

Commission « Énergie »
Michèle Pappalardo, présidente du groupe 1
Aude Bodiguel, rapporteur

> Perspectives énergétiques de la France à l'horizon 2020-2050

Rapport d'orientation

« Les enseignements du passé »

Avril 2007



Sommaire

> PARTIE 1 - PROSPECTIVES ET REALITES.....	11
1.1 <i>Les principaux exercices de prospective</i>	11
1.1.1 Rétrospective de quelques prospectives énergétiques au niveau mondial.....	11
1.1.2 Rétrospective de quelques prospectives énergétiques au niveau national.....	14
1.2 <i>La réalité des évolutions</i>	16
1.2.1 La production	16
1.2.2 La consommation	17
1.2.2.1 La consommation d'énergie primaire.....	18
1.2.2.2 La consommation d'énergie finale par secteur.....	19
1.2.2.3 L'impact du développement du chauffage électrique.....	21
1.2.3 L'intensité énergétique.....	22
1.2.4 La facture énergétique.....	23
1.3 <i>Les enseignements à tirer</i>	24
1.3.1 Les enseignements portant sur les méthodes de prévisions	24
1.3.1.1 Les limites des expériences antérieures.....	25
1.3.1.2 Le manque d'imagination.....	25
1.3.1.3 L'insuffisante attention portée à la demande	26
1.3.1.4 L'insuffisante prise en compte des évolutions internationales	27
1.3.1.5 L'insuffisante attention portée à l'évolution des capacités de production.....	28
1.3.1.6 Le rôle crucial des hypothèses faites en matière de croissance économique	28
1.3.2 Les enseignements portant sur les résultats	29
1.3.2.1 L'intensité énergétique est une variable sensible.....	29
1.3.2.2 ... aux évolutions inextricablement conjuguées des prix de l'énergie et des politiques énergétiques.....	29
1.3.2.3 La nature très capitalistique de l'industrie de l'énergie et très oligopolistique de ses marchés explique en partie l'évolution cyclique des prix et la durée des cycles	30
> PARTIE 2 - EVOLUTION DES TECHNIQUES, DES PRIX ET DES COUTS.....	31
2.1 <i>Evolution des techniques</i>	31
2.1.1 L'absence de « vraie » rupture technologique	31
2.1.2 L'offre d'énergie marquée par le développement de l'énergie nucléaire.....	32
2.1.3 Des progrès importants dans l'efficacité énergétique des équipements compensés par l'augmentation des besoins	33
2.1.4 Les enseignements à tirer	36
2.1.4.1 En trente ans, les composantes de l'offre énergétique ont sensiblement évolué, mais de manière différente selon les pays	36
2.1.4.2 Les progrès de l'efficacité énergétique ne conduisent à une réduction concomitante des consommations que s'ils s'accompagnent d'une maîtrise des besoins	36
2.2 <i>L'évolution des coûts et des prix des énergies</i>	38
2.2.1 L'électricité.....	38
2.2.2 Le gaz.....	39
2.2.3 Le fioul.....	40
2.2.4 Les carburants.....	41
2.2.5 Les énergies renouvelables.....	43
2.2.5.1 La production électrique d'origine renouvelable.....	43
2.2.5.1.1 La production d'électricité éolienne.....	43
2.2.5.1.2 La production d'électricité à partir de la biomasse	45
2.2.5.1.3 La production d'électricité photovoltaïque.....	45

2.2.5.2 La production d'énergie thermique d'origine renouvelable.....	46
2.2.5.2.1 Le bois-énergie	47
2.2.5.2.2 La géothermie.....	48
2.2.5.2.3 Le solaire thermique	50
2.2.5.3 Les biocarburants	50
2.2.6 Les enseignements à tirer	51
> PARTIE 3 - EVOLUTION DES COMPORTEMENTS ET DES OPINIONS	53
3.1 <i>L'évolution des opinions</i>	53
3.1.1 Quelques résultats des sondages d'opinion	53
3.1.2 Les enseignements à tirer	54
3.1.2.1 Tenir compte de l'évolution des opinions pour organiser les actions de communication	54
3.1.2.2 Développer toutes les formes de mise à disposition d'informations sur l'énergie	55
3.2 <i>L'évolution des comportements</i>	55
3.2.1 Les évolutions de long terme liées au mode de vie	55
3.2.2 Les changements de comportements sous contraintes.....	56
3.2.3 Les motivations des changements.....	56
3.2.3.1 Le prix et sa perception	56
3.2.3.2 La protection de l'environnement.....	57
3.2.3.3 Anticipation d'un risque dans l'approvisionnement	58
3.2.4 Les enseignements à tirer	58
3.2.4.1 Une connaissance insuffisante des mécanismes d'évolution des comportements à court/moyen/long terme.....	58
3.2.4.2 L'évolution à moyen/long terme des comportements peut profondément modifier les besoins énergétiques et réciproquement.....	59
3.2.4.3 La variété des déterminants des changements de comportements doit être prise en compte dans les politiques énergétiques	59
3.2.4.4 La mise à disposition de l'information sur les consommations énergétiques, facteur indispensable des évolutions de comportements	59
3.2.4.5 Les conditions de réussite des campagnes de communication sur l'énergie.....	60
3.2.4.6 Des entraves aux modifications des comportements.....	61
> PARTIE 4 - POLITIQUES PUBLIQUES.....	62
4.1 <i>Les actions de communication, dimension essentielle des politiques publiques</i>	62
4.1.1 Rapide historique des actions de communication depuis 1974	62
4.1.2 Les moyens financiers consacrés à ces actions	64
4.1.3 Quelques résultats.....	64
4.2 <i>Les politiques de réduction de la demande</i>	65
4.2.1 Après le premier choc pétrolier.....	65
4.2.1.1 Création d'un dispositif politico-administratif original :	65
4.2.1.2 Les actions mises en œuvre	66
4.2.1.3 Les succès et les échecs de cette politique	68
4.2.2 La période du contre-choc pétrolier	70
4.2.2.1 De l'AFME à l'ADEME	70
4.2.2.2 Le tournant environnemental	71
4.2.3 Le début du 21 ^{ème} siècle	72
4.2.3.1 Le PNLCC	72
4.2.3.2 Le PNAEE.....	72
4.2.3.3 Le Plan climat 2004-2012	72
4.2.4 Les résultats en matière d'intensité énergétique	73
4.2.5 Les enseignements à tirer	74
4.2.5.1 La nécessité d'un soutien politique fort.....	74
4.2.5.2 La pérennité des actions	74
4.2.5.3 ... menacée par l'évolution du prix de l'énergie.....	75
4.2.5.4 ... et confortée par la protection de l'environnement.....	75
4.2.5.5 La multiplicité des outils doit s'adapter à la réduction du rôle de l'Etat et ne pas négliger les actions de contrôles.....	76
4.2.5.6 Le rôle déterminant du prix de l'énergie.....	77

4.2.5.7 Le bâtiment : efficacité et limites de la réglementation	78
4.2.5.8 Les transports : efficacité et limites du soutien public	79
4.2.5.8.1 La politique d'infrastructures	80
4.2.5.8.2 L'organisation spatiale des activités économiques	80
4.2.5.8.3 La non intégration des externalités	81
4.3 Les politiques de développement de l'offre énergétique	81
4.3.1 L'augmentation de l'offre énergétique nationale : le parc nucléaire	81
4.3.2 La diversification des approvisionnements	82
4.3.3 La diversification du <i>mix</i> énergétique.....	83
4.3.4 L'ouverture des marchés	84
4.3.5 Les enseignements à tirer	84
4.3.5.1 L'offre énergétique : une préoccupation insuffisante hors des périodes de crise	84
4.3.5.2 La libéralisation des marchés, des conséquences encore mal connues, une régulation nécessaire	85
4.3.5.3 Des modes de soutien différents selon les types d'énergie	86
4.3.5.4 ...qui nécessitent d'avoir des politiques de filières cohérentes	86
4.3.5.5 Les politiques industrielles ne doivent pas être limitées aux besoins énergétiques nationaux ..	86
> ANNEXE 1 : MEMBRES DU GROUPE 1	88
> ANNEXE 2 : LISTE DES GRAPHIQUES	89
> ANNEXE 3 : LISTE DES TABLEAUX.....	89
> ANNEXE 4 : ACRONYMES.....	90
> ANNEXE 5 : SYMBOLES, UNITES ET COEFFICIENTS MULTIPLICATEURS	90
> ANNEXE 6 : BIBLIOGRAPHIE	901

Résumé

Le groupe « Enseignements du passé » a examiné les grandes évolutions de la production et de la consommation d'énergie en France, replacées dans leur environnement européen et mondial, au cours des trente dernières années. Les discussions et les auditions menées par ce groupe ont permis de sélectionner et d'approfondir quatre thématiques : les exercices de prospectives, l'évolution des techniques et des coûts, l'évolution des comportements et des opinions, et enfin les politiques publiques.

> LES EXERCICES DE PROSPECTIVE DU PASSE

L'analyse des exercices de prospective des trente dernières années met en évidence plusieurs défauts récurrents de ces travaux. En règle générale, on note un manque certain d'imagination qui conduit à reproduire les dernières tendances constatées, notamment en ce qui concerne les prix des différentes énergies, alors que cette période a été marquée par des retournements de tendances non anticipés (chocs pétroliers de 1973 et de 1979, contrechoc dans les années 80). Ce « défaut » s'explique en grande partie par l'insuffisante attention portée à deux phénomènes :

- L'évolution de la demande, tant nationale que mondiale. Au plan national, l'intensité énergétique, considérée en début de période comme stable, s'est révélée une variable sensible, qui a notablement évolué à la baisse, sans qu'il soit aisé de distinguer ce qui relève de l'évolution des prix de l'énergie ou des politiques énergétiques. Dans la période actuelle, c'est l'évolution de la demande mondiale, particulièrement des pays émergents, qui n'a pas été suffisamment intégrée aux modèles.
- L'évolution des capacités de production du secteur énergétique, tant nationales que mondiales. Celles-ci jouent un rôle crucial dans l'évolution des prix, du fait du caractère très capitalistique de ce secteur. Elle explique en partie l'évolution cyclique des prix et la durée des cycles.

Enfin, les erreurs faites sur les hypothèses de croissance économique sont souvent une des causes majeures des écarts entre la réalité et les prévisions énergétiques.

Il est probable que les prévisionnistes continueront à se tromper sur les évolutions du prix du pétrole. Dans ce contexte, la nouvelle priorité de lutte contre les émissions de gaz à effet de serre permettra de maintenir un effort plus constant en faveur de la maîtrise de l'énergie, au moins d'origine fossile.

> L'ÉVOLUTION DES TECHNIQUES

En ce qui concerne l'évolution des techniques, les trente dernières années n'ont pas connu de « vraie » rupture technologique, ce qui doit inciter à la prudence ceux qui parient aujourd'hui sur ce type d'évolution pour résoudre les problèmes actuels. Cependant les progrès continus des diverses technologies ont fortement fait évoluer tant l'offre que la demande d'énergie.

En trente ans, les composantes de l'offre énergétique ont été sensiblement modifiées, mais de manière très différente selon les pays, conduisant à des mix très diversifiés. En France, cette offre se caractérise par le développement de l'énergie nucléaire tandis qu'en matière d'énergies renouvelables, dont la rentabilité économique est handicapée tant que leur prix n'intègre pas le coût de leurs externalités positives, notamment en terme de réduction des gaz à effet de serre, le soutien public reste nécessaire. Son interruption entre 1986 et 2000, en période de prix faible du pétrole, a eu des effets néfastes sur le tissu industriel et sur l'ensemble des réseaux de compétences actuellement en cours de reconstitution.

Du côté de la demande, des progrès importants ont été réalisés dans l'efficacité énergétique des équipements (véhicules, appareils électriques, système de chauffage...) mais ils ont été compensés, en règle générale, par l'augmentation des besoins (nouveaux équipements, augmentation des distances de transports, de la taille des logements...). Aussi **les progrès de l'efficacité énergétique ne doivent-ils pas conduire à sous-estimer la nécessité d'agir sur la maîtrise des besoins**, tant dans le secteur du bâtiment que dans celui des transports, si l'on veut réellement réduire la demande.

> L'ÉVOLUTION DES OPINIONS ET DES COMPORTEMENTS

La connaissance des mécanismes d'évolution des comportements et des opinions à court/moyen/long terme reste insuffisante, car les motivations sont multiples. Le prix et sa perception sont, sans conteste, des éléments déterminants mais on voit progresser aussi aujourd'hui le souci de la protection de l'environnement qui peut renforcer l'effet prix, ainsi que la prise de conscience et l'anticipation de risque dans l'approvisionnement de certaines sources d'énergie.

Cette grande variété des déterminants est à prendre en compte dans les politiques énergétiques qui doivent renforcer leur composante « communication » et développer tous les modes d'informations sur l'énergie, facteur indispensable aux évolutions des comportements. L'expérience montre que trois conditions sont nécessaires pour qu'une action destinée à mobiliser le plus grand nombre soit réellement efficace :

- La durée et la continuité
- La capacité de répondre aux questions que la communication suscite, comme le fait aujourd'hui le réseau des espaces INFO→ENERGIE
- une mobilisation de tous les acteurs socio-économiques et des politiques publiques en cohérence avec les messages.

Les modifications attendues de comportements, ainsi que les prises de décisions en faveur des économies d'énergie qui en résultent, peuvent toutefois être entravées par plusieurs types de difficultés :

- un déficit d'information, par exemple sur la consommation d'énergie des produits ou sur sa propre consommation ;
- une insuffisance de moyens financiers pour réaliser des investissements, même s'ils sont rentables à moyen/long terme ;
- une dichotomie entre celui qui investit et celui qui bénéficie des économies, dans le couple propriétaire/locataire notamment ;
- des politiques publiques qui, en contrecarrant l'évolution à la hausse des prix de l'énergie, n'adressent pas les bons signaux aux consommateurs.

La sensibilisation du public est un préalable indispensable, il faudra veiller à ce que les efforts en ce domaine soient renforcés.

> LES POLITIQUES PUBLIQUES

Compte tenu de ces éléments et des actions menées durant ces trente dernières années, les enseignements suivants devraient permettre de définir et mettre en œuvre des politiques publiques efficaces.

En matière de développement de l'offre, le défaut majeur consiste à ne pas être suffisamment actif dans ce domaine en dehors des périodes de crise. Or il est nécessaire d'avoir des politiques de filières cohérentes à moyen terme, qui peuvent reposer sur des instruments différents selon le type d'énergie concerné. Le contexte actuel de libéralisation nécessite une adaptation de ces politiques et des modalités de régulation efficaces.

Les économies d'énergie constituent un gisement très important, mobilisable à coûts faibles. Les politiques de réduction de la demande doivent donc faire l'objet d'un soutien politique prioritaire et à très haut niveau. Elles doivent reposer sur des actions pérennes et ne pas être perturbées par d'éventuelles évolutions à la baisse des prix de l'énergie. Le fait que ces politiques reposent aujourd'hui également sur des considérations environnementales et climatiques devrait toutefois faciliter leur continuité. Elles passent par la mise en œuvre de multiples outils (recherche, action réglementaire, incitative, fiscale...), sans négliger les actions de contrôle, mais dans un contexte en évolution où le rôle de l'Etat national se réduit au profit de celui des institutions européennes et des collectivités territoriales. D'une manière générale toutefois, le rôle du prix de l'énergie est déterminant et il est important que les acteurs économiques aient une bonne visibilité de son évolution et de celle des politiques publiques énergétiques.

Introduction

L'objectif de ce rapport est de présenter de manière synthétique les grandes évolutions de la production et de la consommation énergétiques françaises, replacées dans leur environnement européen et mondial, et d'en tirer les enseignements utiles.

La période examinée portera sur les trente dernières années (1973/2005), marquées par les deux chocs pétroliers de 1974 et de 1979, par le contrechoc pétrolier de 1986, et par l'augmentation des prix de l'énergie que nous connaissons depuis la fin 2004.

