte hausse de la consommation dans le secteur des transports et le secteur résidentiel et aussi dans l'industrie énergétique qui a connu un essor important avec le raffermissement des prix de pétrole.

L'intensité énergétique en 2006 a été de 6507 gep pour chaque 1000 DA de valeur ajoutée produite par l'économie (6,057 gep / DA). Si on suppose que l'intensité énergétique est maintenue jusqu'à l'horizon 2050, et sur la base de 5% de croissance économique moyenne jusqu'en 2030 et 2% jusqu'en 2050. L'énergie consommée à cet horizon est de 94 Mtep

Graph. 2.14 Projections de la demande d'énergie à l'horizon 2050 (Millions Tep)



Nos projections de la consommation d'énergie se basent donc sur des hypothèses d'évolution de l'intensité énergétique. En effet, on suppose que l'intensité énergétique baisse, mais à un rythme plus faible que celui observé sur les cinq dernières années en raison du développement de l'industrie énergétique fort consommatrice d'énergie et aussi de l'équipement de la population (voiture particulière, climatiseurs, ...). Respectivement en 2030 et 2050, l'intensité énergétique connaîtrait une baisse de 20% et 30% par rapport au niveau de 2006. La baisse de l'intensité énergétique en 2050 est en cohérence avec l'augmentation de la part des services dans la structure de l'économie et la réduction possible de celle de l'industrie des hydrocarbures

Sur la base de ces hypothèses, la consommation d'énergie atteindrait 129 Mtep en 2050, dans le cas d'une estimation basée sur l'intensité énergétique et 122 Mtep dans le cas d'une estimation basée sur l'énergie consommée par capita. Cette même consommation serait de 185 Mtep si l'intensité du PIB reste stable sur toute la période de projection, ce qui est peu probable compte tenu du progrès technique et de l'amélioration naturelle de l'efficacité énergétique des process .

## **II.6 Les projections par secteur d'activité**

Les projections de consommation effectuées précédemment sont basées sur des estimations agrégées en fonction de l'évolution de l'intensité énergétique de l'économie et de la consommation par habitant. Toutefois, les modèles de projections utilisés par les organismes de prospective sont le plus souvent de type bottom up où la demande d'énergie est désagrégée par secteur et par types de consommation. Cette approche permet d'apprécier plus finement la demande d'énergie en définissant les paramètres caractéristiques des différents secteurs d'activité. Dans ce qui suit, nous tentons d'estimer l'évolution de la demande d'énergie dans les différents secteurs, en se basant sur des paramètres globaux caractérisant ces secteurs.

### ***II.6.1 Le secteur énergétique***

La diversification de l'économie nationale visant à réduire la dépendance sur le secteur de l'énergie constitue un des enjeux majeurs du pays. Cependant, les investissements importants requis par l'industrie énergétique d'une part, pour faire face à la croissance de la demande nationale et d'autre part, pour atteindre les objectifs d'exportations affichés, ferait que ce secteur continuerait à jouer un rôle important dans l'économie. La consommation d'énergie de cette industrie, orientée notamment vers l'export serait donc croissante. Au delà de cet horizon, on pourrait imaginer une stabilisation de la consommation qui serait lié principalement aux contraintes sur les ressources énergétiques fossiles qui limiterait les niveaux d'investissement dans cette industrie et à l'amélioration de l'efficacité énergétique du secteur.

Malgré les efforts consentis dans ce cadre, il est probable que l'industrie énergétique continuerait à avoir une part importante dans le PIB à l'horizon 2030

### ***II.6.2 Les secteurs demandeurs d'énergie finale***

#### **a) Le transport**

Les projections de la demande de transport est réalisée de manière distinguée entre le transport des voyageurs et de fret. Nous constatons dans le graphique que la consommation des transports augmente significativement pour atteindre 16 Mtep en 2040, puis il y'aurait une baisse de cette consommation tirée par une moindre croissance et par une baisse de l'intensité énergétique des transports

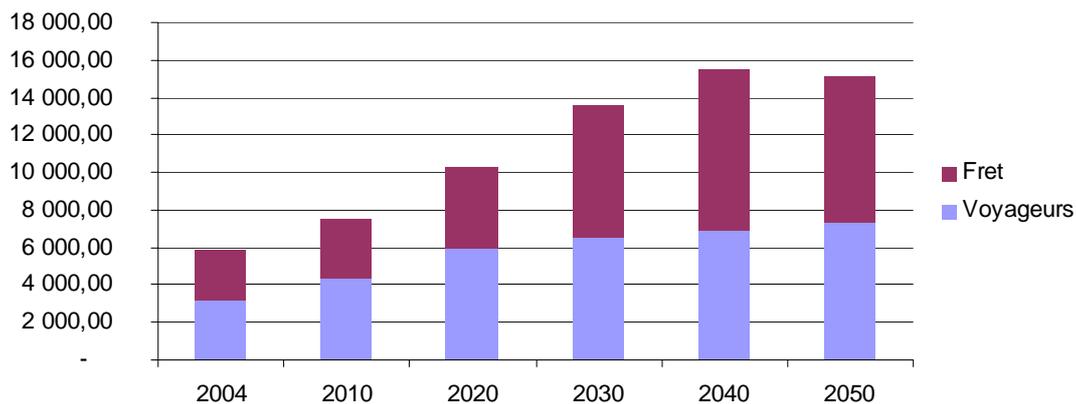
Pour les transports de voyageurs, la demande dépend de la mobilité qui croit avec les niveaux de revenus de la population et aussi de l'intensité énergétique des moyens de transport utilisés pour les déplacements. Nous supposons que cette intensité s'accélère en 2010, avec la pénétration des voitures particulières, puis connaîtrait une croissance moins importante avec l'arrivée des projets en cours pour le transport de masse (tramway,

métros, ferroviaire) à l'horizon 2020. On projette une baisse sensible de l'intensité à partir de 2020 avec le développement de l'utilisation du transport de masse. cette baisse pourrait être plus sensible si les prix de l'énergie augmentent incitant les voyageurs à utiliser les transports en commun que leurs voitures particulières.

Pour le transport de fret, la demande dépend de la mobilité des marchandises et de l'intensité énergétique des moyens de transport de marchandises. La mobilité évolue en fonction des tonnages et des distances moyennes de transport. On suppose que le tonnage transportée évolue jusqu'en 2030 en cohérence avec l'évolution du PIB, puis à partir de cette horizon on suppose une baisse relative qui reflèterait le passage vers une économie de services (dématérialisation relative de l'économie). On suppose aussi que les distances moyennes parcourues évoluent de manière cohérente avec les revenus des populations qui entraîneraient plus de consommation et donc plus de transport.

On peut constater que la consommation des transport de marchandises à partir de 2030 évolue plus rapidement que le transport des voyageurs en raison d'une croissance plus importante du PIB que celle de la population

**Graph. 2.15** Projections de la demande d'énergie des transports à l'horizon 2050 (Mille Tep)



## b) L'industrie et le bâtiment

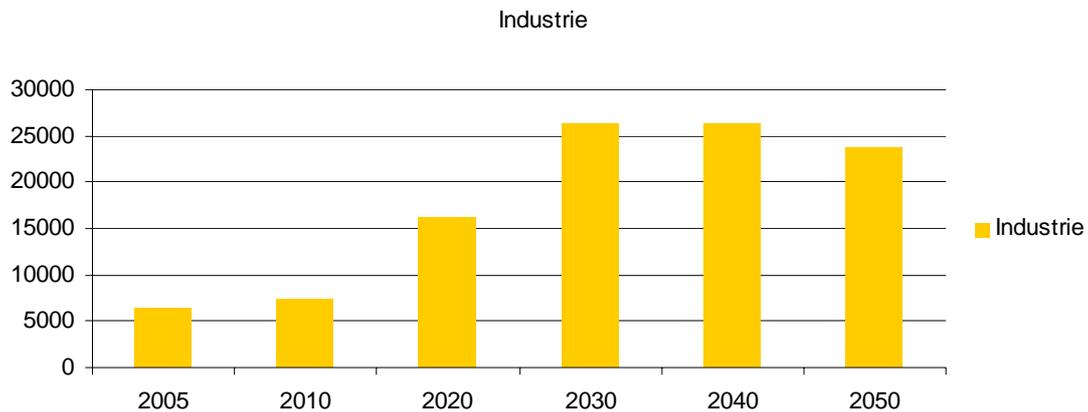
La consommation d'énergie est tirée dans notre scénario par la Valeur ajoutée industrielle, estimée à 844,4 Milliards de DA en 2005 [6] et par l'intensité énergétique de l'industrie. Notre scénario est optimiste quant à la croissance de l'industrie entre 2010 et 2030, qui est due notamment au secteur du bâtiment, aux industries pétrochimiques, sidérurgie et matériaux de construction. Le secteur du bâtiment et de matériaux de construction serait le secteur hors hydrocarbures qui crée le plus de valeur ajoutée en Algérie (soit 50% de la valeur totale). L'intensité énergétique industrielle est supposée croissante jusqu'en 2030 en raison de la part des industries énergivores.

Nous supposons par ailleurs un essoufflement de la croissance industrielle à partir de 2040, en raison de la pénétration supposée du secteur des services dans l'économie

nationale. L'intensité énergétique connaîtrait une baisse en raison de l'amélioration des process industriels.

La consommation d'énergie est donc évaluée à 23 Millions de Tep en 2050.