Ce rapport ne vise donc pas à une présentation exhaustive de tout ce qui a été fait en matière énergétique depuis trente ans. Il repose au contraire sur un choix de sujets et de résultats qui sont apparus comme les plus porteurs d'enseignements pour la période actuelle. Quatre axes majeurs ont été retenus : les méthodes et les résultats des exercices de prospectives, les évolutions des techniques, celles des comportements et enfin les politiques publiques mises en œuvre.

Toutefois, avant d'examiner ces thèmes en détail, il est utile de dresser un parallèle entre les deux premiers chocs pétroliers et la situation actuelle. En effet, les observateurs s'étonnent souvent qu'à la différence de ce que la France a connu dans les années 70, la période d'augmentation des prix actuelle ne soit pas vécue comme un véritable traumatisme, tant dans l'opinion publique que dans les politiques menées. Les réactions des décideurs politiques et des acteurs économiques sont effectivement plus lentes et plus progressives aujourd'hui qu'à l'époque.

Comparaisons entre le choc de 1974 et aujourd'hui Rappel de la situation 1974/1979

Le 6 octobre 1973, l'Égypte et la Syrie attaquent Israël le jour du Kippour. Le 16 octobre, le baril de pétrole passe de 2,6 à 5,2 dollars(1). Le 22 décembre, les États du Golfe doublent son prix qui passe à 11,6 dollars(2). Le premier choc pétrolier entraîne donc, en quelques semaines, le quadruplement du prix des hydrocarbures dans une France qui importe à l'époque 73% de l'énergie nécessaire à son développement, pour l'essentiel du pétrole.

Cette crise n'a pas été prévue.

Elle conduit le gouvernement à lancer une nouvelle politique énergétique ayant pour objectif :

- d'économiser l'énergie
- de développer la production d'énergies nationales principalement avec le programme électronucléaire
- de diversifier les approvisionnements extérieurs

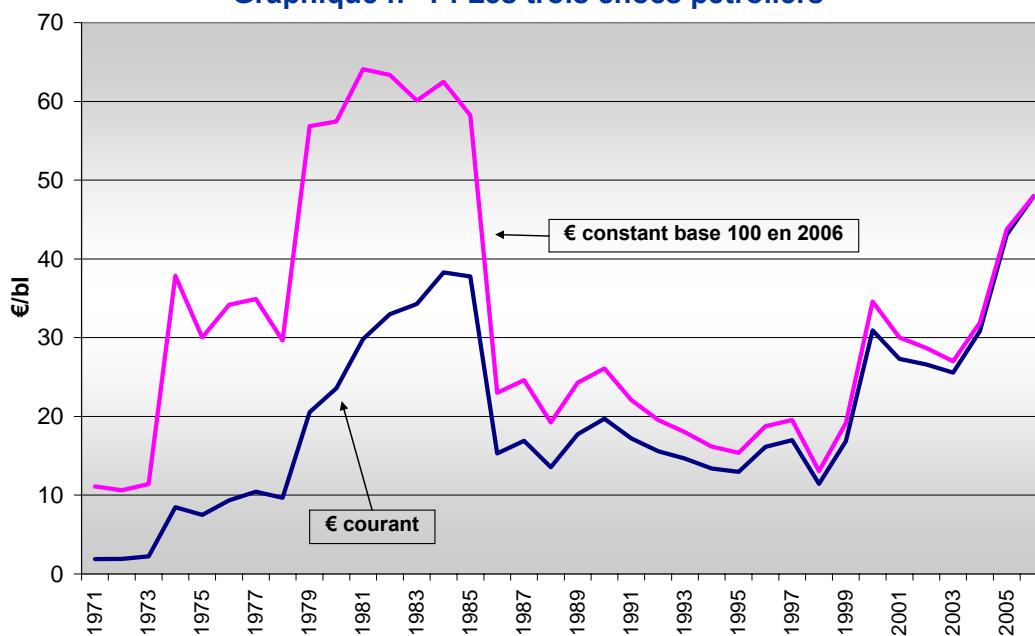
Au début de 1979, le monde subit un deuxième choc pétrolier dont les effets viennent s'ajouter à ceux du premier. Entre janvier 1973 et janvier 1982, le prix du baril de pétrole passe de 2,5 \$ à 38 \$ (courants)(3). Le gouvernement renforce alors les mesures d'économies d'énergie, en augmentant les moyens et en mettant en œuvre de nouvelles procédures d'intervention.

(1) soit de 8,4 à 16,75 €/bbl en € de 2005

(2) soit 37,4 €/bbl en € de 2005

(3) dans le même temps, le cours du \$ passait de 5,5F à 11F

Graphique n° 1 : Les trois chocs pétroliers



Source : IFP

Comparaisons entre le choc de 1974 et aujourd'hui Situation actuelle

Malgré quelques similitudes, la « crise » actuelle qui débute, de manière visible, par l'augmentation du prix du baril en 2004, présente de grandes différences avec le premier choc pétrolier.

Certes, elle n'a pas non plus été prévue par les observateurs, même si elle ne survient pas à la suite d'une crise internationale majeure telle que la guerre de 1973, mais la rapidité et l'ampleur des évolutions sont fort différentes :

- L'évolution des prix est aujourd'hui beaucoup plus progressive : après avoir fluctué entre 20 et 30 \$/bl entre 2000 et 2003, le prix du Brent a atteint en moyenne 38 \$/bl en 2004 (avec une pointe à 50 \$ en octobre), 54 \$/bl en 2005 (pointe à 64 \$ en août) et plus de 65 \$/bl en 2006. Même à 75 \$ le baril (prix atteint à l'été 2006), le prix du pétrole était encore inférieur, en euros constants, à celui atteint en 1984⁽¹⁾.
- Les conséquences sur l'économie française sont plus limitées qu'autrefois, notre dépendance aux produits pétroliers ayant très sensiblement diminué. La part du pétrole dans la consommation d'énergie primaire était de 68 % en 1973 contre 33 % en 2005. La part du gaz qui était d'à peine plus de 7 % en 1973, atteint en revanche près de 15 % en 2005.
- En 1974, puis en 1979, les deux premiers chocs pétroliers ont eu des répercussions d'une ampleur équivalente sur les prix du gaz importé dans le cadre des contrats "take-or-pay" de Gaz de France, en provenance des Pays-Bas et d'Algérie. Les conséquences sur les consommateurs de gaz ont été cependant amorties par une politique de lissage des tarifs administrés, ce qui n'a pas été le cas en 2005. Cette politique a été facilitée par une intervention visant à modérer les hausses des tarifs de vente du gaz de Lacq par la Compagnie Française du Méthane et la Société Nationale des Gaz du Sud-Ouest aux distributions publiques de Gaz de France et aux Régies municipales, dans leurs zones de dessertes couvrant la moitié Sud de la France. Une telle action ne peut plus être menée aujourd'hui, dans la mesure où la production nationale de gaz ne représente plus que 1 à 2 % de la consommation française de gaz, contre près de 50 % en 1973.
- De façon générale, la part de l'énergie dans le budget des ménages s'est réduite compte tenu notamment de l'augmentation générale du pouvoir d'achat, de la réduction des prix de l'énergie depuis les années 70 et de l'amélioration des performances des convertisseurs (chaudières, automobiles, ...). Cette part est ainsi passée de 8 % en 1985 à 5 % en 2002, pour remonter légèrement à près de 6 % aujourd'hui.
- Même si les conséquences restent fortes sur la balance des paiements, l'importance de ces évolutions est devenue plus relative. En 1973, il fallait 4,5 francs pour 1 dollar ; dans le contexte d'une monnaie européenne unique et forte, sans risque de dévaluation de la monnaie nationale, où le dollar s'affiche à moins de 80 centimes d'euros (début 2007), le prix du pétrole, exprimé en dollars, devient « moins cher ».

(1) Sur le graphique n°1, les prix sont des prix annuels moyens, c'est pourquoi le pic semble être atteint en 1981 et non en 1984.

Rapport

> PARTIE 1 - PROSPECTIVES ET REALITES

1.1 Les principaux exercices de prospective

1.1.1 Rétrospective de quelques prospectives énergétiques au niveau mondial

L'exploration du futur n'est pas chose nouvelle dans le secteur de l'énergie. Dès 1860, W.S. Jevons avait prolongé la croissance de l'extraction anglaise de charbon jusqu'au milieu du 20ème siècle pour évaluer les risques de perte de compétitivité de l'industrie anglaise par rapport à ses concurrentes allemande et américaine. Un demi-siècle plus tard, H.S. Fleming avait prévu la consommation d'énergie des Etats-Unis de 1950 à 1,5 % près... mais en l'attribuant en totalité au charbon. En France, le Centre polytechnique d'études économiques avait tenté d'esquisser une perspective énergétique décennale mais sa date (1939) n'était évidemment pas des plus favorables. A partir de 1950, les exercices à long et très long terme vont se multiplier aux Etats-Unis puis dans tous les pays industrialisés, souvent dans le cadre d'organismes internationaux (Nations unies, IIASA International Institute for applied systems analysis, Conférence mondiale de l'énergie).

- L'année 2000 vue des années 50 : il n'y aura plus de pétrole dans trente ans.

Après la grande étude confiée par l'US Atomic Energy Commission à Palmer Putnam en 1950, plusieurs travaux prospectifs sont présentés devant la Conférence internationale sur l'énergie atomique à des fins pacifiques (Genève, 1956). Tous ont en commun une exploration des besoins énergétiques mondiaux à horizon 2050 afin de répondre à la question : l'humanité a-t-elle besoin d'une nouvelle source d'énergie ? Les éléments de réponse découlent des consommations primaires estimées et de l'appréciation de leur possible satisfaction par les sources d'énergie existantes.

Tableau n° 1 : Comparatif des exercices de prospective des années 50

	Consommation anticipée (Mtep) ¹		Prospectives/réalité	
	1975	2000	1975	2000
Putnam	4,3	11,0	-18 %	+28 %
Robinson-Daniel	3,4	6,3	-35 %	-27 %
Mason	4,4	9,2 à 11,7	-17 %	+7 % à + 36 %
Nations Unies	4,7	12,9	-11 %	+50%

Source : travaux de Jean-Marie Martin-Amouroux

¹ Sources d'énergie non commerciales exclues (bois de chauffage).

L'appréciation des écarts entre les exercices doit tenir compte des objectifs recherchés (consommation minimale pour Robinson et Daniel, maximale pour Putnam). Le passage des trajectoires anticipées au-dessous de l'évolution effective de la consommation primaire en 1975 et au-dessus en 2000 est en grande partie liée à la forte baisse des rythmes de croissance du milieu des années 70. Tous les exercices sont en outre pénalisés par une sous-estimation de la croissance démographique et de la croissance économique. En règle générale, la relation développement - besoins énergétiques est traitée de façon très sommaire en supposant que « *the laggards try to catch the leaders* » (les derniers tentent de rattraper les premiers), les pays étant assimilés à des trains qui se suivent sur une même voie. Le plus ou moins grand éloignement des estimations par rapport à la consommation effective en 1975 et 2000 s'explique dès lors presque entièrement par des différences d'hypothèses de croissance des consommations par tête ou d'élasticité énergie/PIB.

Comment les besoins énergétiques seront-ils satisfaits ? Le point commun entre tous les auteurs est une sous-estimation complète de la contribution des hydrocarbures, basée sur le constat d'un épuisement des ressources pétrolières sur le territoire des Etats-Unis. En accord avec le rapport Paley publié à la même époque, Palmer Putnam n'imagine ni les possibilités offertes par l'offshore, ni l'arrivée massive des bruts du Moyen Orient. Comme les autres prospectivistes, il ignore la mondialisation du marché pétrolier en voie de formation et le déplacement géographique du centre de gravité de l'industrie pétrolière qui l'accompagne. Ne reste donc que le charbon qui va satisfaire à la fois les besoins thermiques et les besoins en carburant, via la liquéfaction. Selon Paley, cette dernière sera compétitive dès que le prix du pétrole aura crû de 30 %, une hausse rendue inévitable par le recours à l'offshore. Dès lors, pour réserver la houille à la production de carburant dont les besoins vont croître plus rapidement que la consommation totale d'énergie, le nucléaire deviendra la seule source d'électricité.

- Charbon ou nucléaire au cours des années 70

Toujours au plan international, le premier choc pétrolier de 1973 a relancé l'activité prospectiviste quelque peu retombée au cours des années 60. Deux exercices aux conclusions diamétralement opposées sont intéressants à comparer.

Avant de réintroduire *in fine* le charbon dans ses options à long terme, l'IIASA (International Institute for applied systems analysis) l'avait éliminé, sous l'influence du modèle de substitution de Fisher et Pry, dont l'un des résultats était l'inévitable déclin de la part du charbon dans le bilan énergétique mondial, jusqu'à sa disparition totale en 2050. L'exercice de prospective de l'IIASA était pourtant l'un des plus ambitieux de l'époque par sa durée (1972-80) et le nombre de chercheurs mobilisés. Le pétrole arrivant aussi à son point de retournement, suivi du gaz quelques décennies plus tard, la relève ne pouvait être assurée que par le nucléaire (fission) puis le solaire et la fusion (SOLFUS). Avec un modèle qui marche bien, inutile de regarder autour de soi et de tenir compte de la croissance de la production charbonnière sur tous les continents. Pourquoi un tel aveuglement ? Michel Grenon évoque la « gêne » que représentait la croissance du charbon pour les chercheurs acquis au nucléaire. Parmi ces derniers, C. Marchetti (principal concepteur du modèle) répondait que les substitutions interénergétiques étaient commandées par une « loi », que « *laws work or don't work* » (les lois marchent ou ne marchent pas) et que celle-là marchait.

Au même moment, le World Coal Study (WOCOL) défendait un point de vue opposé à celui de l'IIASA d'avant sa conversion au charbon. Cet atelier était chargé de donner la solution du problème posé deux ans plus tôt par un autre atelier, le Workshop on alternative energy strategies (WAES) déjà piloté par le professeur Carroll Wilson du MIT. Ce dernier résumait en 1977 les conclusions du groupe d'experts internationaux qu'il avait réuni : le monde va manquer de pétrole beaucoup plus tôt que la plupart des gens ne l'imaginent ; la demande

dans les pays non communistes dépassera vraisemblablement l'offre entre 1985 et 1995, mais peut-être dès 1983 si les pays de l'OPEP² restreignent leur offre au plafond de 33 Mbj parce que les ressources pétrolières ont plus de valeur restées en terre (ventes futures) que vendues aux conditions actuelles du marché ; il nous reste peu de temps pour sauver notre mode de vie occidental.

Pourquoi ces conclusions ont-elles été démenties par les évolutions énergétiques des deux décennies suivantes ? Le WAES a-t-il été trop bien entendu ou a-t-il construit des scénarios énergétiques sur des hypothèses erronées ? La comparaison de son scénario D, le moins éloigné de ce qu'a été la croissance économique des pays non communistes, avec la consommation effective de ce même ensemble de pays en 1985 permet de répondre.

Tableau n° 2 : Le scénario D du WAES confronté à la réalité

En Mtep	1972	1985		Différences Réalité/ Scénario
	(année de référence)	Scénario D	Réalité	
Charbon	725	970	1 076	+ 106
Pétrole	2 205	2 920	2 150	- 770
Gaz naturel	755	920	910	- 10
Nucléaire	35	505	290	- 215
Hydro-géothermie	290	385	397	+ 12
Total	4 010	5 700	4 823	- 877

Source : Travaux de Jean-Marie Martin-Amouroux

Le retour de l'abondance pétrolière en 1985 n'est pas imputable à la croissance des autres sources d'énergie (même si la consommation de charbon a crû un peu plus vite que ne l'imaginait le scénario) mais à deux évolutions que le WAES a été incapable d'anticiper.

- La première est la chute de la demande de pétrole s'inscrivant dans des croissances effectives des consommations primaires d'énergie sans rapport avec celles retenues par le WAES. Les écarts les plus considérables concernent l'Amérique du Nord (-396 Mtep), l'Europe de l'Ouest (-311), le Japon (-181). Les causes ? De moindres croissances économiques expliquant 23 %, 32 % et 19 % des écarts observés et des réductions d'intensité énergétique (77 %, 68 % et 81 %). Les causes de ces causes ? L'incapacité des experts à estimer les conséquences des chocs pétroliers sur les modes et les techniques d'utilisation de l'énergie, à une époque (1976) où la plupart d'entre eux vivaient avec la certitude confortable d'une élasticité/PIB invariable et proche de l'unité et d'une inélasticité/prix.