Graph 2.16 Projections de la demande d'énergie de l'industrie à l'horizon 2050 (mille Tep)

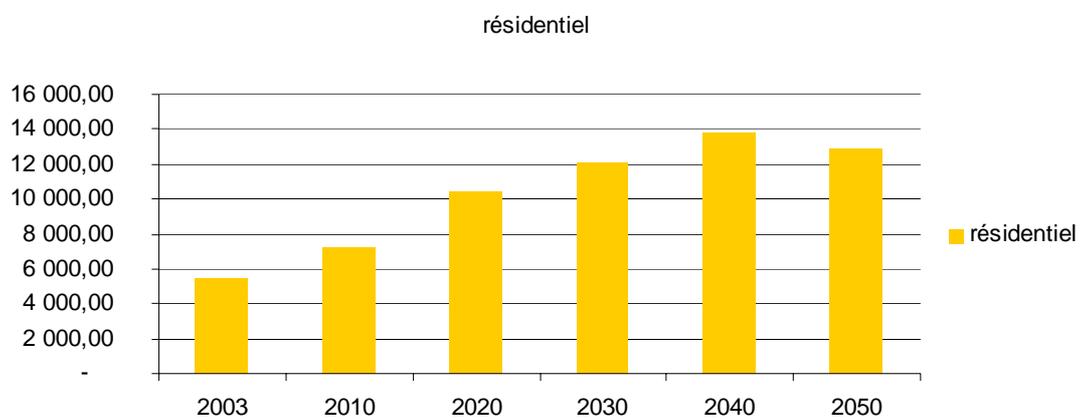


### c) Le secteur résidentiel

La consommation d'énergie dans notre scénario est tirée par l'évolution du parc de logement et par la consommation spécifique par logement. En effet le parc de logement évoluerait fortement à l'horizon 2010 et 2020, tirée par le programme de construction en cours de réalisation, un ralentissement est attendu à partir de 2030, qui est dû notamment au ralentissement de la croissance de la population et donc de la demande de logement.

La consommation spécifique par logement est supposée par ailleurs fortement croissante en raison de l'urbanisation intensive des populations, de l'équipement des ménages et aussi de la pénétration des climatiseurs jusqu'en 2020. Un ralentissement, voire même une baisse de cette consommation pourrait se justifier à partir de 2030 avec l'amélioration des constructions et la baisse naturel de la consommation tirée par le progrès technique. On pourrait supposer une augmentation des prix de l'énergie qui inciterait à la rationalisation de la consommation des ménages.

Graph 2.17 Projections de la demande d'énergie du résidentiel à l'horizon 2050 (mille Tep)



La consommation d'énergie en 2050 pourrait donc atteindre 12,5 Mtep.

### III. ANALYSE DE L'OFFRE D'ENERGIE EN ALGERIE

La construction du système énergétique de référence en Algérie repose sur l'analyse de la configuration existante de la chaîne d'approvisionnement énergétique en Algérie depuis la production de l'énergie primaire jusqu'à la consommation d'énergie finale en passant par les différentes étapes de transformation. Cette analyse est basée sur le bilan énergétique réalisé ces dernières années (Ref. Annexe 1). Nous nous intéressons plus particulièrement à l'année de référence qui sera l'année de base pour l'initialisation de notre modèle (en l'occurrence l'année 2005<sup>16</sup>).

#### III.1 Offre d'énergie primaire

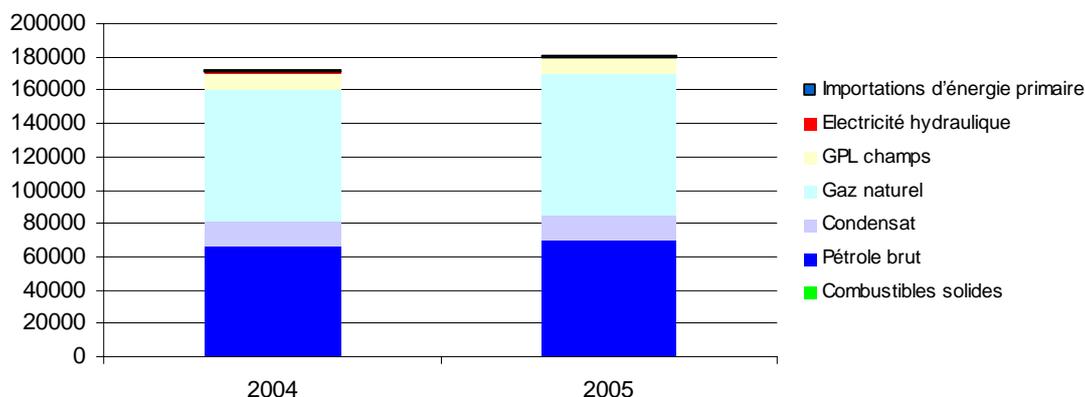
Le mix d'énergie primaire (Total Primary Energy Supply en Algérie en 2004 et 2005 est représenté dans le tableau et graphique ci dessous. L'offre totale d'énergie primaire a connu une augmentation de 5,2% en 2005 par rapport à 2004 :

Tableau 3.1 : Offre d'énergie primaire en Algérie (1000 Tep)

Production d'Énergie Primaire	2004		2005		TCA
	Quant.	%	Quant.	%	(%)
Combustibles solides	2	0	77	0	37,5
Pétrole brut	66169	38,8	69517	38,7	5,1
Condensat	15591	9,1	15224	8,5	-2,4
Gaz naturel	79153	46,4	85020	47,3	7,4
GPL champs	9657	5,7	9710	5,4	0,5
Electricité hydraulique	74	0	159	0,1	11,5
<b>Total production</b>	<b>170647</b>	<b>100</b>	<b>179706</b>	<b>100</b>	<b>5,3</b>
<b>Importations d'énergie primaire</b>					
.. Houille	683	64,9	517	61,4	-24,3
.. Pétrole brut	369	35,1	325	38,6	-12,1
<b>Total import.</b>	<b>1051</b>	<b>100</b>	<b>841</b>	<b>100</b>	<b>-19,9</b>
<b>Offre totale d'énergie primaire</b>	<b>171698</b>		<b>180547</b>		<b>5,15%</b>

Source: MEM

<sup>16</sup> Ou 2004 en fonction de la disponibilité des données



**Source : Bilan MEM**

Nous pouvons constater la prédominance du pétrole brut et du gaz naturel produit en Algérie qui représentent une part de 86% dans le mix total d'énergie primaire en 2005. Il faut noter aussi que l'Algérie a par ailleurs importé 325 mtep de pétrole lourd qui est utilisé dans les opérations de distillation sous vide pour la production des produits lourds tels que les bitumes.

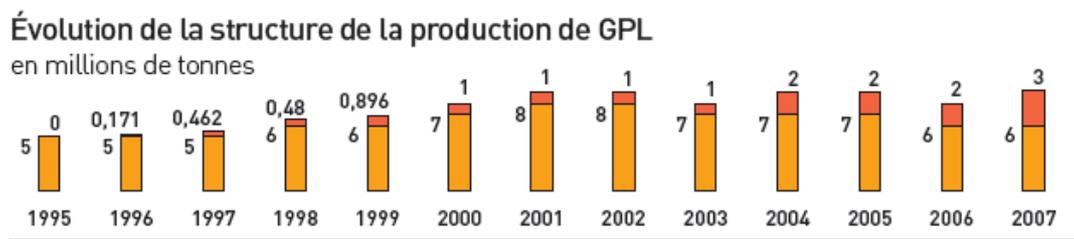
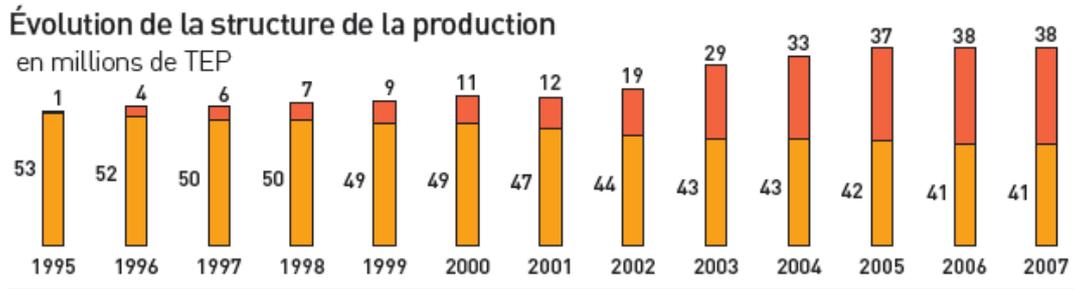
### **III.1.1 Production d'hydrocarbures**

La production d'hydrocarbures, constituée de pétrole brut, condensat, GPL champs et gaz naturel, a représenté 179 millions de Tep en 2005 (année de référence) en évolution de 5,3% par rapport à 2004 (170 millions de Tep). Cette croissance est tirée par l'augmentation de la production de pétrole brut et de gaz naturel.

Le gaz naturel constitue la plus grande part de l'énergie primaire produite en Algérie, soit plus de 46% de production totale (Production commerciale).

Par ailleurs, si nous regardons les tendances récentes de l'évolution de la production d'hydrocarbures, nous constatons que la production de pétrole, de condensats et de GPL reste relativement stable (autour de 79 mtep pour les liquides et 8,5 Mtonnes pour le GPL entre 2005 et 2007), avec une part croissante de la production en association avec les partenaires impliqués dans l'activité amont en Algérie. Le partenariat dans l'amont pétrolier en Algérie a donc permis d'atténuer la baisse relative de la production de pétrole de Sonatrach à partir de 2005.

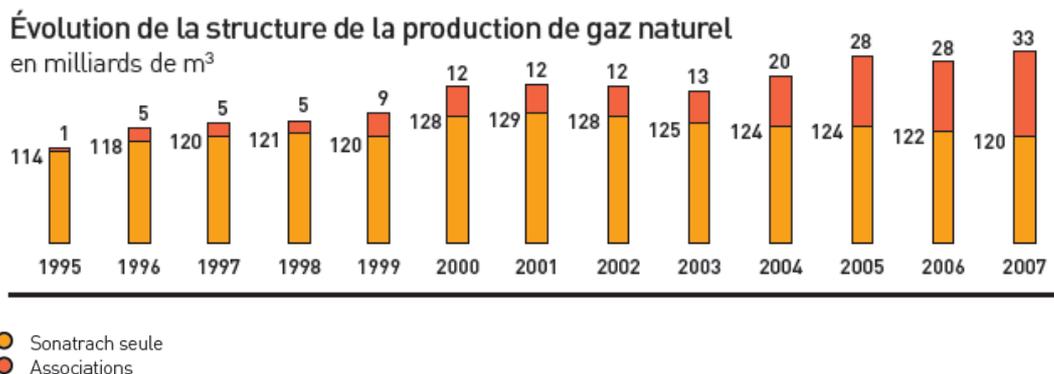
Graph 3.1



Source: Rapport d'activité de sonatrach (2007)

La production de gaz naturel a connu une légère progression qui est notamment due à la croissance de la production en association. La production de gaz naturel brut a atteint 152 bcm en 2005, dont 89 bcm sont commercialisés. L'écart entre production brute et commercialisée représente principalement les consommations aux champs tels que les cyclages et injections dans les champs pour la maintien de pression ou pour l'augmentation des taux de récupération des produits liquides.

Graph 3.2



Source: Rapport d'activité de sonatrach (2007)

### III.1.2 Les réserves d'hydrocarbures

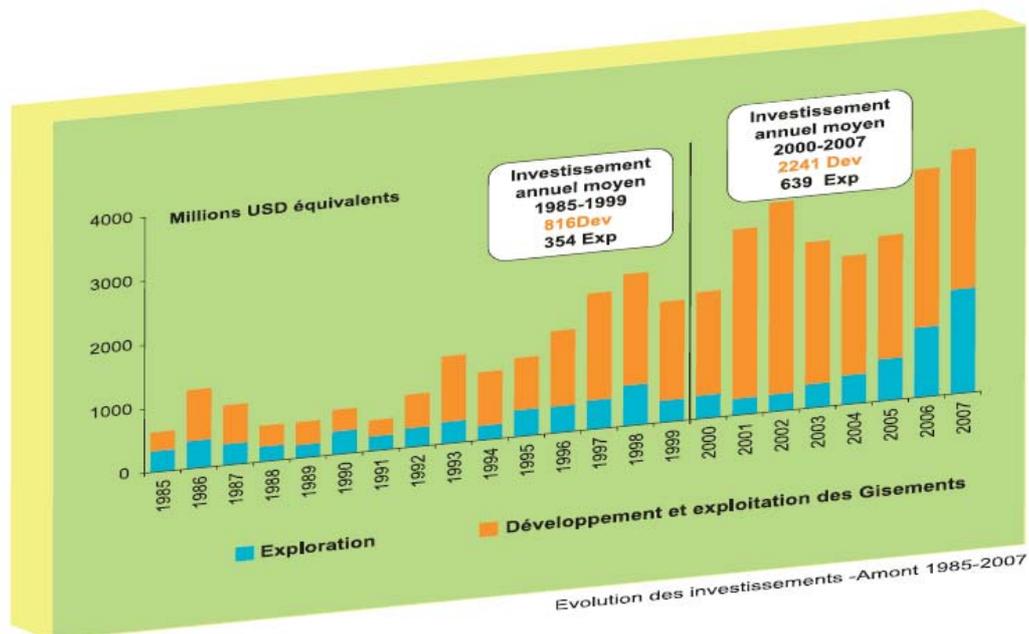
Selon BP Statistical Review, les réserves de pétrole prouvés en 2005 sont estimées à 12 milliards de barils, et de gaz naturel à 4500 milliards de m<sup>3</sup>, ce qui représente respectivement 1% et 2,5% des réserves mondiales de pétrole et de gaz. Toutefois, le potentiel minier de l'Algérie est élevé et les possibilités de nouvelles découvertes restent importantes.

Il faut noter aussi que ce potentiel serait sous exploité, en raison du faible taux de forage d'exploration évalué à 13 Forages / 10 000 km<sup>2</sup>, alors que la moyenne mondiale est autour de 105 forages / 10 000 Km<sup>2</sup>

### III.1.3 Les investissements dans l'amont pétrolier

Tirés par des objectifs ambitieux d'augmentations des niveaux de production d'hydrocarbures, et aussi par une forte attractivité du domaine minier algérien pour les investisseurs étrangers. Les investissements en exploration et production ont connu un essor remarquable, ce qui est illustré par le schéma ci dessous.

Graph 3.3 Evolution des investissements amont (1985-2007)



Source : Source: MEM [1]

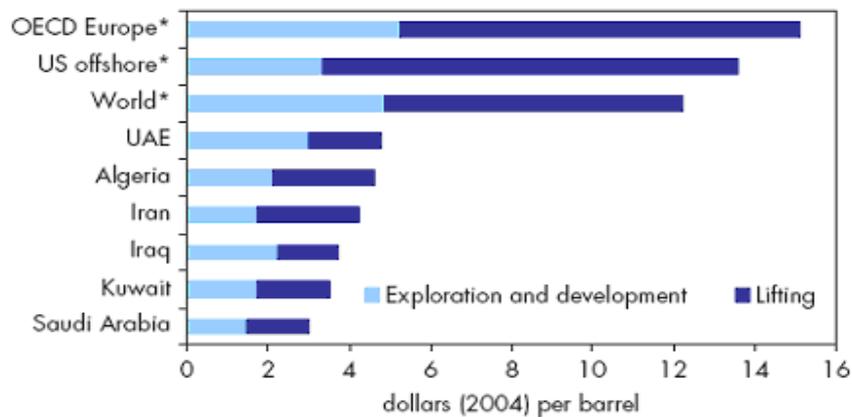
On peut constater que l'investissement annuel moyen a atteint 3 milliards de dollars sur la période 2000-2007, contre une moyenne de 1,2 milliards entre 1985 et 1999. la part des

investissement en exploration a sensiblement augmenté et a permis de mettre en évidence de nouvelles réserves d'hydrocarbures

### III.1.4 Les coûts de production de l'Algérie

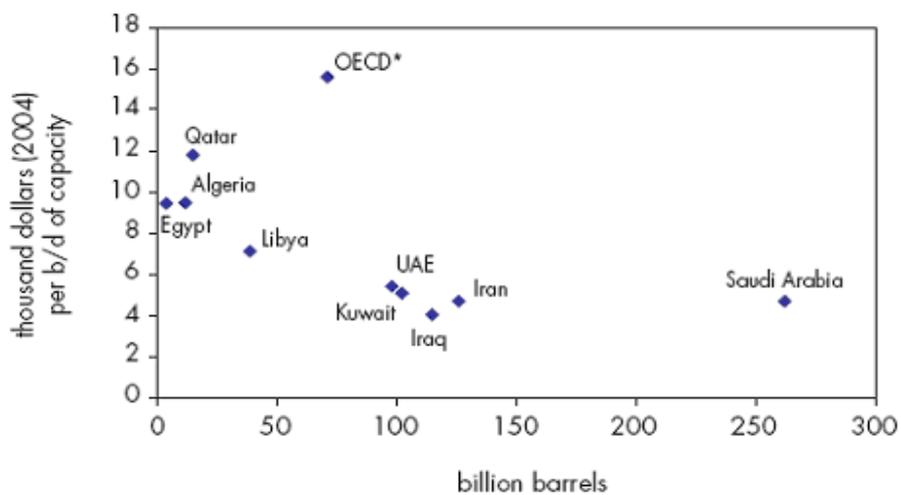
Le coût de production de pétrole en Algérie est estimé à 5\$/baril, qui est faible par rapport à la moyenne mondiale estimée à 12\$/baril, mais plus élevé relativement aux coûts de production du moyen orient. On peut constater que la part de l'exploitation dans le coût est relativement importante en Algérie, qui peut être expliquée par les coûts élevés des opérations de récupération assistée engagée notamment dans la région de Hassi messaoud.

Graph 3.4 Coûts de production de pétrole des principaux pays explorateurs



Source : WEO [7]

Graph 3.5 Coûts d'exploration et développement dans les principaux pays exportateurs en fonction des réserves



Source: Oil & Gas Journal 2004

Le coût du capital en Algérie pour la mise en place de nouvelles capacités de production est estimé à 9500 \$/Baril installé qui est faible relativement au coût des pays de l'OCDE. Le graphique précédent montre une relation entre le coût d'installation de nouvelles capacités et la base de réserves

Pour le gaz naturel, le coût moyen de la production de gaz est estimé entre 0,4 et 0,5\$/mmbtu (Estimation sur la base des Data Wood Mac). Ce coût peut varier fortement selon que le gaz soit du gaz sec ou associé.

### III.2 Transformation de l'énergie (Energies dérivées)

L'Algérie dispose de grandes capacités de transformation de l'énergie primaire, principalement le raffinage de pétrole pour la production de produits pétroliers (19,8 Mtep en 2005) et la transformation du Gaz naturel dans les unités de liquéfaction (24 Millions Tep de GNL) ou dans les centrales électrique ( 9, 6 Millions Tep).