- La seconde évolution a trait aux rapports des producteurs OPEP/NOPEP³. Pris dans le ciseau d'une demande en diminution et d'une offre NOPEP en croissance, parce que stimulée par les politiques de sécurité des pays importateurs et les stratégies de reconstitution de leur patrimoine des multinationales pétrolières, les pays de l'OPEP n'ont pu maintenir leur production. Les déficits apparaissant dans les scénarios du WAES se sont mués en excédent. Ce manque de lucidité étonne d'autant plus que les grandes compagnies pétrolières étaient bien représentées dans toutes les réunions. Leurs experts étaient-ils tenus à la discrétion ou ignoraient-ils encore en 1976 les changements technologiques et géopolitiques qui se préparaient ?

² OPEP : organisation des pays exportateurs de pétrole

³ NOPEP : non-OPEP

1.1.2 Rétrospective de quelques prospectives énergétiques au niveau national

Jusqu'en 1973, l'hypothèse d'une baisse continue des prix des produits pétroliers est retenue. Dans le même temps, les prospectives de l'énergie n'anticipent pas d'amélioration rapide de l'intensité énergétique de l'économie. On envisage plutôt que toute augmentation de la croissance, objectif principal de la politique économique, entraîne une augmentation du même ordre de grandeur de la consommation d'énergie (l'élasticité de la consommation par rapport au PIB est égale à 1). Ainsi, une hypothèse erronée sur la croissance économique est l'un des principaux facteurs à l'origine d'une mauvaise projection. Plusieurs exercices du Plan antérieurs à 1980 prévoyaient des niveaux de croissance presque deux fois supérieurs à leur réalisation⁴.

Dans le domaine électrique comme dans les autres, les prévisions effectuées par EDF ou le CEA se révéleront a posteriori élevées. Cet écart s'explique en partie par une mauvaise estimation de l'intensité électrique de l'économie.

Sur la base de ces prévisions, lorsque le programme nucléaire français fut mis en place pour réduire la dépendance énergétique et le déficit de la balance des paiements, on décida de construire les centrales à un rythme soutenu, jusqu'à dépasser sensiblement la demande nationale. La stratégie était celle du « tout électrique, tout nucléaire » ; l'électricité devait pénétrer tous les domaines possibles ; le développement du chauffage électrique direct des locaux en a été une conséquence particulièrement importante.

- La vision d'une France « tout électrique – tout nucléaire »

Le concept, lancé par EDF, a connu ses heures de gloire à l'occasion du premier choc pétrolier et du lancement de programmes nucléaires très importants. Lors de sa constitution en 1982, dans le cadre de la préparation du neuvième Plan, le Groupe Long Terme Energie (GTLE) avait été chargé d'organiser une concertation débouchant sur un ralentissement des rythmes d'engagement des centrales nucléaires, compte tenu de la divergence croissante entre la production programmée du parc électrique en 1990 (415-450 TWh) et la consommation domestique attendue (320-350 TWh). Poursuivre le programme à son rythme initial conduisait à des surcapacités que l'on n'imaginait pas encore limiter par des exportations d'électricité ; l'interrompre mettait en péril la survie de l'industrie électronucléaire conçue pour construire 5 à 7 réacteurs par an.

Dans son ouvrage *Haute tension*, Marcel Boiteux⁵ a exposé sans ambages comment avait été décidé par Pierre Mesmer, alors Premier ministre, le nombre d'engagements annuels. Pour arbitraire qu'elle puisse paraître, cette décision reposait en fait sur des prévisions de consommation d'EDF qui la justifiaient.

Les représentations externes de ces prévisions sont explicites dans un colloque de la DATAR (1968), un rapport du Commissariat au Plan (1972) et un article de la *Revue Française de l'Energie* (1972). Le premier des trois textes construit une image de la France en 2020 : 80 millions d'habitants, dont 65 urbanisés ; un niveau de vie comparable à celui des Etats-Unis en 2000 ; un PIB 8 à 10 fois supérieur à celui de 1968 ; des besoins en énergie utile 10 à 12 fois supérieurs ; une consommation d'énergie primaire de 1,3 milliard de tep. Les deux autres décrivent l'année 2000. La consommation primaire y atteint 500 Mtep, soit un infléchissement à la baisse par rapport à l'extrapolation du passé qui aurait conduit à 666 ou 766 Mtep, selon le choix de la période de référence, inflexion imputable

⁴ Plan 1964, 1970, 1975 : prévisions = 5%, 6%, 5,5% - réalisations ~3%

⁵ Marcel Boiteux, *Haute tension*, Odile Jacob, 1993.

après 1985 à des effets de saturation, une tertiarisation plus avancée et peut-être une moindre croissance économique. Avec une consommation par tête de 6,6 tep, la France ne rejoindrait pas les Etats-Unis mais elle s'en rapprocherait. Comment cette consommation serait-elle satisfaite ? « *La croissance de la demande d'énergie va obligatoirement exiger que l'on aille vers le nucléaire, et donc vers l'électricité, ce qui obligera l'électricité à envahir un marché des usages thermiques que, jusque ici, elle occupe peu.* » ». Pourquoi cette évolution ? Parce que le nucléaire seul peut remplacer les fossiles en voie d'épuisement ; parce qu'il est désormais compétitif ; parce que de même que le pétrole (liquide) l'a emporté sur le charbon (solide), le nucléaire l'emportera sur les fossiles grâce au haut degré de concentration énergétique des combustibles fissiles. Cette perspective implique une production d'électricité de 1 000 TWh, dont 850 de nucléaire, en 2000, soit la variante la plus élevée des trois (580, 750 et 850) proposées par le Plan en décembre 1972. En fin de siècle, le nucléaire pourrait fournir 50 % de la consommation totale d'énergie. Ultérieurement, un partage nucléaire (75 %) hydrogène (25 %) assurerait un approvisionnement idéal. La conséquence de ces perspectives a été un surdimensionnement du parc nucléaire qu'on pouvait estimer à une douzaine de tranches dans la décennie 80.

Après 1976, l'horizon 2000 se brouille de plus en plus. Le rapport du septième Plan évoque « un halo d'incertitude », à l'exception de la montée en puissance de l'électricité nucléaire dont la contribution au bilan primaire s'appréciait cependant dans une fourchette ne dépassant pas 36 %.

Au total, durant ces dix années (1965-75), la représentation du futur énergétique de la France s'est construite sur trois certitudes :

- une trajectoire de consommation d'énergie dont la forte pente est justifiée par l'extrapolation du passé et la transposition à la France du niveau de consommation et de l'évolution des Etats-Unis, laquelle apporte la preuve de l'inanité de possibles saturations ;
- une inévitable substitution du nucléaire aux sources d'énergies fossiles dont l'exploitation est entrée dans une phase de coûts croissants ;
- pour ce faire, une nécessaire pénétration de l'électricité sur le marché des usages thermiques où elle pourra prendre la place des combustibles.

- Une analyse factuelle des prévisions de consommation d'électricité

Les points suivants sont repris d'une analyse d'EDF sur les prévisions de consommation d'électricité effectuées par l'entreprise depuis 1980, c'est-à-dire après les effets constatés des chocs pétroliers.

- Les prévisions de 1980 pour 1990 étaient surestimées de 21 %, ce qui s'explique principalement par la surestimation de la croissance du PIB et de la vitesse de pénétration de certains usages. Cette erreur a été corrigée à partir de 1983.
- Depuis cette date, les prévisions se vérifient assez bien : la consommation constatée en 2005 est dans la moitié basse des fourchettes de prévision de 1985 et 1990, mais toujours à l'intérieur de celle-ci.
- Les erreurs d'appréciation de 1985 sont surtout liées au fait que le contre-choc pétrolier et ses conséquences sur les marchés de l'énergie n'ont pas été anticipés. Malgré un travail analytique sur les taux d'équipement et les consommations unitaires, le développement des usages spécifiques de l'électricité (éclairage, équipements électriques, électro-ménagers, etc.) a été nettement sous-estimé tant dans le résidentiel que dans le tertiaire.
- Les prévisions de 1990 sont un peu élevées, mais sous-estiment toujours l'évolution du résidentiel - tertiaire, plus consommateur que prévu. Les prévisions de 1995 pour 2005 sont légèrement sous-estimées.

- Si l'intensité énergétique de l'économie a décru, en revanche la consommation d'électricité a crû plus vite que le PIB. On peut penser qu'elle va croître moins vite. Mais on a du mal à anticiper son évolution secteur par secteur.
- La surestimation des consommations n'est pas la seule raison du surdimensionnement initial du parc nucléaire par rapport à la demande française : s'y ajoutent des résultats meilleurs que prévu sur la disponibilité des centrales et le fait qu'initialement, le sous-dimensionnement des capacités était perçu comme un risque dont les conséquences auraient été plus graves que la surcapacité.

La prévision des évolutions futures des consommations d'électricité, sur le moyen ou le long terme, est un exercice complexe, faisant l'objet de différentes modélisations qui ne convergent pas systématiquement. A titre d'exemple, les scénarios mis au point récemment par l'Observatoire de l'énergie (DGEMP), à l'horizon 2030, sur la base d'un prix du baril de 35 \$, prévoient en "tendanciel", c'est-à-dire si aucune politique ou mesure supplémentaire n'était mise en place, des consommations d'électricité spécifique en croissance plus rapide que celles présentées par EDF, notamment dans le résidentiel - tertiaire.

1.2 La réalité des évolutions

1.2.1 La production

La structure du parc de production français d'électricité s'est considérablement modifiée depuis 1973.

La mise en place du programme électronucléaire, à partir de 1974, a permis une substitution massive de l'énergie nucléaire au fioul pour la production d'électricité. La montée en puissance de la production nucléaire, de 15 TWh en 1973 à 452 TWh en 2005, s'est donc accompagnée d'une réduction de la production thermique classique. La dernière mise en service industrielle d'une centrale nucléaire remonte à avril 2002, à Civaux. En 2005, le nucléaire a contribué à la production totale d'électricité à hauteur de 78 %.

Les 66 TWh de la production thermique en 2005 représentent à peine la moitié de son niveau de 1973 (119 TWh). Le charbon constitue encore le combustible majoritaire, mais le gaz naturel a beaucoup progressé, en particulier grâce à l'augmentation de la cogénération, soutenue par le système des obligations d'achat. En 2005, la part du thermique classique s'élevait à 11 % de la production totale d'électricité.

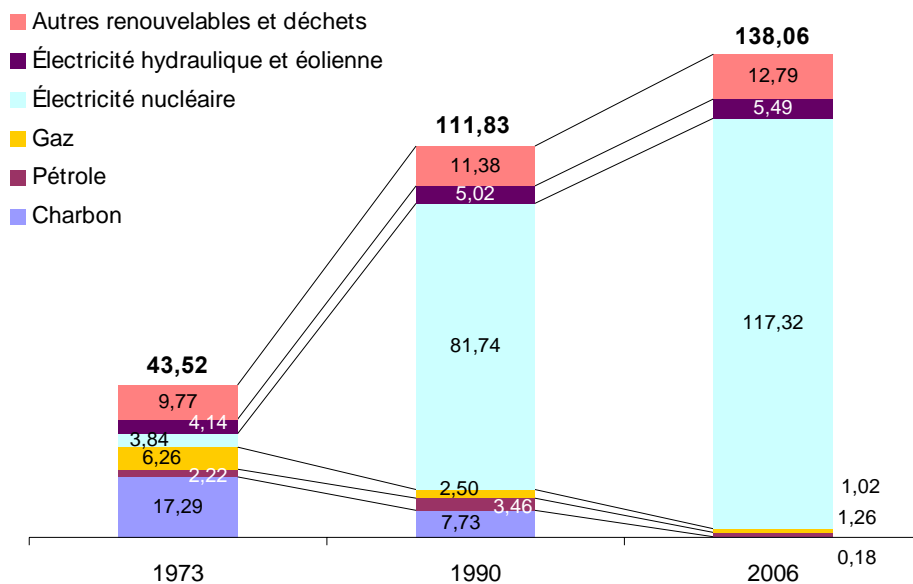
La part de l'hydraulique dans la production totale d'électricité s'est également réduite de moitié, passant de 26 % en 1973 à 10 % en 2005, année à l'hydraulicité exceptionnellement basse (12 à 14 % au début des années 2000), tout en progressant en valeur absolue.

En dehors du nucléaire et de l'hydraulique, les évolutions les plus notables dans la production nationale d'énergie primaire ont été les suivantes [graphique n° 2] :

- La production nationale de charbon, qui a culminé à 60 Mt en 1958, a régulièrement diminué jusqu'au premier choc pétrolier de 1973 (29 Mt) ; après une stabilisation jusqu'en 1977, le déclin reprend en s'accéléralant à partir de 1984, la production tombant sous la barre des 10 Mt en 1994. Les mines françaises n'étant plus compétitives, les pouvoirs publics ont mis en place un programme d'arrêt progressif de l'extraction charbonnière (signature du pacte charbonnier en 1994). Avec la fermeture du dernier puits lorrain de la Houve en avril 2004, la production se limite désormais aux seuls produits de récupération (0,6 Mt en 2005).

- La production nationale de pétrole a atteint un maximum de 3,7 Mt à la fin des années 80, le bassin parisien venant en relais du bassin aquitain. Depuis cette date, le déclin est continu, avec une production qui représente aujourd'hui 1,2 Mt, soit 1 % de la production totale d'énergie primaire.
- Avec l'épuisement progressif du gisement de Lacq, l'extraction de gaz naturel a amorcé un retrait surtout sensible depuis 1980 : avec 10 TWh, le gaz naturel ne contribue plus aujourd'hui que pour 0,8 % à la production nationale d'énergie primaire, contre un maximum de 15 % au milieu des années 70 (85 TWh).
- La production de bois-énergie représente aujourd'hui de l'ordre de 9 Mtep, un chiffre à peu près constant depuis 1973 qui traduit néanmoins une progression de son usage du fait d'importants gains en efficacité (les inserts cheminées notamment ont un rendement bien supérieur à celui d'un feu ouvert).
- La production de géothermie a progressé lentement pour se stabiliser depuis 1998 aux alentours de 130 ktep. L'extension de certains réseaux de chaleur devrait permettre d'accroître légèrement cette production dans un proche avenir.
- La valorisation thermique des déchets renouvelables permet de produire autour de 350 ktep par an depuis le début du 21^{ème} siècle.

Graphique n° 2 : Evolution de la production d'énergie primaire entre 1973 et 2006
(en Mtep).



Source : DGEMP – Observatoire de l'énergie

1.2.2 La consommation

Il convient de distinguer la consommation d'énergie *primaire*, non transformée après extraction (pétrole brut, gaz naturel, bois... mais aussi, par convention, l'électricité nucléaire, hydraulique et éolienne), de la consommation d'énergie *finale*, livrée au consommateur pour sa consommation (électricité au foyer, essence ou gazole à la pompe, etc.). La première permet de mesurer le taux d'indépendance énergétique nationale, alors que la seconde sert à suivre la pénétration des diverses formes d'énergie dans les secteurs utilisateurs de l'économie.

1.2.2.1 La consommation d'énergie primaire.

La croissance moyenne annuelle de la consommation d'énergie primaire, corrigée du climat, s'établit à +1,3 % depuis 1990 et la part des différentes énergies n'y évolue plus de façon significative depuis plus de dix ans [graphique n° 4]. Le *mix* énergétique s'établit avec 5 % pour le charbon, 33 % pour le pétrole, 15 % pour le gaz, 42 % pour l'électricité primaire et à peine 5 % pour les énergies renouvelables thermiques et les déchets valorisés.

Les énergies renouvelables thermiques représentent un pourcentage légèrement décroissant de la consommation totale depuis 1973. Leur consommation, en valeur absolue, reprend légèrement en 2005, après deux années de baisse, du fait de l'augmentation des biocarburants, dont le taux d'incorporation dans les carburants classiques progresse pour dépasser 1 % en 2006. De façon plus globale, la France est, en valeur absolue, l'un des premiers producteurs d'énergies renouvelables, thermiques ou non, en Europe⁶ avec près de 17 Mtep par an, mais elle n'occupe que le onzième rang pour la part des énergies renouvelables, toutes filières confondues, dans la consommation totale d'énergie primaire (soit environ 6 %).