La transformation de charbon est réalisée dans les cokeries pour la production de coke sidérurgique (439 Millions Tep en 2005) utilisé dans l'industrie de l'acier. Une partie du coke sert à produire les gaz alimentant les hauts fourneaux sidérurgique.

La quantité d'énergie transformée a atteint 55 millions de Tep en légère augmentation par rapport à 2004 (1,8%), cette augmentation est principalement due à la croissance de la production électrique.

Tableau 3.2 : Transformation d'énergie primaires en Algérie (1000 Tep)

<b>Transformation</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>TCA (%)</b>
Pétrole brut	19822	20144	1,6
Gaz naturel dont:	33902	34597	2
* Unités GNL	24801	25150	1,4
*Centrales Thermiques	9101	9447	3,8
Houille	461	419	-9,1
<b>Total</b>	<b>54185</b>	<b>55160</b>	<b>1,8</b>
<b>Production d'Energie Dérivée</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>TCA (%)</b>
Produits pétroliers	19456	19820	1,9
GPL	1245	1251	0,5
GNL	23902	24142	1
Electricité thermique	9177	9548	4
Ethane	20	81	305
Coke sidérurgique	439	398	-9,3
Gaz sidérurgique	208	190	-8,6
<b>Total</b>	<b>54446</b>	<b>55430</b>	<b>1,8</b>

Source: MEM

### III.2.1 Le raffinage

L'outil de raffinage en Algérie est constitué en 2005 de 4 raffineries (Skikda, Arzew, Hassi messaoud et Alger) ayant une capacité totale de production de 24 Millions de tonnes en 2005, dont 15 millions de tonnes se situent au niveau de la raffinerie de Skikda. Ces raffineries ont traité en 2005 près de 20,1 millions de tonnes de brut, en légère augmentation par rapport à 2004 (19,8 Mtep).

Les produits issus des raffineries en Algérie sont représentés dans le tableau ci dessous :  
M tonnes

Tableau 3.3: Production des produits raffinés (1000 Tep)

	2004	2005	Croissance
Essence Normale	1316	1356	3,0%
Essence Super	472	446	-5,5%
Essence S plomb	103	256	148,5%
Carburéacteur	985	1069	8,5%
Naphta	3068	3216	4,8%
Gasoil	5740	5946	3,6%
Fuel oil BTS	5468	4916	-10,1%
Fuel oil HTS	91	139	52,7%
Gpl issus du raffinage	571	498	-12,8%
Propane	96	88	-8,3%
Butane	475	410	-13,7%
Autres	470	471	0,2%
Bitumes	263	254	-3,4%
Lubrifiants	156	160	2,6%
Aromatiques	34	44	29,4%
Whiet spirite	16	13	-18,8%

Source : MEM

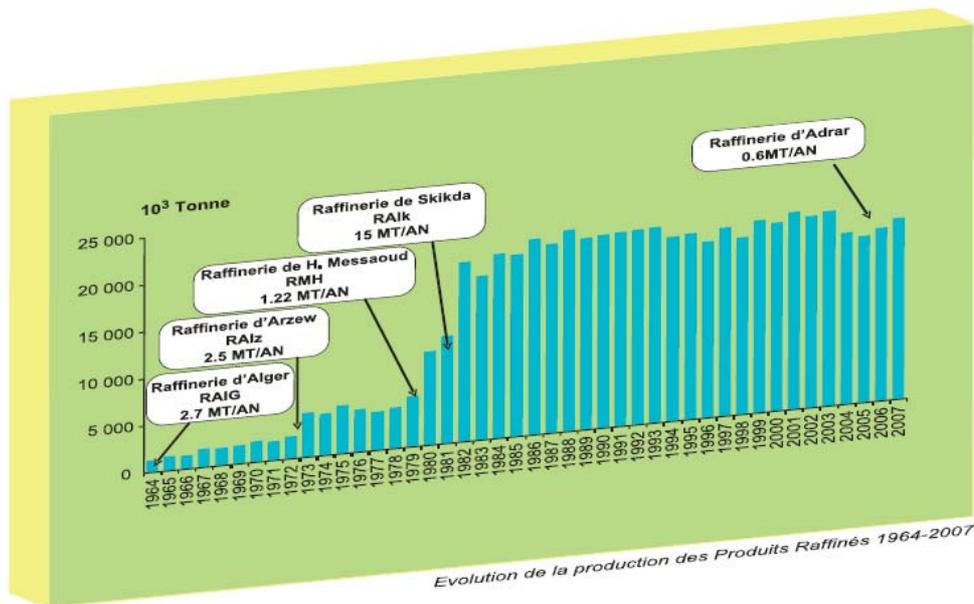
Divers types de produits sortent des raffineries dont le gasoil et le naphta représentent les parts dominantes, respectivement 30% et 17% du total des produits en 2005. Nous pouvons constater la forte évolution de la part de l'essence sans plomb entre 2004 et 2005, ce qui reflète l'engagement de NAFTEC (filiale de raffinage de Sonatrach) dans l'amélioration de la qualité des carburants .

D'autres produits tels que les lubrifiants et les aromatiques sont aussi produits en Algérie. Il faut noter que les produits lubrifiants sont produits au niveau de la raffinerie d'Arzew, alors que la raffinerie de Skikda dispose d'une chaîne de production des aromatiques.

La production de produits pétroliers lourds tels que les bitumes (254 milles tep) sont issus du pétrole lourd importé.

**Rétrospective sur le raffinage en Algérie :** L'évolution de la production de produits pétroliers en Algérie, illustrée dans le graphique ci dessous, a été limitée par les capacités nominales des raffineries qui ont atteint une capacité moyenne de 22 millions de tonnes depuis l'entrée en production de la raffinerie de Skikda (15 Millions de Tonnes) en 1982 . Dans ce sens, nous constatons une relative stabilité de la production autour de 19 à 20 Mtep sur cette période.

Garph 3.6 : Evolution de la production des produits raffinés



Source: MEM [1]

### III.2.2 Liquéfaction et séparation des GPL

#### a) La liquéfaction du gaz naturel

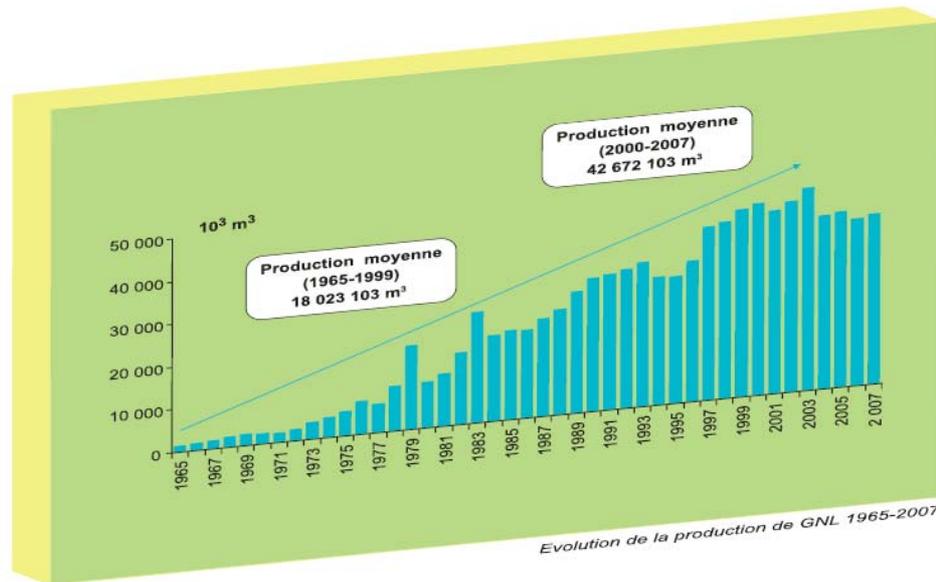
La capacité de liquéfaction disponible en Algérie en 2005 est de 26,7 Milliards de m<sup>3</sup>, qui est répartie sur quatre complexes GL1Z : 10,5 bcm ; GL2Z : 10,5 bcm ; GL4Z : ; GL1K : 4 bcm. Le projet Gassi Touil et le nouveau train de GNL de Skikda permettront un apport additionnel de 14 milliards de m<sup>3</sup>/an en 2012.

La quantité de GNL produite en 2005 a été de 25,1 Mtep en augmentation de 1,4% par rapport à 2004. Il faut noter que les taux d'utilisation des capacités de liquéfaction disponible ont sensiblement augmenté par rapport aux périodes précédentes. En effet, a production globale du GNL est passée de 18 Millions de m<sup>3</sup> durant la période (1965-

1999) à près 43 Millions de m<sup>3</sup> en moyenne entre 2000 et 2007, soit plus d'un doublement alors que les capacités disponibles n'a pas varié depuis 1981.