L'évolution des parts respectives du gaz (multipliée par 2 entre 73 et 2005⁷) et, plus significativement, de l'électricité (multipliée par 10⁸) absorbent la baisse de la consommation de produits pétroliers jusqu'en 1985 ainsi que la croissance globale de la consommation.

La part des produits pétroliers a fortement décliné en début de période (1973-1985) plus lentement par la suite, pour se stabiliser aux alentours de 33 %. En volume néanmoins, la consommation de pétrole est repartie à la hausse entre 1986 et 2000 et tend à se stabiliser depuis 2003. Elle s'effrite à nouveau en 2005 à 92,1 Mtep, soit son niveau le plus faible depuis 1993, année de forte récession économique (même si les niveaux connus de 1983 à 1991 étaient nettement inférieurs sous l'effet des deux premiers chocs pétroliers).

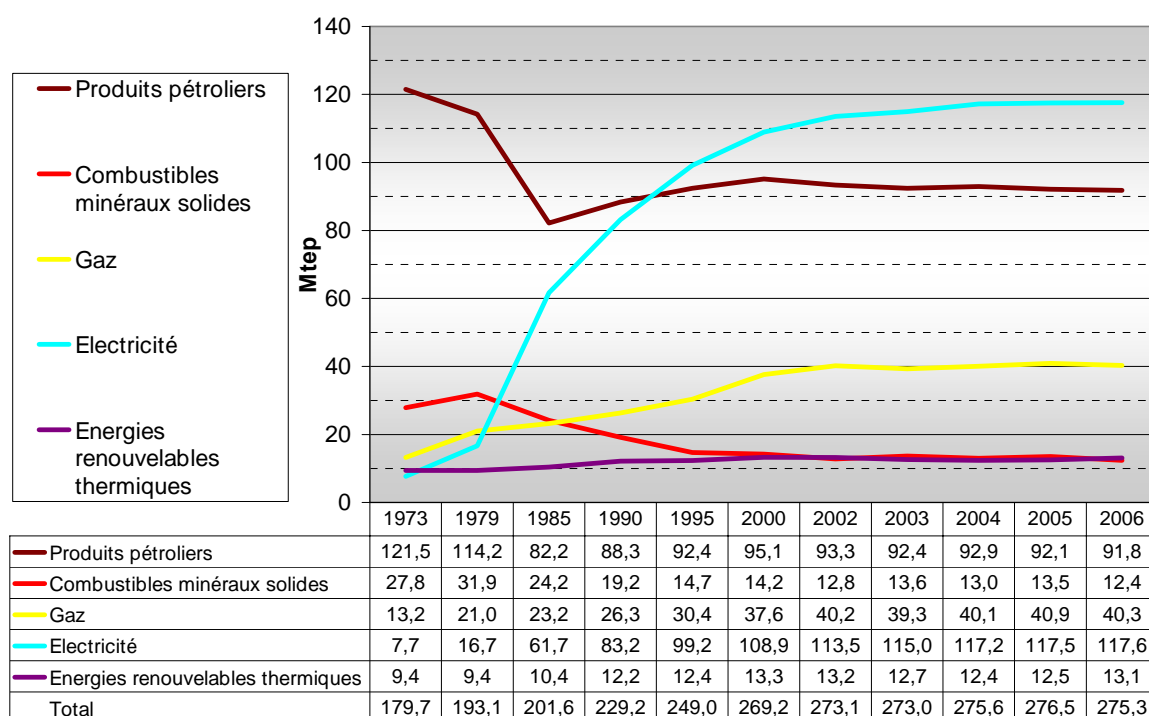
En baisse tendancielle depuis le début des années 80, la consommation primaire de charbon semble avoir atteint un niveau plancher en 2001, son profil de consommation suivant désormais les aléas de la production d'électricité thermique classique. En 2005 cependant, la demande de charbon est en hausse pour produire de l'électricité, masquant la détérioration de sa contribution à la consommation énergétique finale. La consommation de charbon des réseaux de chaleur, par exemple, qui alimentent essentiellement le secteur résidentiel – tertiaire, est en chute de 12 %.

⁶ UE-25

⁷ 7,3% de la consommation totale en 1973, 14,8 % en 2005

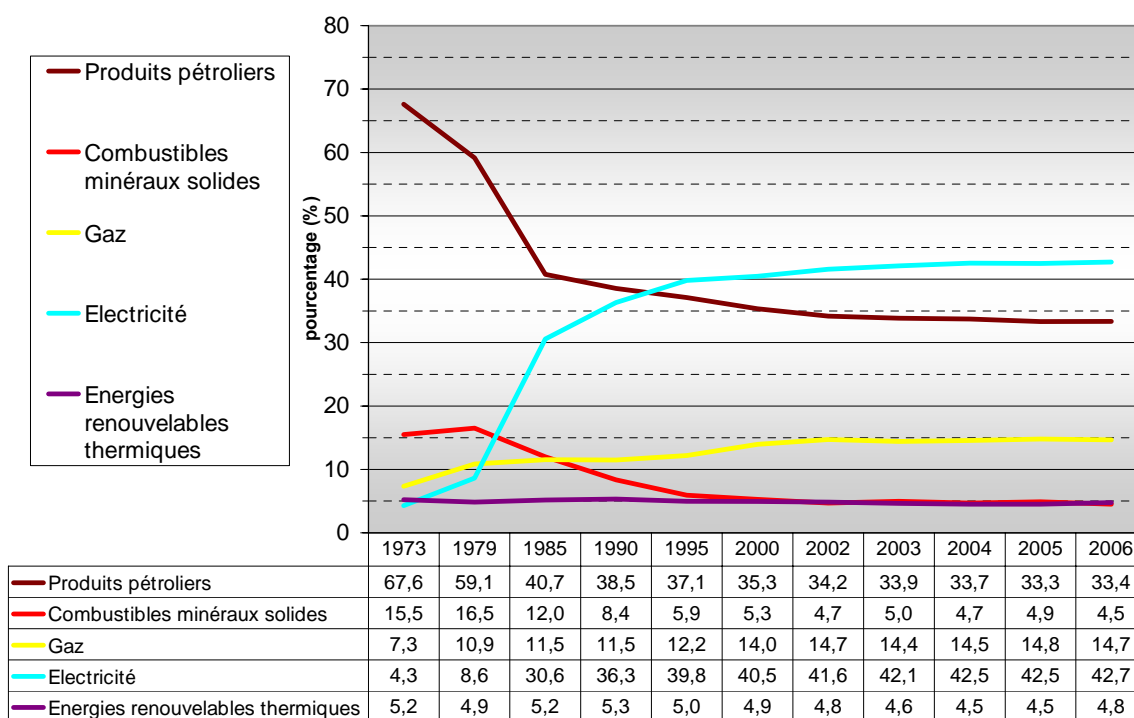
⁸ 4,3 % de la consommation totale en 1973, 42,5 % en 2005

Graphique n° 3 : Consommation d'énergie primaire par énergie



Source : DGEMP - Observatoire de l'énergie (données corrigées du climat, en Mtep)

Graphique n° 4 : Structure de la consommation d'énergie primaire (%)



Source : DGEMP - Observatoire de l'énergie (données corrigées du climat)

1.2.2.2 La consommation d'énergie finale par secteur.

Entre 1979 et 1985, les politiques de maîtrise de l'énergie ont permis une réduction importante (-10,6 Mtep) de la consommation française (le PIB ayant augmenté de 10 % en volume sur la période). Parallèlement, l'apport de l'énergie nucléaire dans la production

d'électricité entraîne une baisse de la demande de pétrole (15 Mtep en 1973 à 1,3 Mtep en 1985). Une substitution massive du pétrole se produit également au niveau de la consommation finale, où le gaz et l'électricité concurrencent le pétrole dans l'industrie (sa part chute de 62 % en 1973 à moins de 32 % en 1985) et dans le résidentiel – tertiaire (58 % en 1973, 35 % en 1985). Dans le secteur des transports en revanche, la demande de pétrole poursuit sa croissance de sorte que ce dernier représente en 2005 57 % de la consommation totale de pétrole, contre 27 % en 1973.

En 2005, le gaz représente 22 % de la consommation finale énergétique et 38 % de la demande d'énergie de l'industrie (y compris la sidérurgie). Avec 30 % de la demande, le gaz occupe dans le résidentiel - tertiaire une place moins importante que dans la plupart des autres pays européens. Son développement s'est en effet heurté, dans ce secteur, à la concurrence du chauffage électrique.

A la suite du second choc pétrolier, la consommation d'électricité s'est développée moins vite que prévu, faisant apparaître un excédent de l'offre nucléaire par rapport à la demande nationale, ce qui a conduit à développer les exportations d'électricité, au profit de la balance extérieure française.

Tableau n° 3 : Part des énergies dans la consommation finale de 1973 à 2005

En %	1973	1979	1985	1990	1995	2000	2002	2003	2004	2005(p)
Combustibles minéraux solides	13,2	10,1	9,7	7,2	5,5	4,7	4	4	3,9	3,8
Produits pétroliers	63,8	59,4	50,4	50	49	46,3	45,7	45,7	45,4	44,9
Gaz	6,6	11,5	15,5	16,4	17,8	20,7	22,2	21,5	21,7	22,1
Electricité	9,7	12,7	16,7	18,6	20,2	21,2	21,2	22,2	22,5	22,7
Energies renouvelables thermiques	6,7	6,4	7,6	7,9	7,5	7,1	6,8	6,7	6,5	6,5
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

(p) provisoire

Source : DGEMP - Observatoire de l'énergie

La part des transports dans la consommation finale énergétique (corrigée du climat), essentiellement sous forme de pétrole, a été significativement à la hausse au cours de la période 1973-2000 mais se stabilise progressivement depuis [graphique n°5]. Cette consommation toujours croissante de pétrole n'est pas compensée par une baisse dans les autres secteurs (industrie⁹, résidentiel et tertiaire). Le secteur des transports est devenu, à la fin des années 70, plus énergétivore en pétrole que le secteur résidentiel et tertiaire.

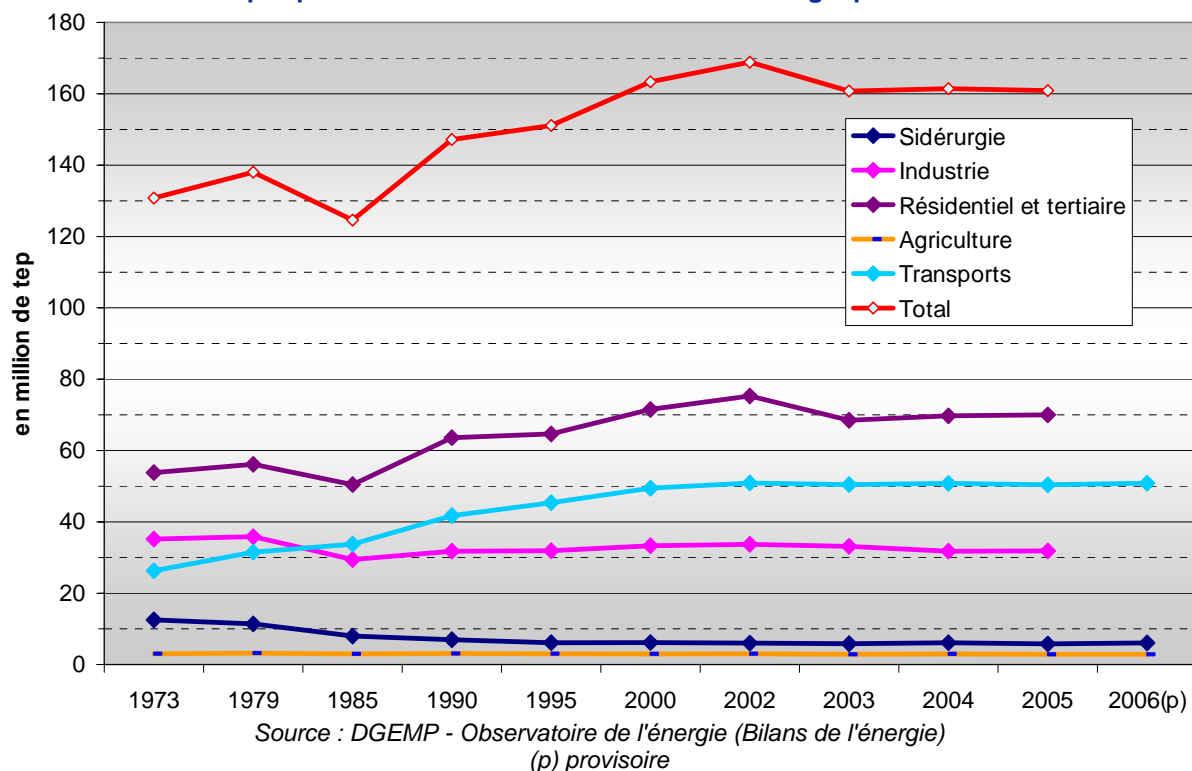
Sur la période 1973-2005, la part du gaz naturel a plus fortement augmenté que celle de l'électricité dans la consommation finale de l'industrie. Parallèlement, la part du pétrole a été divisée par deux entre 1973 et la fin des années quatre-vingt.

Le secteur résidentiel et tertiaire a substitué de façon régulière sa consommation de charbon et de pétrole (respectivement près de 10 % et 58 % en 1973, 0 % et ~22 % en fin de

⁹ Par secteur industrie, on entend l'industrie hors sidérurgie, non compris les usages non énergétiques de l'industrie

période) à celle de gaz naturel et d'électricité (chacun moins de 10 % en 1973, plus de 30 % en 2005). Sa consommation d'énergies renouvelables thermiques est stable sur la période.

Graphique n° 5 : La consommation finale d'énergie par secteur



1.2.2.3 L'impact du développement du chauffage électrique

Si la consommation d'électricité est facile à relever, sa répartition par usage est un exercice plus difficile. Pendant plus de vingt ans (1973-1995), la consommation liée au chauffage électrique n'a cessé de croître en France dans le secteur résidentiel. Depuis la fin des années 1990, on observe cependant un léger tassement des TWh consommés à cet usage, à l'inverse de l'électricité spécifique qui conserve un rythme haussier sur toute la période 1973-2004. Selon les comptes du logement (édition 2006) en effet, si le parc de logements chauffés à l'électricité a été multiplié par 2,7 en vingt ans, près d'un logement neuf sur deux s'est équipé d'une chaudière au gaz.

Tableau n° 4 : Evolution des équipements de chauffage 1985 - 2005

(en milliers)	Parc de logement en		Evolution	
	1985	2005	brute	variation
Energie principale				
AIC(*)	5 610	1 580	-4 030	-71,84 %
Fioul	5 490	4 640	-850	-15,48 %
Gaz	4 830	10 470	5 640	x 2,1
Electricité	2 660	7 060	4 400	x 2,6
Autres	1 800	2 070	270	+15 %
Ensemble	20 390	25 820	5 430	+26,63 %

(*) appareils indépendants de chauffage

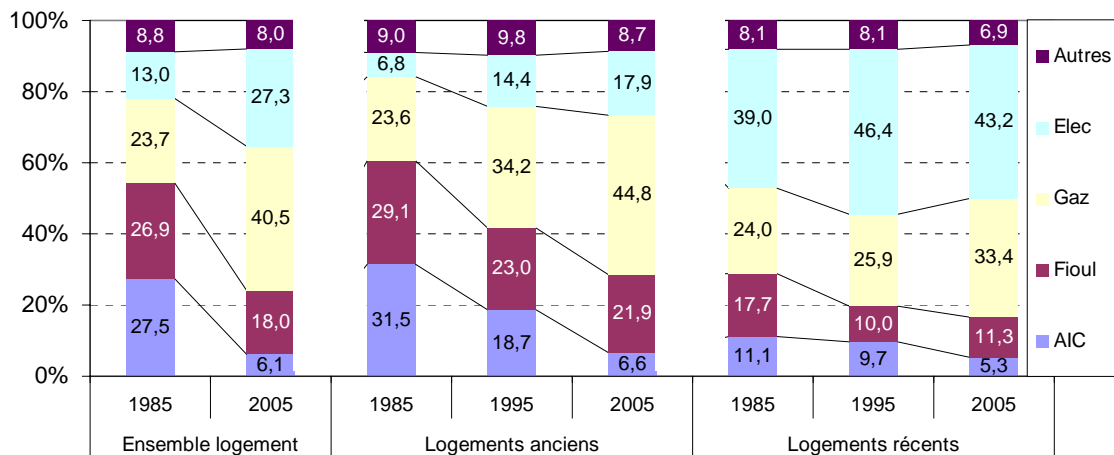
Source : Compte du logement provisoire 2005

La ventilation du parc selon l'équipement de chauffage n'est réalisée que sur les résidences principales de métropole

Ces évolutions reflètent cependant des réalités diverses [graphique n° 6] selon :

- que le logement est ancien (seulement 18 % sont, en 2005, équipés à l'électricité contre près de 45 % au gaz) ou récent (plus de 43 % sont équipés à l'électricité et plus de 33 % au gaz), ou
- qu'il s'agit du parc social (en 2005, 62 % des logements sociaux sont équipés au gaz, seulement 12 % à l'électricité) ou du parc locatif privé (à l'inverse, 42 % des logements sont équipés à l'électricité, 38 % au gaz).