Toutefois, la production de GNL a été de 25,1 Mtep en 2005 en augmentation de 1,4% par rapport à 2004

Graph 3.6 : Evolution de la production des produits raffinés



Source: MEM [1]

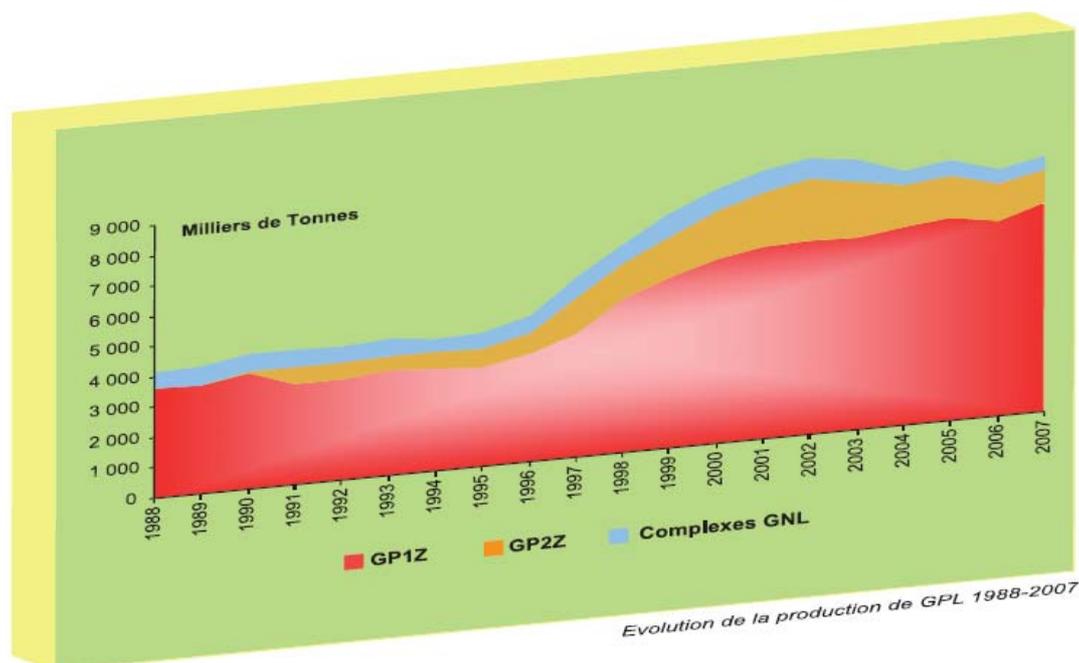
## b) La Séparation des GPL

Près de 85% de la de la production des GPL provient des unités de traitement de gaz des champs. L'outil de séparation est composé de deux complexes à Arzew (GP1Z et GP2Z) d'une capacité totale de 8,6 millions de tonnes.

La mise en exploitation de la nouvelle usine de séparation à Arzew, d'une capacité de 3 millions de tonnes/an, est prévue pour 2011. Elle permettra de porter les disponibilités à l'exportation à 10 millions de tonnes.

Le graphique ci dessous illustre l'évolution de la production de GPL dans les complexes de séparation ainsi que celle issue des complexes de liquéfaction. On peut remarquer que le niveau de production de 2007 a presque doublé par rapport à 1997.

Graph 3.7 : Evolution de la production des GPL



Source: MEM [1]

### **III.2.3 Les exportations et importations d'énergies primaires et dérivées**

L'Algérie est un grand exportateur d'énergies primaires. Ces exportations ont atteint près de 102 Mtep en 2005 (année de référence), en augmentation de 9% par rapport à 2004. Le pétrole brut a représenté la plus grande part, soit 48% de l'énergie exportée. Le gaz naturel a aussi une part non négligeable, il est transporté par gazoducs vers l'Italie et l'Espagne. Les gazoducs ont une capacité de 38 Milliards de M3.

Tableau 3.4 Exportations et Importations des énergies primaires et dérivées (10<sup>3</sup> Tep)

<b>Echanges d'énergie Primaire</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>TCA (%)</b>
<b>Exportations d'énergie Primaire</b>	<b>93468</b>	<b>101951</b>	<b>9,1</b>
.. Pétrole brut	45451	49479	8,9
.. Condensat	14941	15192	1,7
.. Gaz naturel	33075	37280	12,7
<b>Exportations d'énergie Dérivée</b>	<b>43424</b>	<b>43323</b>	<b>-0,2</b>
* GNL	24012	23928	-0,4
* Produits pétroliers	10745	10487	-2,4
* GPL	8609	8829	2,6
* Electricité	58	79	35,6
<b>Importations d'énergie primaire</b>			
.. Houille	683	517	-24,3
.. Pétrole brut	369	325	-12,1
<b>Total import.</b>	<b>1051</b>	<b>841</b>	<b>-19,9</b>
<b>Importations d'énergie Dérivée</b>	<b>465</b>	<b>344</b>	<b>-26</b>
.. Coke	38	60	58,1
.. Produits pétroliers	364	181	-50,2
.. Electricité	62	103	65,8

**Source :** Source: MEM [1]

L'Algérie exporte aussi des énergies transformées, principalement le gaz naturel liquéfié et les GPL, qui sont traités respectivement dans les complexes de liquéfaction et de séparation des GPL. Ses exportations ont atteint près de 33 Mtep en 2005.

Les importations d'énergies primaires et dérivées sont limitées en Algérie, et représentent principalement les produits solides pour la sidérurgie (577 mtep en 2005) et le pétrole brut lourd pour la production des bitumes.

L'année 2005, est caractérisée aussi par une forte augmentation des importations d'électricité en Algérie, qui ont presque doublé par rapport à 2004 et ont atteint 103 mtep



#### **IV.1 La classe des services énergétiques dans les transports (Classe DM)**

L'analyse de la demande d'énergie en Algérie nous a permis à travers une désagrégation Bottom Up impliquant les trois principaux secteurs de consommation, d'apprécier les déterminants des secteurs de la demande d'énergie, ainsi que les perspectives de son évolution en partant d'une année de référence.

Pour le secteur des transports, objet de notre intérêt, la demande a été décomposée selon les différents moyens de transports existants et a été donc évaluée pour une année de référence en adoptant une approche par parc de transport. Cette démarche nous a permis notamment d'évaluer la mobilité par personne et par tonne transportés pour notre année de référence, que nous avons projetée en fonction des déterminants économiques et démographiques.

Les principaux services de transport que nous pouvons considérer dans la classe DM sont présentés dans le tableau ci dessous :

Tableau 4.1 : Services énergétiques dans les transports en Algérie

Catégories de transport	Segments demandeurs de Services de l'énergie
<b><i>Transport de voyageurs</i></b>	
Transport individuel :	Autos,
	Deux roues,
Transport en commun :	Taxi,
	Bus,
	Ferroviaire,
	Masse urbain (métro, tramway, transport par câble)
	Aérien national
	Aérien international,
	Maritime urbain
<b><i>Transport de fret :</i></b>	Petit utilitaire,
	Poids lourd (> 5 tonnes)
	Ferroviaire,
	Aérien national
	Aérien international.
	Maritime international

La demande de services d'énergie sera projetée sur l'horizon de l'étude afin d'alimenter le modèle MARKAL . Ces projections seront basées sur l'évolution de la mobilité des voyageurs et des marchandises, ainsi que sur la répartition selon les différents services

identifiés dans le tableau précédent. Cette répartition sera évaluée par rapport à la pénétration des différents modes de transport.

## IV.2 La classe des technologies de demande de services de transport (Classe DMD)

Par rapport aux services de transport en Algérie identifiés, nous pouvons définir les technologies de demande. Ces technologies sont classifiées dans le tableau suivant en fonction du type de transport et de la forme énergétique utilisée :

Tableau 4.2 : Technologies de transport existantes et potentielles à l'horizon 2050

		Energy Carriers	Ess; N	Ess; Sup	Ess; SP	Gas oil	GPL	GNC	Solaire	hybrides	biocarburants	Gas oil Marine	fuel oil	jet fuel	électricité
<b>Types de transport</b>	<b>Système énergétique Transport</b>	<b>Technologies</b>													
Passagers	Existing	Bus C1				x		x							
Passagers	Existing	Bus C2				x		x							
Passagers	Existing	Bus C3				x		x							
Passagers	Existing	Taxi	x	x	x	x	x								
Passagers	Existing	voiture particulière	x	x	x	x	x								
Passagers	Existing	Avion national												x	
Passagers	Existing	Avion international												x	
Passagers	Existing	Mer international										x	x		
Passagers	Existing	Moto	x	x	x										
Passagers	Existing	Train				x									
fret	Existing	Utilitaires C1	x	x	x	x	x								
fret	Existing	Utilitaires C2				x									
fret	Existing	Utilitaires C3				x									
fret	Existing	Train				x									x
fret	Existing	Avion national												x	
fret	Existing	Avion international												x	
Passagers	Potential	Bus C1N					x	x		x	x				x
Passagers	Potential	Bus C2 N					x	x		x	x				x



RAF_PRC1	Existing	Raffineries d'Alger + Hassi messaoud	Distillation classique + traitement des produits pétroliers*
RAF_PRC2	Existing	Raffinerie de Skikda	Distillation + traitement des produits + process aromatique + process bitumes
RAF_PRC3	Existing	Raffinerie d'Arzew	Distillation + traitement des produits + process lubrifiants + process bitumes
RAF_PRC4	Existing	Raffinerie d'Adrar	Distillation + traitement des produits + conversion
RAF_PRC5	Potential	Raffinerie de Tiaret	Distillation + traitement des produits + conversion profonde
RAF_PRC6	Potential	Topping Condensat	Distillation condensat + traitement des produits
RAF_PRC2	Potential	Skikda	Process d'amélioration des spécifications des produits pétroliers
N			
RAF_PRC3	Potential	Arzew	Process d'amélioration des spécifications des produits pétroliers
N			

Dans le tableau précédent, le traitement des produits pétroliers inclut principalement le reforming catalytique, alors que la conversion inclut le craquage catalytique des produits lourds.