Graphique n° 6 : Evolution des équipements de chauffage selon le type de logements



Source : *Compte du logement provisoire 2005*
 Logements anciens : construits avant 1975
 Logements récents : construits après 1975
 AIC : Appareils indépendants de chauffage¹⁰

Mais l'effet conjugué de la hausse du prix des autres énergies de chauffage (pétrole, gaz) et du faible coût d'installation du chauffage électrique dans l'habitat neuf tend cependant à relancer les équipements de chauffage électriques depuis la mi-2004.

1.2.3 L'intensité énergétique

L'intensité énergétique est le rapport entre la consommation énergétique, primaire ou finale, corrigée du climat, et le PIB exprimé en volume. Calculé à parité de pouvoir d'achat afin de tenir compte des différences de niveau de vie lors de comparaisons internationales, cet indicateur caractérise le degré de « sobriété énergétique » d'un pays. Il est généralement exprimé en kep (kilo d'équivalent pétrole), tep ou Mtep par unité, millier ou milliard de dollars de PIB.

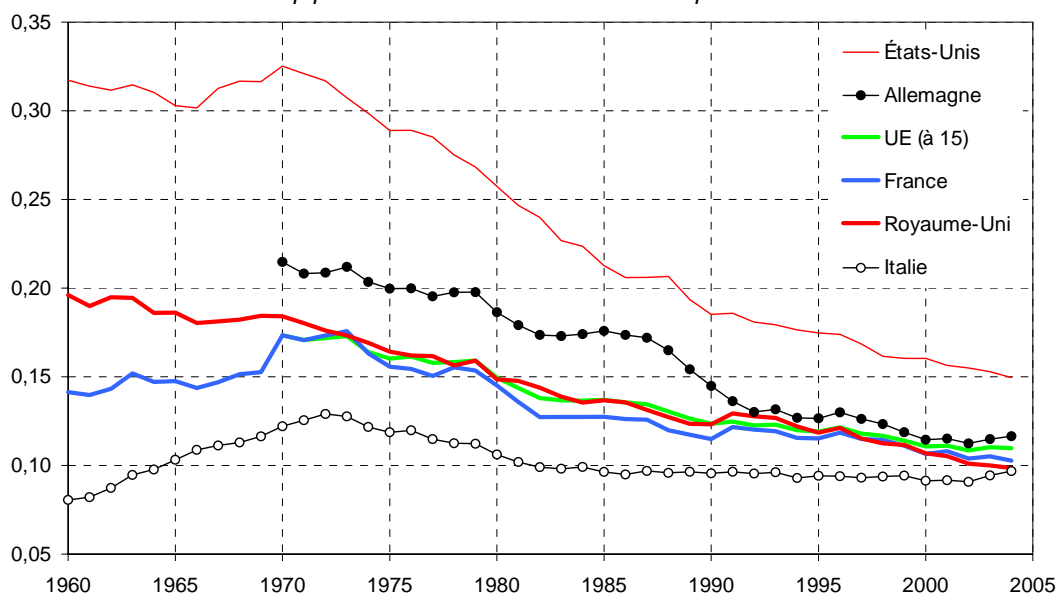
Les différences nationales d'intensité dépendent des caractéristiques géographiques (superficie) et climatiques, des structures économiques (valeur ajoutée par les industries ou les services) et de l'efficacité des techniques d'utilisation de l'énergie des divers pays. La France a traditionnellement bénéficié d'une structure de son économie plus orientée vers le tertiaire que d'autres pays industrialisés [graphique n° 7] ; l'intensité de son économie est restée plus faible que celle du Royaume-Uni ou de l'Allemagne pour des raisons tenant également à une moindre contribution des industries lourdes (sidérurgie, chimie) dans la formation de son PIB et des techniques d'utilisation en moyenne plus efficaces, sous l'effet de prix relatifs de l'énergie plus élevés et d'actions conduites par des organismes comme les APAVE¹¹.

¹⁰ Ils correspondent à des poêles ou des cuisinières chauffantes utilisant différents combustibles ou énergies

¹¹ Association des propriétaires d'appareils à vapeur et électriques

Graphique n° 7 : Intensité énergétique finale de quelques pays

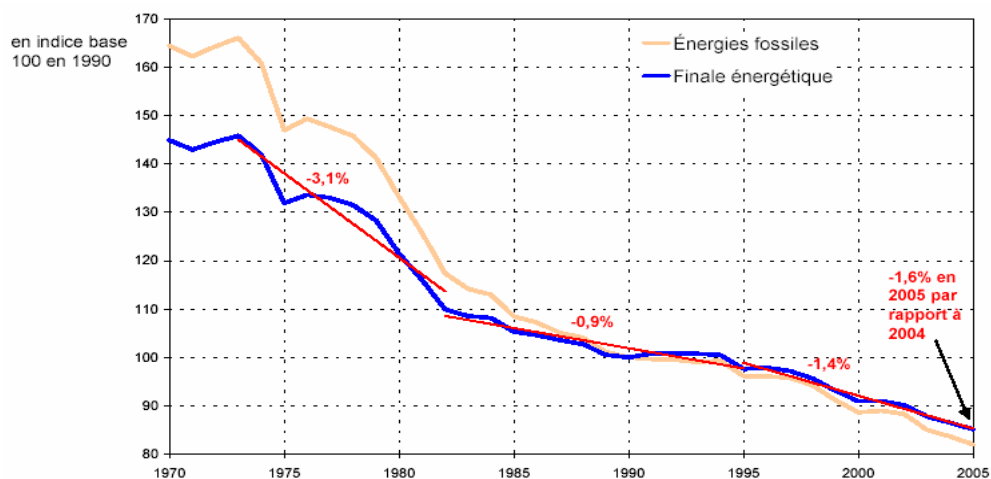
En Mtep par millier de dollars US 2000 et en parité d'achat



Source : DGEMP – Observatoire de l'énergie d'après AIE

Depuis le premier choc pétrolier, l'intensité énergétique¹² finale a décliné, de 3,1 % par an entre 1973 et 1982, puis de 0,9 % jusqu'au début des années 2000. Récemment, la décroissance s'est à nouveau accentuée : -1,4 % en 2004, -1,6 % en 2005 et -2 % en 2006 [graphique n°8].

Graphique n° 8 : Intensité énergétique de la France



Source : Observatoire de l'énergie

TCAM: taux de croissance annuel moyen

Source : DGEMP – Observatoire de l'énergie & ADEME

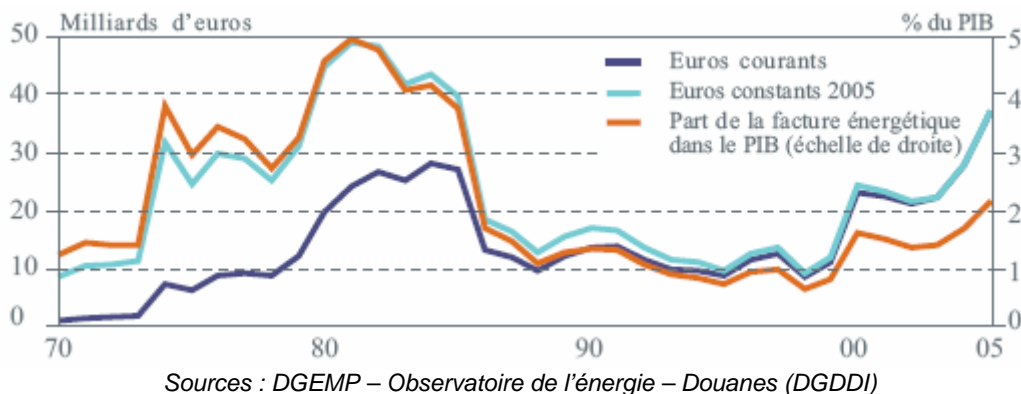
1.2.4 La facture énergétique

Notre dépendance par rapport aux produits pétroliers ayant très sensiblement diminué, les conséquences sur l'économie française de la hausse des prix du pétrole sont, toutes choses égales par ailleurs, plus limitées. Grâce aux actions engagées dès le premier choc pétrolier

¹² Cf. aussi Chapitre III

de 1973-74 et renforcées en 1979-80, la part du pétrole dans la consommation d'énergie primaire n'est plus que de 33 % en 2005 contre 68 % en 1973. La facture énergétique extérieure, qui a représenté jusqu'à 5 % du PIB en 1981, a atteint 2,7 % en 2006, les exportations d'électricité et de produits raffinés ayant contribué à atténuer la hausse du prix du pétrole [graphique n° 9], ce qui ne veut pas dire, bien sûr, qu'il n'y ait pas lieu de se soucier de la détérioration de la balance commerciale par rapport à la période antérieure.

Graphique n° 9 : La facture énergétique de la France 1970-2005



1.3 Les enseignements à tirer

Les deux « crises » de 1973/74 et d'aujourd'hui, dont on a souligné les nombreuses différences, ont au moins un point commun : « on ne les a pas vu venir ». Elles ont surpris la plupart des acteurs économiques et politiques, même si on peut toujours trouver des spécialistes qui ont tiré le signal d'alarme avant l'événement. On peut aussi considérer que la crise de 1973 a surpris dans son principe même, alors que ce sont plutôt la date de survenue et l'intensité de la crise actuelle qui ont réellement mis en défaut les prévisionnistes. Il y a donc des insuffisances dans nos systèmes de prospectives et de prévisions qu'il faut repérer pour ne pas commettre les mêmes erreurs à l'avenir ou, tout au moins, pour se donner les moyens de remédier à ces fragilités.

En particulier, la comparaison entre les prévisions depuis une trentaine d'années et la réalité des faits, si elle doit nous inciter à la modestie compte tenu des écarts constatés, est très instructive quand on s'attache à comprendre les causes de ces écarts. Il faut donc distinguer les enseignements que l'on peut tirer des résultats qui ont réellement été atteints de ceux qui portent sur les méthodes. Ces derniers peuvent plus facilement être appliqués dans les travaux à venir, les mêmes causes produisant souvent les mêmes effets, alors que le fait qu'un résultat prévu n'ait pas été atteint ne signifie certainement pas qu'il ne sera pas atteint plus tard : l'erreur peut n'avoir porté que sur le calendrier de l'évolution. Il se peut également que les prévisions ne soient pas vérifiées parce que des politiques correctives ont été mises en application ; dans cette hypothèse, la non réalisation des projections provient des mesures correctrices qu'elles ont engendrées. Au moins en principe, on peut tester l'exactitude de cette hypothèse en analysant l'efficacité et le « rendement » de ces mesures correctrices.

1.3.1 Les enseignements portant sur les méthodes de prévisions

Les résultats pour le moins mitigés des prospectives évoquées au point A ont justifié les nouvelles approches de l'exploration du futur qui ont été développées au cours des années

90. Les changements que l'on a opérés, ou tentés d'opérer, découlent de la nouveauté du contexte énergétique (incertitudes accrues, notamment) mais aussi de biais présents dans les expériences antérieures d'exploration du futur.

1.3.1.1 Les limites des expériences antérieures

La première limite des expériences antérieures est l'idée que l'on pouvait faire partager, voire imposer, une image simple et unique du futur (le nucléaire remplaçant le charbon, l'électricité devenant le seul vecteur énergétique, le charbon successeur désigné du pétrole). L'évolution énergétique s'est toujours révélée plus variée et moins prévisible. Le nucléaire a rencontré des oppositions d'autant plus efficaces qu'elles concordaient avec une baisse de sa rentabilité du fait d'une baisse du prix du pétrole (1985-2004) ; le pétrole a échappé au *peak oil* qu'annonçait le WAES ; les turbines à gaz en cycles combinés ont ouvert de nouveaux horizons à l'industrie électrique ; le charbon a retrouvé un dynamisme qui a contredit le modèle de l'IIASA... Les futurs possibles ne sont sans doute pas en nombre infini mais ils sont multiples. Ce n'est donc pas une trajectoire qu'il faut étudier mais un champ des possibles qu'il convient d'explorer, sous l'angle des technologies d'utilisation et conversion des sources d'énergie, bien sûr, mais aussi sous celui de la variété des systèmes productifs, des institutions et des comportements susceptibles d'influer sur les évolutions énergétiques. Dès lors, l'art du prospectiviste consiste à couvrir au mieux ce champ sans tomber dans une abondance de scénarios interdisant toute intelligibilité des lignes de force.

Dans l'identification des grandes tendances, une seconde limite des expériences passées consistait à s'appuyer sur des « lois » ou des « modèles théoriques ». Le cas le plus évident est celui du biais introduit dans les travaux de l'IIASA par la solidité apparente du modèle de substitution. Mais l'adoption sans précaution de certaines relations entre croissance de l'économie et de la consommation d'énergie (élasticité/PIB constante, inélasticité/prix sur longue période) a été tout aussi néfaste. En érigeant en « lois » de portée universelle ce qui n'était que le résultat d'observations datées et localisées, plusieurs exercices de prospective sont passés à côté de changements majeurs, comme ceux qu'ont connus les techniques d'utilisation de l'énergie au lendemain des chocs pétroliers. Les prospectivistes sont aujourd'hui beaucoup plus prudents. Ils ont appris à introduire dans les évaluations de consommation d'énergie des intensités énergétiques variables dans le temps et dans l'espace. Les transpositions de pays à pays, usuelles dans toutes les prospectives anciennes (la France sur le chemin des Etats-Unis) n'ont plus cours, ce qui ne signifie pas la fin des interrogations (quid du modèle de consommation future de la Chine ou de l'Inde ?).

1.3.1.2 Le manque d'imagination

D'une manière générale, on peut dire que les prévisions « officielles », qui ont toutes, plus ou moins, une base scientifique fondée sur l'analyse des données passées, ne savent pas « voir » les crises, c'est-à-dire les situations de « rupture », quelle que soit la nature de cette rupture. Il y a une tendance « naturelle » à reproduire ce que l'on vient de vivre, notamment concernant certains éléments « clés » des prévisions, tels que les prix de l'énergie et, en particulier, celui du pétrole :

- jusqu'en 1974 : les prévisions intégraient un prix du baril décroissant indéfiniment,
- entre 1974 et 1985 : les prévisions prenaient en compte un prix du baril qui progressait régulièrement et indéfiniment,
- après 1985 : les variations, à la hausse et à la baisse, du prix du baril étaient enfin prises en compte dans les exercices de prévision.

Dans ces trois cas, les prévisions n'envisageaient donc qu'une prolongation de la tendance issue de la dernière « crise » et reposaient sur l'hypothèse « implicite » qu'il n'y aurait plus

de forte évolution du prix du pétrole, dans un sens comme dans l'autre, à court/moyen terme alors que ce prix a connu tout au long de cette période des évolutions particulièrement erratiques. Il est néanmoins probable qu'on se trompera encore sur le prix du pétrole.