Il faut noter par ailleurs, qu'un programme d'amélioration des spécification des produits pétroliers des raffineries existantes notamment ceux destinés à l'export est en cours mise en œuvre, incluant principalement la désulfuration. Cela nous amène à considérer des nouvelles technologies potentielles pour tenir compte de ces améliorations.

#### **IV.4 La classe des sources d'énergies (Classe SRC)**

Nous nous intéressons dans cette classe aux sources d'énergie primaire d'origine fossile, où nous recensons les différentes sources possibles en Algérie, que nous illustrons dans le tableau ci dessous :

Tableau 4.4 : Sources d'approvisionnement en énergies primaires existantes et potentielles à l'horizon 2050

	Energy Carriers	Houille Charbon	Pétrole Brut	Pétrole réduit	GN	Condensat	GPL
RES	Technologies						
Existing	Extraction dans les gisements existants		x		x	x	x
Existing	Extraction avec EOR 1		x		x	x	x
Potential	Extraction avec EOR 2		x		x	x	x
Existing	Nouvelles découvertes		x		x	x	x
Potential	Non		x		x		

	conventionnel						
Existing	Importations	x		x			
Existing	Exportations		x		x	x	x
Potential	Importations		x		x	x	x
	Nouvelles						

Plusieurs méthodes d'extraction des énergies fossiles peuvent être distinguées dans notre modèle :

i) Extraction conventionnelle dans les gisements existants, ii) extraction avec récupération assistée (EOR1), iii) extraction avec des méthodes de récupération plus poussée (EOR2) qui génèreraient plus de coûts, iv) extraction pour les nouvelles découvertes qui intègrent les coûts d'exploration et développement et tiennent compte du potentiel de découvertes en Algérie ; v) extraction des gisements non conventionnels où il s'agit principalement des gisement de tight gaz qui peuvent être développés dans certains bassins au sud ouest.

A coté de la production domestique, nous citons aussi les sources d'importations, avec une la possibilité d'importer des énergies aujourd'hui exportées sur un horizon éloigné (

Les différentes possibilités précédentes sont caractérisées par leurs coûts et par les capacités mises en place

## CONCLUSION

« Nous savons que nous ne pouvons plus assurer le développement économique de la planète avec les mêmes recettes que celles du passé. Il faut aujourd'hui rechercher les voies nouvelles de sources énergétiques, assurant ainsi notre développement de manière durable ».

La consommation énergétique en Algérie augmentera nettement à l'horizon 2030-2050 alors que le renouvellement des réserves reste une grande incertitude

Que faut-il faire ? de grandes interrogations sont posées ?

Relancer l'exploration pour développer nos réserves, freiner la production, rationaliser la demande. Miser à fond sur les énergies renouvelables: la géothermie, l'énergie solaire, l'éolien et se fixer un objectif à atteindre. En faire le bilan pour savoir où nous en sommes. Nous devons négocier chaque mètre cube de gaz. Il faut évacuer l'esprit commerçant et revendiquer la contrepartie en transfert de technologies. A titre d'exemple, notre maillon fort, le gaz, n'a pas figuré dans l'accord avec l'UE. On pourrait faire des économies d'énergie: les 20.000 points lumineux de la région d'Alger, s'ils étaient éteints le jour, rapporteraient un 1 million de dollars par an

Il faut prendre conscience que notre coffre-fort est dans le sous-sol et non dans les banques,

Il est clair que l'Algérie fait face à de grands défis énergétiques, puisque d'une part son développement dépend de sa consommation d'énergie et d'autres part, ses principales sources de revenus dépendent de l'exportation de cette même énergie. Dans ce contexte, un arbitrage s'impose pour définir et planifier un système énergétique optimal réalisant le meilleur compromis entre les revenus du pays et les conditions de son développement.

Pour ce faire, la planification du système énergétique à long terme devrait être réalisée selon une approche intégrée et cohérente prenant en compte l'ensemble des maillons de la chaîne d'approvisionnement et aussi les autres aspects économiques, sociaux et

environnementaux. Cette planification devrait refléter une politique de mise place d'une offre diversifiée reposant sur une plus grande pénétration des énergies renouvelables, et aussi de rationalisation de la consommation d'énergie. L'ensemble des secteurs économiques devraient être impliqués.

Pour réussir ce processus, il est utile de se baser sur des modèles de prospective et d'analyse énergétiques permettant de définir des solutions optimales dans un cadre de cohérence globale.

Notre travail s'est appuyé sur une démarche d'analyse du système énergétique algérien. Nous nous sommes intéressés dans une première partie au secteur électrique où les différentes données ont collectées. Des scénarios « fil de l'eau » ont été définis, il a été montré que la prise en compte de la complexité des systèmes énergétiques et de la cohérence globale pour tracer l'évolution de ce système à long terme serait plus pertinente avec l'utilisation des modèles intégrés tels que les modèles de type Markal.

Dans une deuxième partie, il a été procédé à l'analyse des caractéristiques de la demande et de l'offre d'énergie afin de définir les éléments pouvant servir à une approche de modélisation de type Markal ce système. Ce modèle aurait un effet structurant puisqu'il pourrait servir comme outil de discussion et d'analyse des problèmes énergétiques, ce qui permet d'apporter des solutions rationnelle et partagée notamment dans le contexte actuel en Algérie caractérisé par l'ampleur des défis à relever.

Différentes options pourraient être testées avec ces modèles tels que l'option du nucléaire, surtout que **nous avons des ressources d'uranium et des partenaires (italiens, français, russes) qui ont un savoir-faire dans la construction des centrales.**

## Bibliographie PARTIE I

- Ministère de l'Energie et des Mines - Algérie
- [www.mem-algeria.org](http://www.mem-algeria.org)
- Production de l'électricité en Algérie : La concurrence arrive !
- En Algérie, la promulgation de six décrets exécutifs en application de la loi de février 2002, met fin au monopole de la Sonelgaz et ouvre la voie à la ...  
[actualite.el-annabi.com/article.php3?id\\_article=3945](http://actualite.el-annabi.com/article.php3?id_article=3945) - 17k - En cache - Pages similaires
- Le nucléaire civil pour produire de l'électricité en Algérie
- 27 nov 2006 ... L'Algérie veut développer le nucléaire civil pour la production de l'électricité .  
[www.algerie-monde.com/actualite/article1812.html](http://www.algerie-monde.com/actualite/article1812.html) - 30k - En cache - Pages similaires
- Le prix de l'électricité en Algérie gelé en 2008
- Une éventuelle augmentation des prix de l'électricité en Algérie ne devrait pas intervenir avant 2009 selon le PDG de Sonelgaz Noureddine Bouterfa.  
[www.algerie-dz.com/article13704.html](http://www.algerie-dz.com/article13704.html) - 11k - En cache - Pages similaires
- .Le secteur de l'électricité en Algérie sous tension
- 26 nov 2006 ... Les prix de l'électricité en Algérie doivent être revus à la hausse pour permettre le financement des grands investissements nécessaires ...  
[www.algerie-dz.com/article7160.html](http://www.algerie-dz.com/article7160.html) - 12k - En cache - Pages similaires
  
- Le secteur de l'électricité en Algérie
- Format de fichier: PDF/Adobe Acrobat - Version HTML
- Commission de Régulation de l'Electricité et du Gaz (CREG), se. chargeant de veiller au fonctionnement transparent des marchés de l'électricité l'Algérie ...  
[www.jtf-alger.com/\\_repository/files/Le\\_secteur\\_de\\_electricite\\_en\\_Algerie.pdf](http://www.jtf-alger.com/_repository/files/Le_secteur_de_electricite_en_Algerie.pdf) - Pages similaires
- La libéralisation du secteur de l'électricité en Algérie: un ...
- La libéralisation du secteur de l'électricité en Algérie: un design audacieux = Power sector deregulation in Algeria : a bold design ...  
[cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsidt=14868355](http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsidt=14868355) - Pages similaires
- de A KERAMANE - 2003
- Le secteur de l'électricité en Algérie
- Présentation du secteur de l'électricité en Algérie, de sa structure et de ses perspectives de développement.  
[www.biblioma.com/algerie/661-secteur-electricite-Algerie.html](http://www.biblioma.com/algerie/661-secteur-electricite-Algerie.html) - 27k - En cache - Pages similaires
- [2] L. Hamane et A. Khellaf. ' Wind energy ressources in Algeria" WREC 2000, Brighton? UK, 2000, pp 2352-2355
- [3] L. Hamane, A. Khellaf et N. Ait Messaoudene "Estimation de la puissance annuelle moyenne de la sortie d'une éolienne". SIPE'5, Bechar. Novembre 2000
- [4] L. Aiche-Hamane " Contribution à l'élaboration de la carte du gisement énergétique éolien de l'Algérie", Mémoire de Magister. Institut de mécanique. Université de Saad Dahleb Blida (2003)
- Choisir notre futur : scénarios de politiques énergétiques en 2050 ...
- Format de fichier: PDF/Adobe Acrobat - Version HTML
- l'Énergie sur les politiques énergétiques à l'horizon 2050. ... des scénarios, en délaissant les modèles strictement. statistiques pour une démarche partant ...  
[www.wec-france.org/Scenarios.pdf](http://www.wec-france.org/Scenarios.pdf) - Pages similaires
- Portail Wissal
- Energies renouvelables : L'Algérie dispose d'un potentiel énergétique solaire ... qu'elle s'est fixée d'un taux de pénétration de 30% à l'horizon 2050. ...  
[www.wissal.dz/index.php?file=alleconomie&id=8512](http://www.wissal.dz/index.php?file=alleconomie&id=8512) - 45k - En cache - Pages similaires
- Algérie Site - RÉFORME DES MARCHÉS DE L'ÉNERGIE EN ALGERIE
- RÉFORME DES MARCHÉS DE L'ÉNERGIE EN ALGERIE [24.04.2006] » Economie ... voie de développement et les scénarios de politiques énergétiques à l'horizon 2050. ...  
[www.algeriesite.com/Info/nieuws.php?id=419](http://www.algeriesite.com/Info/nieuws.php?id=419) - 174k - En cache - Pages similaires
- [PDF]
- L'accroissement des besoins en énergie 8.
- Format de fichier: PDF/Adobe Acrobat
- de minimiser fortement les quatre types de risques à l'horizon 2050. .... Le modèle utilisé combine des variables de parcs (logements, automobiles, etc. ...  
[www.recherche-innovation.equipement.gouv.fr/IMG/pdf/Besoins\\_en\\_energie\\_cle5ca252.pdf](http://www.recherche-innovation.equipement.gouv.fr/IMG/pdf/Besoins_en_energie_cle5ca252.pdf) - Pages similaires

- Sonatrach n'est pas l'Algérie | Toufaux News
- A l'horizon 2050 et avec l'épuisement déjà programmé des ressources énergétiques .... la solution à ses problèmes dans le modèle de la révolution algérienne ...  
www.toufaux.com/34/sonatrach-algerie.html - 26k - En cache - Pages similaires
- Site du ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement ...
- 19 avril 2006 - Démarche prospective transports 2050 Régulièrement sollicité pour ... prospective sur le devenir du système des transports à l'horizon 2050. ...  
www.developpement-durable.gouv.fr/rubrique.php?id\_rubrique=437 - 30k -
- "Programme d'énergies renouvelables en Algérie" , paru dans le journal El Watan, le 22 février 2006. Le gouvernement algérien, rapporte le journal El Watan, ...  
www.fmes-france.net/article.php?id\_article=275 - 23k - En cache - Pages similaires
- Énergies renouvelables : L'Algérie se hisse au niveau mondial
- 24 mai 2007 ... L'Algérie est au diapason de la recherche scientifique mondiale en matière d'énergies renouvelables. »  
actualite.el-annabi.com/article.php?id\_article=5625 - 17k - En cache - Pages similaires
- El Watan :: 15 janvier 2007 :: Énergies renouvelables
- Néanmoins, OBG ajoute que la politique adoptée par l'Algérie de recourir aux énergies renouvelables, notamment l'énergie solaire, est une solution qui lui ...  
www.elwatan.com/Energies-renouvelables,58465 - Pages similaires
- El Watan :: 11 décembre 2007 :: Potentiel solaire en Algérie
- C'est ce qui ressort de l'exposé des experts algériens participant hier à Alger à une journée d'étude sur les énergies renouvelables. ...  
www.elwatan.com/Potentiel-solaire-en-Algerie - Pages similaires
- ALGERIE - Mission découverte sur les énergies renouvelables et la ...
- CAPENERGIE organise une Mission en Algérie sur les énergies renouvelables et la maîtrise de la demande en énergie qui se déroulera à Alger du 3 au 6 ...  
www.pole-enr.corse.fr/index.php?2006/09/14/44-algerie-mission-decouverte...energies-renouvelables..energie - 15k - En cache - Pages similaires
- Une énergie propre en Algérie ?
- 5 juin 2006 ... Le géant algérien Sonatrach s'est dit favorable au développement en ... en Algérie, notamment la promotion des énergies renouvelables. ...  
www.algerie-dz.com/article5501.html - 11k - En cache - Pages similaires
- L'Algérie investira dans les énergies renouvelables
- 19 juin 2007 ... L'Algérie accueille une conférence internationale et une exposition sur les énergies renouvelables (CEER 2007) à l'hôtel El Madar à Alger.  
www.algerie-dz.com/article10116.html - 12k - En cache - Pages similaires
- Autres résultats, domaine www.algerie-dz.com »
- Méditerranée Afrique - Afrique - Energies renouvelables : l'Algérie ...
- C'est le constat des spécialistes du Centre de développement des énergies renouvelables, hier, à l'occasion de la « célébration » de la journée la plus ...  
www.mediaterr.org/afrique/actu,20060705071800.html - 28k - En cache - Pages similaires
- Centre des énergies renouvelables
- Concours d'accès à l'école Doctorale "Energies Renouvelables" pour l'année 2008 /2009 Annonce Inscription ... l'Association Algérienne de l'Hydrogène A2H2 ...  
www.cder.dz/ - 23k - En cache - Pages similaires
- La Deuxième Conférence Internationale et Exposition sur les ...
- La Deuxième Conférence Internationale et Exposition sur les Energies Renouvelable à Alger : CEER 2007 découle de la décision du Gouvernement Algérien de ...
- chargé de la collecte, du traitement et de la diffusion ...  
www.ons.dz/ - 6k - En cache - Pages similaires
- :Office National des Statistiques de l'Algérie
- Présente son historique et ses fonctions. Consultez les tableaux statistiques socio-économiques.  
www.bonkm.com/.../office-national-statistiquespr-nte-historique-fonctions-consultez-tableaux-statistiques-socio--no... - 13k - En cache - Pages similaires
- Algérie - Statistiques : L'ONS va revoir le calcul de l'inflation
- 4 sep 2008 ... L'Office national des statistiques se basera, à partir du mois d'octobre prochain, sur un nouvel indice des prix à la consommation, ...  
www.algerie-monde.com/actualite/article3166.html - 28k - En cache - Pages similaires
- allAfrica.com: Algérie: Selon l'ONS, l'inflation en Algérie a ...
- Algérie: Selon l'ONS, l'inflation en Algérie a atteint 3,5% - Le prix de la ... Selon les prévisions de l'ONS, «cette année le taux d'inflation devrait ...  
fr.allafrica.com/stories/200712270370.html - Pages similaires

- ONS :l'inflation en Algérie a atteint 4,9% au 1er semestre 2008  
29 juil 2008 ... Alger : Le rythme d'inflation moyen en Algérie a atteint 4,9 % au cours du premier semestre 2008, at-on appris lundi auprès de l'Office ...  
[www.emarrakech.info/ONS-l-inflation-en-Algerie-a-atteint-4,9-au-1er-semestre-2008\\_a15507.html](http://www.emarrakech.info/ONS-l-inflation-en-Algerie-a-atteint-4,9-au-1er-semestre-2008_a15507.html) - 61k - En cache - Pages similaires
- Office National des Statistiques (ONS) - ONS Algerie ...  
Accueil => Administration Algerie. Office National des Statistiques (ONS) - ONS Algerie - statistiques algerie. => Visiter Le Site. Coordonnées. Langue ...  
[www.algerieinfo.biz/administration-algerie/ons-algerie.htm](http://www.algerieinfo.biz/administration-algerie/ons-algerie.htm) - 9k - En cache - Pages similaires
- 33 millions d'Algériens en 2006  
L'ONS relève que le chômage est en baisse continue avec un taux de 17,7% en 2004. Pour la connaissance de la situation démographique de l'Algérie, l'ONS ...  
[www.algeria-watch.org/fr/article/eco/soc/33\\_millions.htm](http://www.algeria-watch.org/fr/article/eco/soc/33_millions.htm) - 9k - En cache - Pages similaires
- Algérie Dz-web.org | Actualité Algérienne et internationale au ...  
ONS :l'inflation en Algérie a atteint 4,9% au 1er semestre 2008. Ajuster le texte Decrease font • Enlarge font. mehdi 31 July, 2008 02:14:00 ...  
[www.dz-web.org/economie/397.html](http://www.dz-web.org/economie/397.html) - 35k - En cache - Pages similaires
- L'intelligence à la portée des C-ons - Forum Algerie

## Bibliographie PARTIE II

- [1] : « Bilan du secteur de l'énergie et des mines 2000-2006 », Ministère de l'Énergie et des Mines, Édition 2007
- [2] : Les bilans énergétiques de l'Algérie par année 2003-2004–2005, Site web: <http://www.mem-algeria.org/fr/statistiques>
- [3]: “Documentation for the MARKAL Family of Models”; R. Loulou, G. Goldstein, K. Noble; Energy Technology Systems Analysis Programme; Octobre 2004
- [4] “Description and data structure of MARKAL–Lite - Working Paper”; A. Haurie & D. Placci; GUEH/LOGILAB, University of Geneva
- [5] : « MODELISATION MARKAL POUR LA PLANIFICATION ENERGETIQUE LONG TERME DANS LE CONTEXTE FRANCAIS » ; E. Asoumou ; THESE Pour obtenir le grade de Docteur de l'École des Mines de Paris ; 2006
- [6] : « Les Comptes Economiques de 2001 à 2007 en Algérie » ; Office National des Statistiques. 2008
- [7] « Middle East North Africa Insights”. World Energy Outlook, International Energy Agency; 2005
- [8] « Aperçu sur la stratégie à moyen et long termes de ma maîtrise de l'énergie en Algérie » ; Agence pour la Promotion et Rationalisation de l'Utilisation de l'Énergie ; 2008
- [10] : « La Gouvernance des systèmes productifs dans le secteur des transports en Algérie » ; A. BENALLEGUE, Expert en économie des transports, Directeur Général du Bureau, BEST CONSULT ALGERIA. 2006
- [11] : « Les transports urbains en Algérie : quelques effets de la dérégulation » ; F. BOUBAKOUR; Faculté des sciences économiques Université El Hadj Lakhdar. Batna; 2003
- [12] : « La stratégie et les politiques de relance et de développement industriel » ; les assises nationales le 26/02/200 ; Ministère des Participations et de la Promotion des Investissements
- [13] "Les projets d'urbanisme récents en Algérie", H. Abderrahim, 3rd ISOCARP Congress 2007