Cette tendance à la reproduction du modèle existant est facilement explicable par la difficulté, dans l'hypothèse où l'on n'envisage pas une reproduction du passé, à choisir entre les évolutions possibles et leur « intensité ». La solution qui consiste à élaborer différents scénarios permet de sortir de ce dilemme mais satisfait plus les « observateurs » que les « acteurs » qui demandent à avoir une vision claire de l'avenir pour faire leur choix. Elle s'explique également par la dualité des démarches que les exercices passés ont confondues.

- La démarche exploratoire consiste à identifier des grandes tendances imaginables raisonnablement, au cours de la période étudiée. Elle repose donc sur l'étude aussi objective que possible des évolutions, souhaitables ou pas.
- La démarche normative cherche à repérer les inflexions et les ruptures qui permettraient d'éviter les risques sur lesquels débouchent les tendances observables.

Dans les travaux passés, d'une part l'incapacité à prévoir les changements de tendance du marché (chocs et contrechoc pétroliers), d'autre part la volonté explicite ou implicite d'orienter le système énergétique dans une direction donnée ont conduit soit à négliger les tendances objectives qui n'allaient pas dans cette direction, soit à survaloriser celles qui allaient dans le sens souhaité. Il y a une force auto-réalisatrice des images du futur jugé désirable. Dans le cadre du WAES, tout ce qui favorisait le charbon (réserves, coûts de production, facilités des échanges internationaux) bénéficiait d'une attention particulière puisque l'exercice devait faire de cette source d'énergie LA réponse au problème. Au cours des travaux du GLTE, tous les signes d'un possible retournement du marché pétrolier gênaient l'évolution d'un approvisionnement énergétique qui devait intégrer plus de charbon (promis aux mineurs du Nord), des achats de gaz naturel (promis aux Algériens), du nucléaire plus qu'abondant, le tout sous contrainte d'une faible croissance de la demande d'énergie. Les hypothèses de prix du pétrole retenues (35-55 \$ constants en 2000) étaient donc celles qui ne contredisaient pas l'approvisionnement souhaité. Désormais, la séparation entre les deux démarches (scénarios *business as usual* et scénarios de rupture) s'impose. Ceci dit, l'émergence du problème de l'effet de serre n'a pas non plus été prévue.

1.3.1.3 L'insuffisante attention portée à la demande

De cette conception d'un futur énergétique unique résultait également une certaine maigreur du contenu des exercices prospectifs en grande partie liée au manque de données et d'instruments capables d'en déduire des représentations cohérentes des évolutions possibles. Depuis, cette situation a profondément changé. Les études énergétiques se sont multipliées. Les modèles, de simulation notamment, n'ont cessé de s'améliorer. Il devient possible de concilier la cohérence d'un scénario et la richesse de son information, surtout lorsqu'elle est complétée par des descriptions qualitatives (type Shell 2050). Ce n'est cependant là qu'un début.

Parmi les erreurs les plus importantes, et qui auraient pu être au moins partiellement évitées, on trouve celles faites sur la demande qui ne fait pas suffisamment l'objet d'analyses et de réflexions prospectives ou pour laquelle on ne tient pas suffisamment compte des résultats des études. Ces erreurs peuvent prendre des formes très différentes :

- Après 1973, le double phénomène de la mauvaise connaissance des capacités d'évolution de la demande et de la reproduction du passé a conduit à fonder les prévisions sur l'hypothèse que l'intensité énergétique était une donnée intangible et constante alors que la réalité a montré, au contraire, que l'on pouvait fortement réduire l'intensité énergétique de

notre économie. Les raisons de ces mauvaises anticipations de l'évolution de la demande sont multiples. Dans les années 70, le modèle dominant qui était pris en compte dans les prévisions était le modèle américain, beaucoup plus consommateur d'énergie par habitant que le nôtre ; l'imitation de ce modèle conduisait donc naturellement à anticiper une forte augmentation des consommations. En outre, l'efficacité des politiques de maîtrise de la demande était mal connue puisqu'elles n'ont commencé à être appliquées que dans les années 70 ; enfin, la structure de production de l'économie française a beaucoup évolué, faisant une place de plus en plus grande au secteur tertiaire, moins énergétivore que les autres secteurs économiques.

- Même si ce n'est pas au rythme initialement prévu, après la crise pétrolière, les consommations d'énergie se sont déplacées vers l'électricité ; en Europe sur les dix dernières années, l'intensité électrique de l'économie est stagnante alors que l'intensité énergétique s'est considérablement réduite (entre 1994 et 2004 la consommation finale d'électricité dans l'Europe des 15, selon Eurostat, a crû de 25 % tandis que la consommation finale d'énergie augmentait de 15 %). Il reste qu'en France les prévisions de consommation électrique ont été trop élevées. Les conséquences de cette erreur d'appréciation étaient importantes puisque c'est à partir des chiffres de prévisions d'évolution de la demande d'énergie, et en particulier d'électricité, que l'on a « calibré » le programme électronucléaire français. Lorsqu'on a pris conscience du fait que les prévisions étaient supérieures aux consommations réelles, le programme a été recalé et il a été décidé de valoriser l'excédent de l'offre sur la demande nationale sous forme d'exportations¹³.

- Aujourd'hui, une des raisons pour lesquelles on n'a pas anticipé la récente augmentation des prix des combustibles fossiles (et de l'ensemble des matières premières), est que l'on a mal apprécié le développement économique des pays émergents, notamment de la Chine et de l'Inde jusqu'à un passé très récent alors que leur croissance est à l'origine des dérèglements actuels. Ainsi, cette « rupture » aurait pu être intégrée aux prévisions si on avait porté une plus grande attention à l'évolution et à la composition de la demande d'énergie mondiale. En réalité, l'augmentation de la demande chinoise a été occultée par le fait que, jusqu'en 1996, la Chine était exportatrice nette de pétrole ; elle produit encore aujourd'hui 60 % de ses besoins.

Beaucoup reste à faire pour introduire dans la prospective énergétique des hypothèses relatives à l'évolution des comportements sociaux, des stratégies d'entreprise et des politiques publiques. Surtout lorsque dans le cadre d'études mondiales, on doit donner de plus en plus de poids à des pays peu connus !

1.3.1.4 L'insuffisante prise en compte des évolutions internationales

La crise de 1973 comme celle d'aujourd'hui sont intimement liées à des événements ou à des évolutions internationales sur lesquelles nous n'avons que peu ou pas de contrôle. Le « manque d'imagination » souligné précédemment nous empêche de prendre en compte dans les prévisions « officielles » la modification profonde du contexte international par rapport à celui existant au moment où les prévisions sont faites, notamment parce que la géopolitique n'est pas une science exacte...

Toutefois, rétrospectivement, on constate que les « événements internationaux », s'ils ne peuvent pas être prévus en terme de calendrier ne sont en fait que les révélateurs d'évolutions économiques et sociales (y compris démographiques) qui peuvent être

¹³ Au demeurant l'écart entre prévisions de consommation électrique et consommations réalisées est complexe à analyser. Une part importante provient de la surestimation de la croissance économique, et une autre, moindre, de la performance en matière de disponibilité, meilleure qu'anticipée.

appréhendées et introduites dans les modèles. Mais il faut aussi, ensuite, avoir le « courage » de prendre en compte les résultats que l'on obtient même lorsque, comme pour le développement des pays émergents, cela affecte sensiblement les conclusions sur l'évolution à venir et conduit à prévoir ces fameuses « ruptures » que l'on a du mal à concevoir et à accepter.

Il est vrai que, sur tous ces thèmes, il y a des difficultés à se représenter les conséquences de la montée en puissance de l'Asie, son pouvoir d'attraction sur l'offre mondiale, sur l'exploitation de la Sibérie et le tropisme qu'exercera l'Asie sur la Russie...

On doit en outre s'interroger sur la capacité de nos prévisions et de nos modèles à prendre suffisamment en compte le phénomène mondial du changement climatique, tant dans ses effets sur les prix à venir de l'énergie, liés à celui de la tonne de carbone, que dans ses conséquences « physiques » qui risquent d'affecter profondément les conditions de vie des hommes sur la planète.

1.3.1.5 L'insuffisante attention portée à l'évolution des capacités de production

Cette mauvaise appréhension de la demande mondiale est probablement en partie responsable du fait que l'on a porté peu d'attention aux tensions sur les capacités de l'offre d'énergie qui se faisaient jour progressivement. En outre, le monde a vécu pendant de nombreuses années avec des capacités énergétiques excédentaires qui n'ont pas encouragé les industriels du secteur à investir tant en amont qu'en aval, le niveau des prix renforçant ce comportement.

Cette situation de sous-investissement est évidemment à relativiser en fonction de la période considérée. Par exemple, de 1975 à 1985-90, selon les cas, les pétroliers ont beaucoup investi, ce qui expliquerait en partie la rechute des prix du brut en 1986.

A partir de 1990, le marché pétrolier s'est caractérisé par les capacités excédentaires de l'OPEP (5 à 7 % en moyenne du total des capacités mondiales), lui assurant une faculté de régulation à la hausse comme à la baisse, ce qui a contribué à une stabilisation du prix moyen du baril entre 18 et 20 \$. Des capacités excédentaires plus faibles, de l'ordre de 2 à 3 % en moyenne, et ponctuellement proches de 1 %, ont directement contribué aux niveaux de prix élevés observés depuis 2000. Sauf récession économique mondiale majeure, les surcapacités (production, raffinage), qui ont contribué à la stabilité et à la modération des prix, ont disparu pour aussi longtemps que les investissements nécessaires n'auront pas été réalisés (cf. §1.3.2.3 sur la nature cyclique des investissements).

1.3.1.6 Le rôle crucial des hypothèses faites en matière de croissance économique

Une partie des écarts entre les prévisions et la réalité en terme de demande s'explique par des éléments qui ne relèvent pas directement du domaine de l'énergie mais qui concernent l'évolution générale de la croissance économique nationale ou internationale.

En terme d'analyse et de réflexion, deux types d'exercices de prospectives sont intéressants :

- élaborer une série de scénarios reposant sur des hypothèses de croissance différentes, de manière à mesurer la sensibilité des évolutions à cette donnée ;
- choisir l'hypothèse de croissance qui paraît la plus probable et élaborer des scénarios en modifiant les autres paramètres, notamment ceux concernant l'efficacité énergétique et d'éventuelles évolutions technologiques dans le domaine de l'offre comme de la demande (solution retenue par les derniers travaux du Plan publiés en 1998).

Le rapprochement des résultats des divers scénarios pourrait apporter d'utiles éclairages aux décideurs quant aux politiques publiques à mener ; en revanche, en multipliant les scénarios, cette méthode limite certes les possibilités de « passer » à côté de la réalité, mais elle réduit également la capacité de la prospective à proposer aux acteurs économiques une vision partagée de l'avenir.

1.3.2 Les enseignements portant sur les résultats

Au-delà des méthodes, les écarts, forts ou faibles, entre prévisions et résultats peuvent aussi nous apporter quelques enseignements utiles pour l'avenir.

1.3.2.1 *L'intensité énergétique est une variable sensible...*

L'intensité énergétique a sensiblement évolué pendant cette période alors qu'elle était considérée comme intangible et constante dans les années 70. L'expérience a montré qu'elle est très sensible [graphique n°9, p. 26].

1.3.2.2 *... aux évolutions inextricablement conjuguées des prix de l'énergie et des politiques énergétiques*

L'augmentation des prix de l'énergie a été un facteur déterminant de cette évolution, à la fois parce qu'elle conduit « naturellement » les consommateurs à réduire leur consommation et parce qu'elle encourage les gouvernements à mettre en place des politiques adaptées. A l'inverse, pour les mêmes raisons, la réduction des prix annule une partie des efforts faits en période de prix chers.

Mais il est très difficile de mesurer quels ont été les impacts respectifs des prix de l'énergie et des politiques énergétiques sur l'évolution de l'efficacité énergétique. En effet, entre 1973 et 2000, la politique énergétique a suivi celle des prix :

- Après le premier choc de 1973 et surtout le second de 1979, l'intensité énergétique a fortement diminué sous l'influence des prix en hausse et des politiques énergétiques qui ont tout d'abord soutenu la réduction des gaspillages faciles à combattre par des changements de comportements puis ont permis le développement de technologies et d'investissements qui ont structurellement changé les consommations d'énergie.
- Mais on a aussi constaté que ces résultats étaient fragiles et que l'effet conjugué de prix de l'énergie à la baisse et d'une politique d'économies d'énergies plus « faible » conduisait à une évolution à la hausse de l'intensité énergétique. En effet, à partir de 1985, la politique de maîtrise de l'énergie a progressivement perdu de son intensité alors même que l'évolution du prix du pétrole rendait moins attractifs les investissements de maîtrise de l'énergie et de développement de nouvelles énergies.
- A partir de 2000, la lutte contre le changement climatique a « inspiré » un regain de la politique d'efficacité énergétique, sans évolution sensible des prix de l'énergie. Mais on n'a pas eu le temps de mesurer les effets de cette relance puisque dès 2003, le prix de l'énergie est reparti à la hausse et est venu soutenir les efforts de la politique « climatique ».

On peut imaginer que la « durabilité » du changement climatique assurera mieux la « pérennité » des politiques d'efficacité énergétique que la réaction à l'évolution des prix et permettra de maintenir un effort plus constant en faveur de la maîtrise de l'énergie, au moins d'origine fossile.

1.3.2.3 La nature très capitalistique de l'industrie de l'énergie et très oligopolistique de ses marchés explique en partie l'évolution cyclique des prix et la durée des cycles

Quel que soit le type d'énergie considéré, les activités industrielles nécessaires tant en amont, pour rechercher la matière première, qu'en aval, pour la traiter et la mettre à disposition sous une forme utilisable, sont très capitalistiques. Réaliser des investissements dans ce secteur nécessite des moyens financiers importants et donc des « assurances » sur leur rentabilité liée aux prix de vente futur des produits élaborés. Par ailleurs la réalisation des investissements eux-mêmes est relativement longue et leur impact sur la production ne se fait sentir que plusieurs années après que la décision de les faire ait été prise.

En conséquence, les dernières années ont vu se développer les séquences suivantes : une insuffisance de capacités de production énergétiques, liée à une augmentation de la demande, entraînant une augmentation des prix. Cette dernière provoque une augmentation des prévisions de rentabilité des investissements complémentaires tout en laissant persister pendant plusieurs années une situation de prix élevé pendant que les investissements sont réalisés. Les décisions d'investissements étant prises par des acteurs « indépendants » les uns des autres, leur mise en œuvre simultanée provoque l'apparition de capacités excédentaires, ce qui entraîne une diminution des prix mettant ainsi fin temporairement à la réalisation de nouveaux investissements... jusqu'à ce que l'obsolescence des investissements ou l'augmentation de la demande n'enclenche un nouveau cycle.

La difficulté tient au fait que la durée de ces cycles ne semble pas très stable puisqu'elle est en partie liée à l'évolution de la demande nationale et/ou internationale et que des événements géopolitiques peuvent venir perturber le déroulement « normal » des séquences.

Ces réflexions conduisent toutefois à souligner l'intérêt qu'il y aurait à suivre avec plus d'attention l'évolution des capacités disponibles et à provoquer une hausse des investissements avant que les crises n'apparaissent pour des raisons de sous capacités. Or, comme on le verra au chapitre IV, les politiques publiques s'intéressent peu à ces sujets en dehors des périodes de crises elles-mêmes.

> PARTIE 2 - EVOLUTION DES TECHNIQUES, DES PRIX ET DES COUTS

2.1 Evolution des techniques

2.1.1 L'absence de « vraie » rupture technologique

Pour déterminer s'il y a eu ou non des « ruptures technologiques » pendant la période considérée, il faut s'entendre sur ce que recouvre précisément cette expression.

Pendant cette période d'environ trente ans, il semble que l'on puisse considérer qu'il n'y a pas eu de « vraie » rupture technologique, c'est-à-dire l'apparition d'une innovation technologique qui se serait développée très rapidement¹⁴ et qui aurait donc modifié profondément les conditions d'utilisation ou de production de l'énergie. Une telle rupture n'était d'ailleurs pas prévue dans les exercices de prospectives des années 70 ou 80, à un horizon de trente ans. Une étude de l'AIE¹⁵ de 1982 prévoyait ainsi une part décroissante du gaz dans le mix énergétique des pays de l'OCDE, un pronostic contredit par la mise au point de la turbine à gaz au début des années 90. Les exercices de prospectives actuels n'envisagent d'ailleurs pas non plus, dans leur grande majorité, de rupture technologique à un tel horizon.

S'il n'y a pas eu « d'innovation radicale », il y a eu cependant des « innovations majeures » dans le domaine de la production d'énergie dont la plupart n'avaient d'ailleurs pas été prévues dans les exercices de prospective :

- Les turbines à gaz à cycles combinés, en augmentant massivement les rendements, ont permis d'utiliser le gaz non seulement en pointe, mais en base ou en semi-base, améliorant ainsi sensiblement la compétitivité de ce mode de production de l'électricité. Dans le contexte énergétique français, l'impact de ces turbines est cependant resté limité jusqu'à présent.
- Les techniques de lit fluidisé pour les centrales thermiques au charbon, ainsi que, plus récemment, les cycles supercritiques, en faisant passer le rendement des centrales à charbon de 35 % environ pour des installations mises en service dans les années 70 à 46 % pour des procédés supercritiques disponibles aujourd'hui, tout en réduisant leur niveau de pollution, leur ont redonné un regain d'intérêt ; reste à régler le problème des émissions de CO₂.
- Les technologies d'exploration-production d'hydrocarbures ont également fait des progrès remarquables. Ainsi, la sismique 3D, le forage dirigé, les techniques utilisées en offshore très profond ont non seulement renouvelé les réserves après 1985, mais contribué à un changement de paradigme géologique. La possibilité de trouver de grands gisements de pétrole à des profondeurs que le gradient de température semblait réserver au gaz change les perspectives, comme semble l'illustrer la récente découverte de Chevron dans le Golfe du Mexique.
- Les turbines éoliennes ont également accompli de grand progrès en terme de puissance. Dans les années 1980, le « type de conception danois » tripale à axe horizontal s'est établi

¹⁴ Le développement du téléphone portable est un bon exemple de rupture technologique pendant cette période.

¹⁵ *Perspectives énergétiques mondiales*, 1982, AIE-OCDE

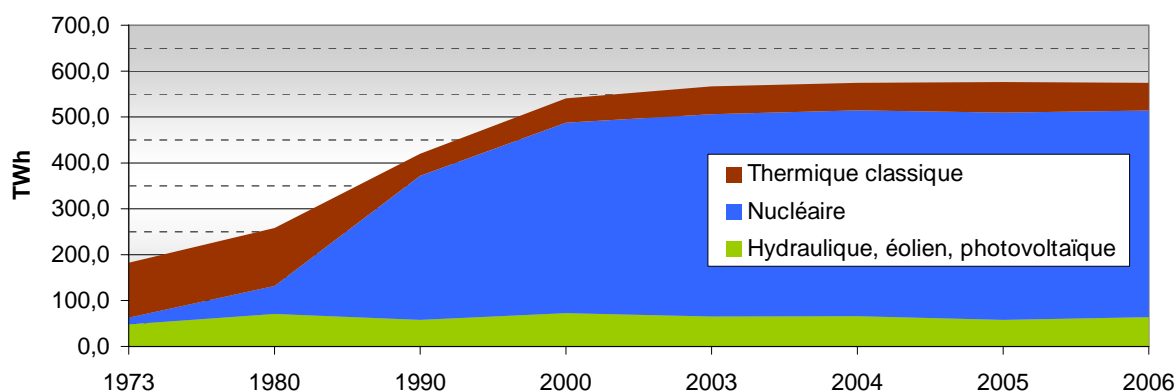
comme modèle principal sur le marché mais les plus grandes turbines commerciales dépassaient rarement la puissance de 150 kW. Dans les années 90, avec le décollage du marché de l'énergie éolienne à l'échelle mondiale, constructeurs et gouvernements ont investi en vue d'en améliorer le rendement et le coût. La majorité des machines commerciales font à présent plus de 1 mégawatt (MW), et des turbines faisant de 3 à 4 MW sont disponibles. Parallèlement, les turbines éoliennes de petite puissance (dont la puissance nominale est inférieure à 300 kW) ont évolué vers un marché distinct.

Ainsi, qu'il y ait eu ou non « rupture technologique », il est évident que des évolutions importantes sont apparues dans la manière de produire ou de consommer l'énergie durant ces trente dernières années, soit du fait d'innovations majeures, soit grâce à des progrès continus qui ont profondément fait évoluer l'offre comme la demande.

1.3.2 L'offre d'énergie marquée par le développement de l'énergie nucléaire

En ce qui concerne l'offre d'énergie, en France, l'évolution majeure est le développement du parc nucléaire et la part prise progressivement par l'électricité nucléaire dans l'ensemble de la production électrique française.

Graphique n° 10 : Part de la production d'électricité d'origine nucléaire 1973-2005

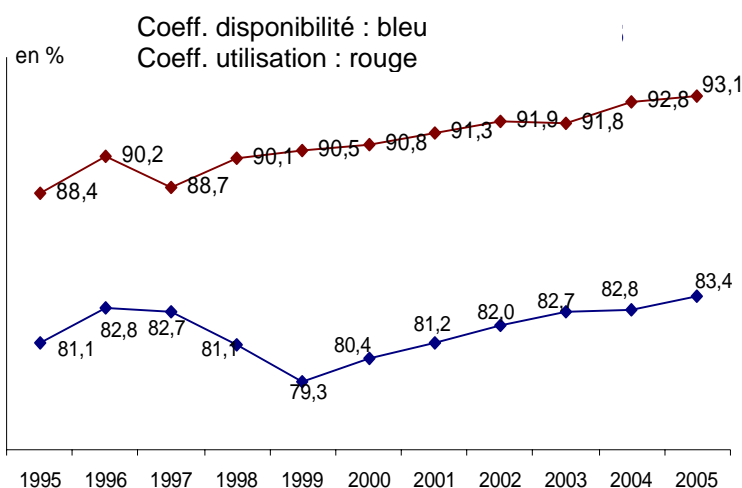


Source : DGEMP – Observatoire de l'énergie

En dehors des dernières mises en service, on constate que, depuis 1995, la production nucléaire a augmenté à parc constant d'environ 30 TWh, en raison :

- d'une amélioration progressive des performances techniques du parc nucléaire (allongement des cycles de production, fiabilité renforcée et réduction des durées d'arrêt),
- d'une optimisation accrue du placement des arrêts des tranches, qui répond aujourd'hui mieux à la demande et a contribué à l'accroissement du taux d'utilisation (en complément bien sûr de la hausse tendancielle de la consommation),
- d'une diminution des capacités excédentaires consécutives à l'augmentation de la consommation,
- de l'utilisation du nucléaire en semi base.

Graphique n° 11 : Evolution des coefficients de disponibilité et d'utilisation 1995-2005



Source : EDF

Le charbon est surtout utilisé dans les périodes de pointe et de semi-base pour produire de l'électricité, il est encore le combustible fossile majoritaire pour la production électrique thermique française. Actuellement, 80 % des kWh marginaux sont produits par des centrales à charbon.

Parallèlement, l'usage des hydrocarbures s'est de plus en plus concentré dans le secteur des transports.

Enfin, l'accessibilité au gaz de la population française a été sensiblement améliorée, élargissant ainsi notablement la part de cette énergie fossile dans la consommation énergétique française (cf. § 1.2.2.2 La consommation d'énergie finale par secteur).

Quant aux énergies renouvelables, elles ont fait l'objet d'une politique de promotion et de soutien après les deux premiers chocs pétroliers, mais la diminution du coût de l'énergie liée soit à l'évolution du prix du pétrole, pour la chaleur, soit à l'évolution du prix du kWh nucléaire, pour l'électricité, ainsi qu'un travail insuffisant pour structurer les filières et assurer leur professionnalisation ont conduit à abandonner progressivement les efforts menés dans ce domaine jusqu'au début des années 2000. Cette évolution particulièrement sensible en France et marquée par l'échec de projets importants, tel celui de la centrale Thémis, n'a pas été générale, certains pays ayant persévéré dans cette voie malgré une rentabilité réduite. A partir des années 2000, la lutte contre le changement climatique a renouvelé l'intérêt pour le développement des énergies non carbonées et a redonné un élan à cette politique, notamment en France.

2.1.3 Des progrès importants dans l'efficacité énergétique des équipements compensés par l'augmentation des besoins

Les réglementations, les normes, le prix de l'énergie ont encouragé la recherche de technologies permettant de réduire la consommation des équipements et des matériels consommant de l'énergie, qu'ils soient destinés aux particuliers ou aux entreprises.

Les progrès ont été très importants :

- dans le bâtiment, la réglementation thermique, instituée en 1975 et progressivement renforcée, a divisé par deux la consommation énergétique au m² des bâtiments neufs, malgré l'absence de contrôle ;
- la consommation des véhicules [tableau n°5] : de 1974 à 1985, les consommations des véhicules essence et diesel ont baissé fortement ; de 1986 à 2000, les performances de ces véhicules ont augmenté et leur consommation a stagné mais la consommation moyenne a baissé à cause de la pénétration du diesel ; à partir de 2000, les consommations des véhicules tant essence que diesel ont recommencé à baisser sous l'influence d'un accord volontaire des constructeurs avec la commission européenne. Il est probable, toutefois, que les objectifs fixés pour 2008 dans cet accord ne seront pas atteints. La consommation moyenne reflète avec retard et de façon atténuée les évolutions des consommations des véhicules neufs puisqu'elle comprend une plus grande part de véhicules anciens que de véhicules neufs (tout dépend du rythme de renouvellement du parc). Elle traduit aussi les comportements des automobilistes en termes de conduite et notamment de choix des vitesses (*ecodriving*).

Tableau n° 5 : Consommations moyennes pour l'ensemble des voitures particulières¹⁶

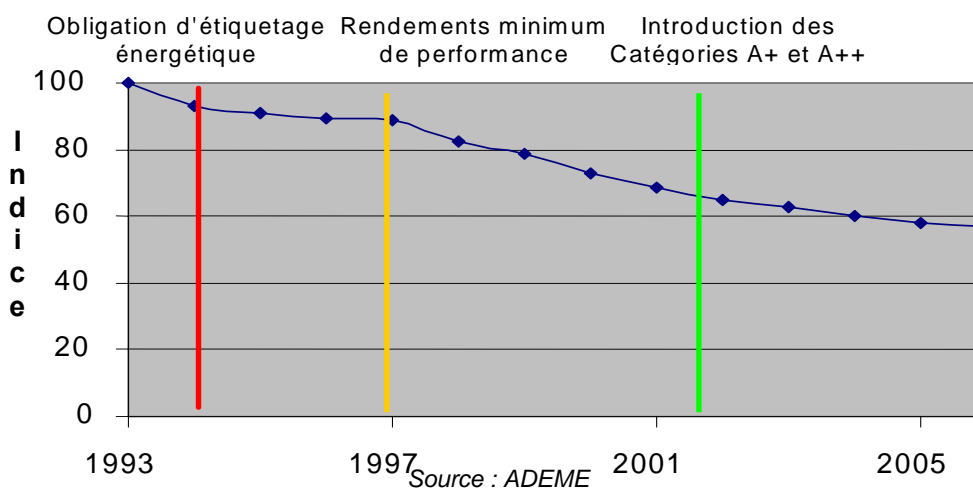
Unité : litre/100 km

	1988	1990	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Consommation	8,55	8,25	7,75	7,76	7,73	7,63	7,63	7,57	7,49	7,47	7,40	7,27	7,16	7,09
dont :														
Supercarburants	8,88	8,68	8,43	8,49	8,38	8,30	8,34	8,32	8,13	8,19	8,09	7,95	7,83	7,80
Gazole	7,02	6,73	6,61	6,67	6,72	6,72	6,68	6,62	6,76	6,76	6,73	6,69	6,63	6,58

Source : DGEMP - Observatoire de l'énergie (panel SECODIP)

- l'électroménager a fait l'objet d'un étiquetage systématique qui a conduit à une réduction drastique des consommations des réfrigérateurs et autres matériels [graphique n° 12] ;

Graphique n° 12 : Performance moyenne des équipements de froid



¹⁶ Le panel carburant a été lancé en avril 1987. Il n'y a pas de donnée globale antérieure à 1988

- les téléviseurs : il n'y a pas d'obligation de mentionner la performance énergétique des équipements audio-visuels ; néanmoins la directive étiquetage prévoyait qu'un accord volontaire puisse être signé par les fabricants, ce qui fut le cas, bien que les objectifs en soient peu ambitieux.

Mais, en ce qui concerne les particuliers, ces résultats ont été « annulés » par l'amélioration de la qualité de la vie et du confort :

- le parc de logements s'est accru de 40 % et la taille moyenne des logements a augmenté,
- l'équipement en matériel électroménager s'est généralisé,
- l'amélioration de la performance des équipements de froid est effacée par l'augmentation de la taille des équipements et le choix d'options venant en augmenter la consommation (froid ventilé, distributeur de glaçons, etc.),
- de nouveaux besoins sont apparus ; en particulier les produits « bruns » ont envahi nos logements : TV, ordinateur, chaîne hi-fi... Le téléphone mobile génère par ailleurs de l'ordre de 1 TWh par an de consommation électrique supplémentaire (batteries et relais pour le transport du signal),
- la climatisation est restée relativement peu développée en France mais elle progresse, depuis 2003 notamment, dans le secteur tertiaire surtout,
- le nombre de voitures particulières est passé de 274 pour 1000 Français en 1973 à 486 en 2002 et le taux d'équipement des ménages en voitures a progressé de 62 % (dont 10 % en multi-équipement) en 1973 à 79 % (dont 30 % en multi-équipement) en 2002. Dans le même temps, la circulation automobile a beaucoup augmenté [tableau n° 6].

Tableau n° 6 : Distance totale parcourue

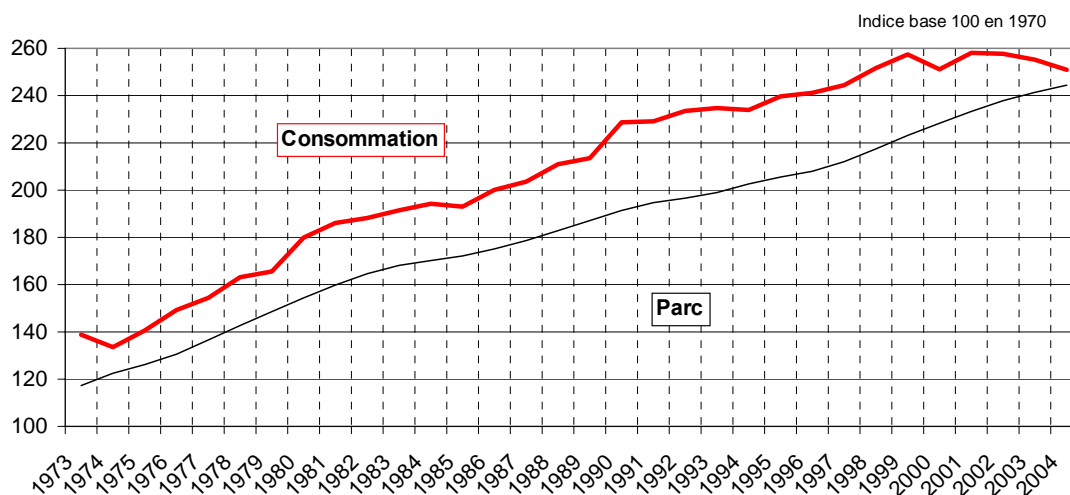
Unité : milliard de véhicules-km

	1990	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Toutes voitures particulières	271,7	307,4	319,8	329,3	340,0	350,7	351,9	351,2	354,6	363,4	371,4	369,5
Évolution année N/N-1 (%)		+0,7	+4,0	+3,0	+3,3	+3,2	+0,3	-0,2	+1,0	+2,5	+2,2	-0,5
Véhicules à essence	208,3	186,8	192,2	191,1	190,9	192,3	185,1	172,2	167,1	161,5	157,6	150,4
Évolution année N/N-1 (%)		-4,6	+2,9	-0,6	-0,1	+0,8	-3,8	-7,0	-3,0	-3,4	-2,4	-4,6
Véhicules diesel	66,6	120,2	129,1	138,5	150,2	159,8	167,7	180,7	190,7	204,9	217,8	221,9
Évolution année N/N-1 (%)		+12,2	+7,4	+7,3	+8,4	+6,4	+5,0	+7,7	+5,6	+7,4	+6,3	+1,9

Source : DGEMP - Observatoire de l'énergie (panel SECODIP)

En trente ans, la demande a donc très sensiblement évolué dans le sens d'un accroissement global fort, qui est la conséquence de ce double mouvement : une amélioration continue de l'efficacité énergétique qu'il faut donc intégrer dans les réflexions pour l'avenir, mais aussi une augmentation des « besoins ». Ces phénomènes sont clairement illustrés dans le cas des transports [graphique n° 13].