[14]: “Energy Use and Energy Intensity of the U.S. Chemical Industry” E. Worrell, D. Phylipsen, D. Einstein, and N. Martin; ERNEST ORLANDO LAWRENCE BERKELEY NATIONAL LABORATORY - Environmental Energy Technologies Division ; April 2000

[15] “curbing global energy demand growth : the energy productivity opportunity”; McKinsey Global Institute; Mai 2007

16 “Energy Efficiency and Carbon Dioxide Emissions Reduction Opportunities in the U.S. Iron and Steel Sector”; E.t Worrell, N. Martin, L. Price; ERNEST ORLANDO LAWRENCE BERKELEY NATIONAL LABORATORY- Environmental Energy Technologies Division ; July 1999

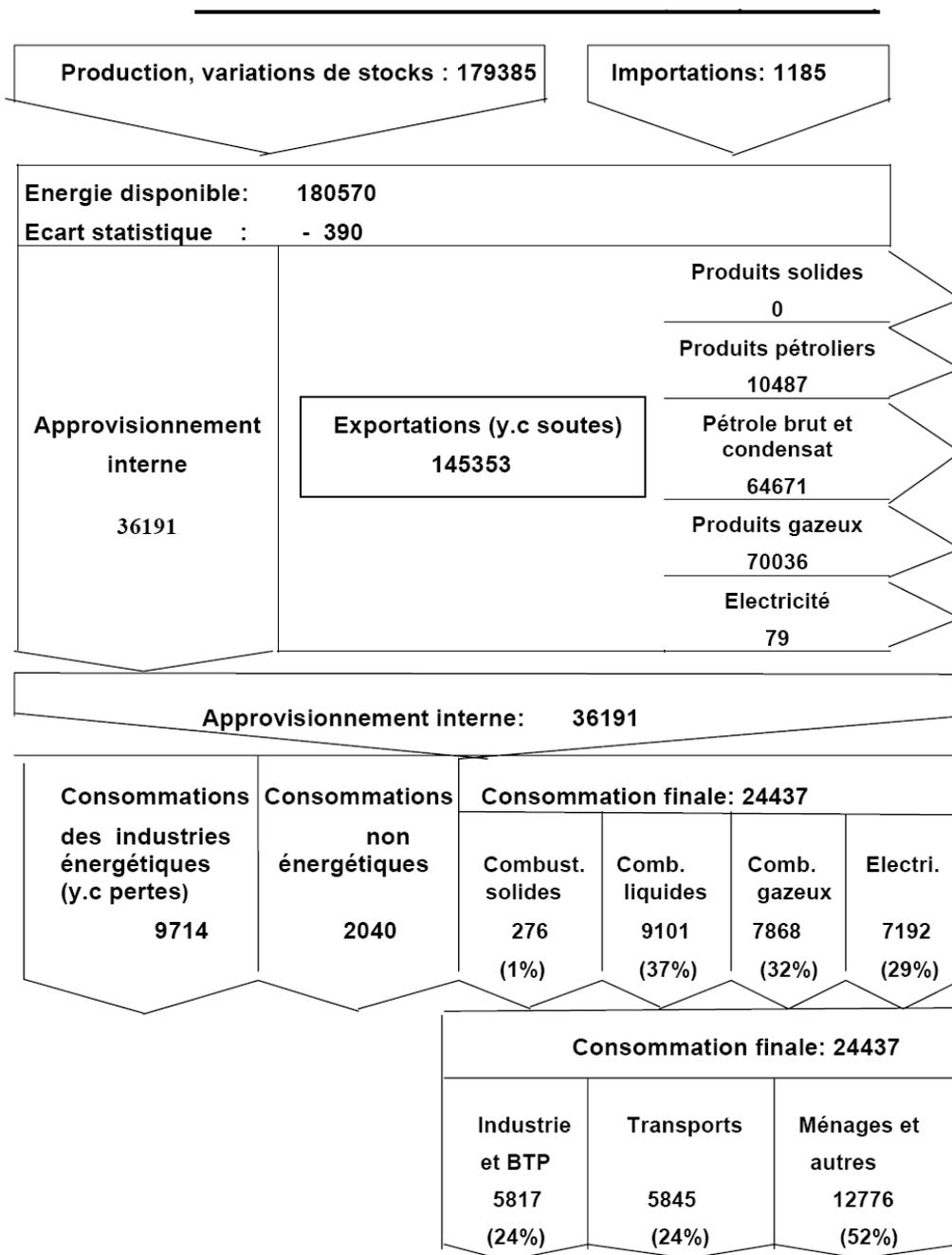
[17] “Canadian MARKAL: An Advanced Linear Programming System for Energy and Environmental Modelling”, Berger C., R. Dubois, A. Haurie, E. Lessard, R. Loulou and J.-P. Waaub INFOR, Vol. 30, No. 3, pp. 222-239, 1992

[18] « LA MISE EN OEUVRE DU SCHEMA NATIONAL D’AMENAGEMENT DU TERRITOIRE (SNAT) 2025 » ; Ministère de l’environnement et de l’aménagement du territoire ; Février 2008

DocumentSNAT 2025

[19] « Scénario énergétique de référence - Rapport de synthèse » ; Direction Générale de l’Énergie et des Matières Premières Observatoire de l’énergie; 2008

# ANNEXE 1 BILAN ENERGETIQUE DE L'ALGERIE (2005)



## ANNEXE 2 : Structure du secteur des transports

Tableau 1: Répartition Véhicules de Tourisme par type de motorisation

		Essence	Gasoil	Part du gasoil
Au 31/12/2003	Véhicules de Tourisme	1569503	205760	12%
Au 31/12/2004	Véhicules de Tourisme	1605268	229578	13%
Au 31/12/2005	Véhicules de Tourisme	1651938	253954	13%

Source : ONS

Tableau 2 : Structure du Parc National de transport

	2003	2004	2005
Véhicule Tourisme	1 775 263	1 834 846	1 905 892
<b>Camion</b>	<b>303 416</b>	<b>307 321</b>	<b>313 044</b>
<b>Camionnette</b>	<b>622 214</b>	<b>632 277</b>	<b>652 943</b>
Autocars – Bus	47 419	49 893	51 880
<b>Tracteurs Routiers</b>	<b>48 531</b>	<b>49 500</b>	<b>50 653</b>

Source : ONS

Tableau 3 : Le transport ferroviaire en Algérie

	Unité	2003	2004	2005
- Lignes exploitées	Km	3 572	3 572	3 572
- Voyageurs transportés	Milliers	27 529	27 258	25 708
- Voyageurs kilomètres	10 <sup>6</sup> . Vk	964	950	929
- Tonnages transportés	milliers	81 62	82 94	6 660
- Tonnes kilomètres	10 <sup>6</sup> .tk	20 37	1 945	1 471
<b>Parc S.N.T.F. :</b>				
Locomotives dont :	Nombre	<b>205</b>	<b>221</b>	<b>221</b>
Diesel Electrique	Nombre	192	207	207
Wagon Commercial	Nombre	10 047	10 026	10 026

Voiture Fourgon	Nombre	463	460	460
-----------------	--------	-----	-----	-----

Source : ONS, SNTF

Tableau 4 : Transport aérien en Algérie

	Passagers ( 10 <sup>6</sup> ) TOTAL	Dont Domestique	FRET ( 10 <sup>3</sup> T) TOTAL	Dont Domestique
2001	8,22	5,64	27,20	8,99
2002	9,31	6,40	27,30	7,46
2003	7,01	2,80	27,63	8,13
2004	6,75	2,70	28,19	6,22

Source : ONS

Tableau 5 : Transport de fret aérien international en Algérie

Année	Vols Cargo réguliers (Tonnes)	Vols Charters (Tonnes)	Vols Mixtes (Tonnes)	Total Fret	Total Poste (Tonnes)	Total International (Tonnes)
<b>2001</b>	3578	2414	10656	<b>16648</b>	<b>1673</b>	<b>18,21</b>
<b>2002</b>	4481	3556	10077	<b>18114</b>	<b>1730</b>	<b>19,844</b>
<b>2003</b>	4468	3206	10042	<b>17716</b>	<b>1789</b>	<b>19,505</b>
<b>2004</b>	5728	3220	11278	<b>20226</b>	<b>1740</b>	<b>21,966</b>

Source : ONS

ACTIVITE	Unité	2002	2003	2004	2005
<b>PASSAGERS (France/Espagne)</b>					
- Passagers Transportés	Nombre	473.092	471.534	497.670	496.914
- Véhicules Transportés	„	147.570	144.899 <sup>1</sup>	156.615	148.625
- Nbre de Traversées	„	1.003	943 <sup>1</sup>	969	906
<b>MARCHANDISES: Pavillon National*</b>					
Lignes régulières	Tonne	687.968	762.308	767.686	674.002
Tramping (1)	„	1.532.924	683.605	697.670	651.183
<b>TOTAL : Pavillon National (1)</b>	„	<b>2.220.892</b>	<b>1.445.913</b>	<b>1.465.356</b>	<b>1.325.185</b>

\* Il ne s'agit que de la S.N.T.M./C.N.A.N. seulement y compris affrétés

(1) Non compris cabotage national

1 Chiffres corrigés.

Source : : Ministère des Transports