Graphique n° 13 : Consommation de carburant et parc des voitures particulières



Sources : CPDP, SES, CCFA – DGEMP - Observatoire de l'énergie

Les véhicules particuliers ont enregistré une forte baisse de leurs consommations unitaires en 2003 et 2004 (-1,5 % en litres/100 km en 2004, pour l'ensemble des véhicules particuliers essence et diesel, -1,8 % en 2003, contre -0,9 % en 2002 et -0,3 % en 2001), du fait de la « diésélisation » du parc bien sûr mais aussi en raison du respect plus strict des vitesses limites. En 2005, la baisse n'est que de -0,9 %. Parmi les causes de ce tassement, il semble que la réduction spectaculaire de la vitesse moyenne enregistrée en 2003 et 2004 marque une légère pause, surtout à la fin 2005. Selon une étude menée pour le compte de l'Observatoire de l'énergie et de la DIREM, l'impact de la réduction de la vitesse sur autoroute de 130 à 120 km/h permettrait d'économiser environ 0,7 Mtep. Par ailleurs, la croissance du parc s'effectue à un rythme moins soutenu : +0,9 % en 2005, après +1,3 % en 2004, contre une tendance 1996-2002 de +2,3 % en moyenne.

2.1.4 Les enseignements à tirer

2.1.4.1 En trente ans, les composantes de l'offre énergétique ont sensiblement évolué, mais de manière différente selon les pays

En matière d'offre d'énergie, les évolutions fortes et structurantes de ces trente dernières années montrent que :

- Il est possible de changer profondément les composantes de l'offre énergétique sur un laps de temps de quinze à vingt ans quand on s'en donne les moyens et que la volonté politique existe (nucléaire).
- La composition de l'offre d'énergie peut avoir des conséquences majeures sur la demande, comme l'illustre la part de l'électricité dans le chauffage en France par rapport à nos voisins.
- La politique de « stop and go » en matière de renouvelables et l'insuffisante attention portée aux progrès de ces sujets au niveau international ont eu pour conséquence de ne pas permettre aux industriels français de se développer dans ces domaines qui ont depuis prospéré sur la planète et qui ont aujourd'hui des taux de croissance très élevés.

2.1.4.2 Les progrès de l'efficacité énergétique ne conduisent à une réduction concomitante des consommations que s'ils s'accompagnent d'une maîtrise des besoins

En ce qui concerne la demande d'énergie, il faut distinguer l'efficacité énergétique et la maîtrise des besoins :

- En matière d'efficacité énergétique, des progrès continus et rapides ont été réalisés, notamment sous l'impulsion de politiques énergétiques volontaristes. Toutefois, cette réponse ne saurait suffire. Il ne faut pas négliger, en effet, les conséquences de « l'effet rebond », c'est-à-dire du fait que tout ou partie des « économies » engendrées par l'amélioration de l'efficacité énergétique des produits seraient réinvesties dans de nouveaux équipements, provoquant ainsi une nouvelle augmentation de la consommation. Par exemple, l'amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments et des véhicules a été plus que compensée par l'accroissement des parcs. Parallèlement, les progrès accomplis en matière de rendement des moteurs ont été utilisés pour augmenter la puissance et la masse des voitures afin de permettre un accroissement de la vitesse maximale, de la sécurité et du confort (assistance de direction, de freinage, climatisation...). D'une manière générale, il est cependant difficile de faire la distinction entre ce qui relève de cet effet rebond et ce qui tient plus globalement à la hausse du pouvoir d'achat.

- En revanche, l'augmentation des besoins relève de deux phénomènes différents :

- il est difficile, dans le cadre de nos sociétés démocratiques, d'empêcher le développement de produits nouveaux qui « créent » des besoins nouveaux. Trois instruments permettent cependant d'agir dans ce domaine : les prix, l'information et la réglementation (qui inclut la normalisation). Ce dernier instrument n'est pas toujours disponible, ou pas assez tôt ; si le prix n'est pas suffisant pour détourner de l'achat du nouveau produit, ou si aucune action sur les prix n'est menée par le biais de la fiscalité, la sensibilisation et l'explication peuvent avoir une certaine efficacité... mais le succès n'est jamais complètement assuré¹⁷ s'il reste le seul outil utilisé.

- Une grande partie des besoins nouveaux, notamment en matière de transports, sont « subis », plus ou moins consciemment par les consommateurs : éloignement travail/habitat ; absence de transports en commun ; étalement des villes... Ils résultent d'un manque de cohérence des politiques suivies, qu'il s'agisse de prix, de réglementations (politique d'urbanisme) ou d'actions directes (construction d'infrastructures). De même, pour les entreprises, l'utilisation des transports routiers est encouragée par l'absence ou l'insuffisance d'infrastructures ou de services efficaces de transport fluvial ou ferroviaire. Sur ces sujets, si l'on n'y prend pas garde, l'absence d'incitation sur les prix de l'énergie ou de réglementation adéquate induit à moyen/long terme des types d'organisation et d'aménagement du territoire qui se transforment ensuite en « piège » lorsque l'évolution du prix s'inverse, la volatilité du prix ne pouvant pas être suivie par les infrastructures.

Ces réflexions ont deux conséquences. Pour être efficace dans la durée, la maîtrise des besoins d'énergie :

- ne doit pas être cantonnée aux outils classiques de la politique énergétique, à savoir l'information et le progrès technologique, mais doit être au contraire une composante des autres politiques publiques réglementaires et d'investissements d'infrastructures, et soutenue par des incitations-prix cohérentes. Les politiques d'urbanisme, d'aménagement du territoire et d'infrastructures de transports sont des éléments fondamentaux de toute politique énergétique.

¹⁷ Cf. les campagnes pour essayer de convaincre qu'on peut se passer de la climatisation dans les logements et qu'il faut utiliser le moins possible la climatisation des véhicules ; cf. également le discours anti 4x4 qui semble commencer à avoir des résultats... peut-être aussi à cause du prix des carburants.

- doit être menée de manière continue, c'est-à-dire même lorsque les prix de l'énergie n'encouragent pas ce type d'action : le calcul économique fondé sur le coût énergétique à un instant donné n'est pas toujours le moyen de faire les bons choix de politiques publiques à moyen/long terme.

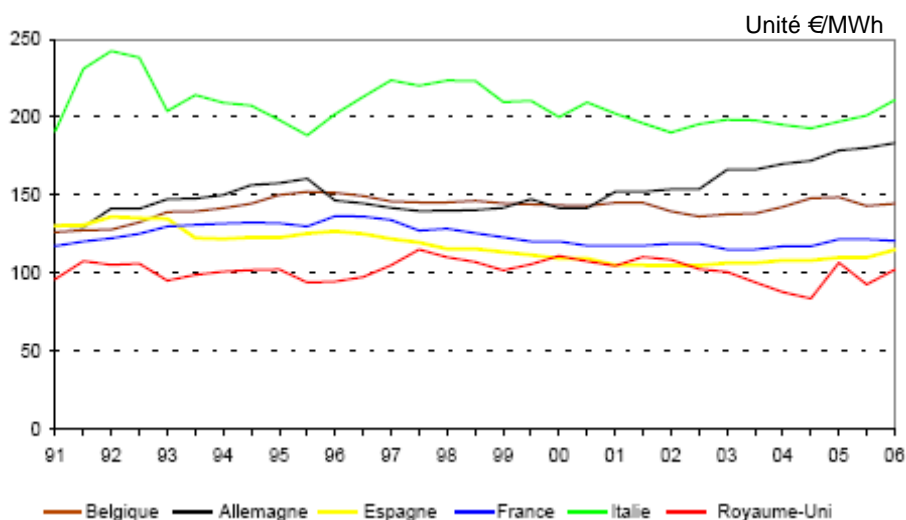
2.2 L'évolution des coûts et des prix des énergies

Au cours des trente dernières années, les coûts et donc les prix de chaque énergie ont sensiblement évolué, en valeur absolue comme en valeur relative.

2.2.1 L'électricité

En ce qui concerne l'électricité, le programme nucléaire a permis de faire baisser régulièrement le prix du kWh en France et de le maintenir en dessous de la moyenne européenne au cours des deux dernières décennies.

Graphique n° 14 : Electricité à usage domestique (prix TTC)

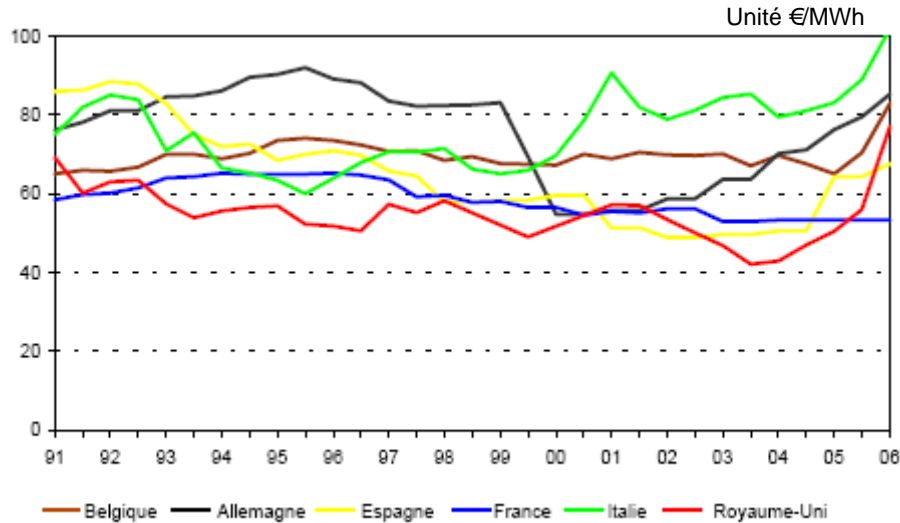


Source : DGEMP – Observatoire de l'énergie d'après Eurostat (janvier 2006)

Nota : La consommation type retenue par Eurostat pour un usage domestique est une consommation d'électricité de 3 500 kWh annuels dont 1 300 kWh la nuit. Les prix sont TTC (toute taxe comprise).

Les prix bas ont permis un accroissement conséquent des logements chauffés à l'électricité : leur nombre a été multiplié par 2,7 en vingt ans.

Graphique n° 15 : Electricité à usage industriel (prix HTT)



Pour mémoire, il est procédé à deux relevés annuels, au 1er janvier et au 1er juillet.

Source : DGEMP – Observatoire de l'énergie d'après Eurostat (janvier 2006)

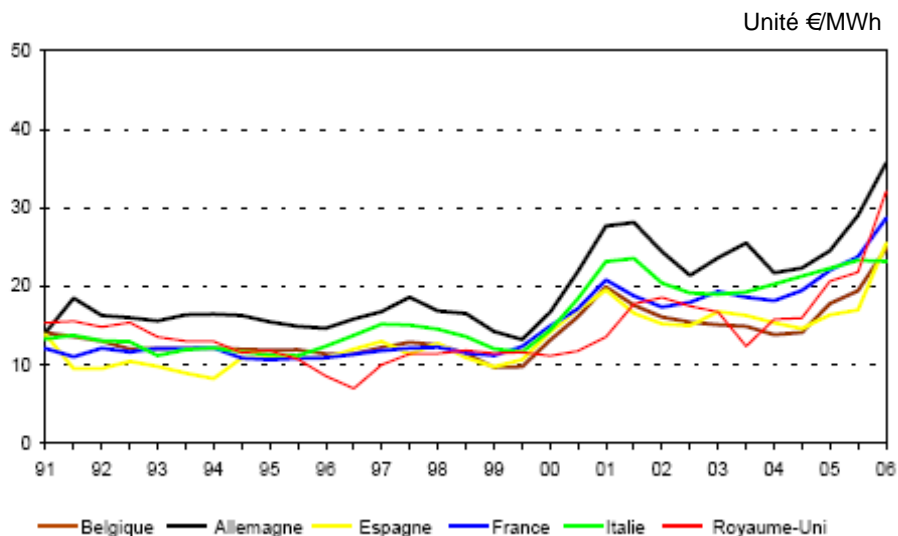
Nota : La consommation type d'électricité retenue par Eurostat pour un usage industriel est une consommation de 10 GWh annuels avec une demande maximale de 2 500 kW, pendant 4 000 heures par an. Les prix sont hors taxe.

Dans cette catégorie de consommateurs industriels, l'essentiel du prix (coût du transport + coût de la fourniture) est calé sur les tarifs administrés. Ces dernières années, avec la libéralisation du marché, le prix du kWh pour les clients éligibles a tendance à s'aligner sur ceux des pays voisins, eux-mêmes influencés par l'évolution des prix des autres sources d'énergie.

2.2.2 Le gaz

Les opérateurs historiques étant alimentés, pour l'essentiel, dans le cadre de contrats *take or pay* de très longue durée, avec des prix rendus comparables dans les différents pays, les écarts de prix sont faibles et ils n'ont pas varié significativement avec l'ouverture des marchés à la concurrence.

Graphique n° 16 : Gaz naturel à usage industriel (prix HTT)



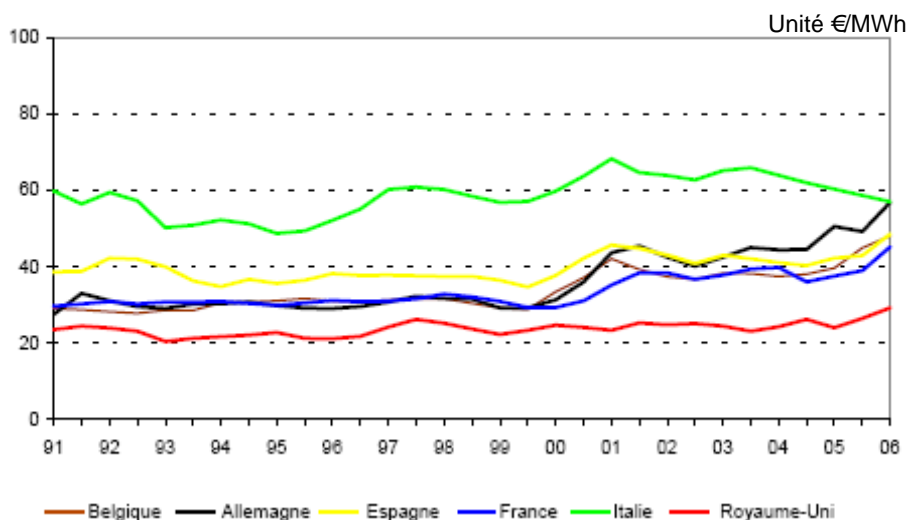
Pour mémoire, il est procédé à deux relevés annuels, au 1er janvier et au 1er juillet.

Source : DGEMP – Observatoire de l'énergie d'après Eurostat (janvier 2006)

La consommation type de gaz naturel retenue par Eurostat pour un usage industriel

est une consommation de 11,63 GWh par an, 250 jours pour 4 000 heures. Les prix sont hors taxe.

Graphique n° 17 : Gaz naturel à usage domestique (prix TTC)



Source : DGEMP – Observatoire de l'énergie d'après Eurostat (janvier 2006)

La consommation type de gaz naturel retenue par Eurostat pour un usage domestique est une consommation de 23 260 kWh par an. Les écarts plus significatifs de prix pour le client domestique dans ce graphique proviennent de la fiscalité.

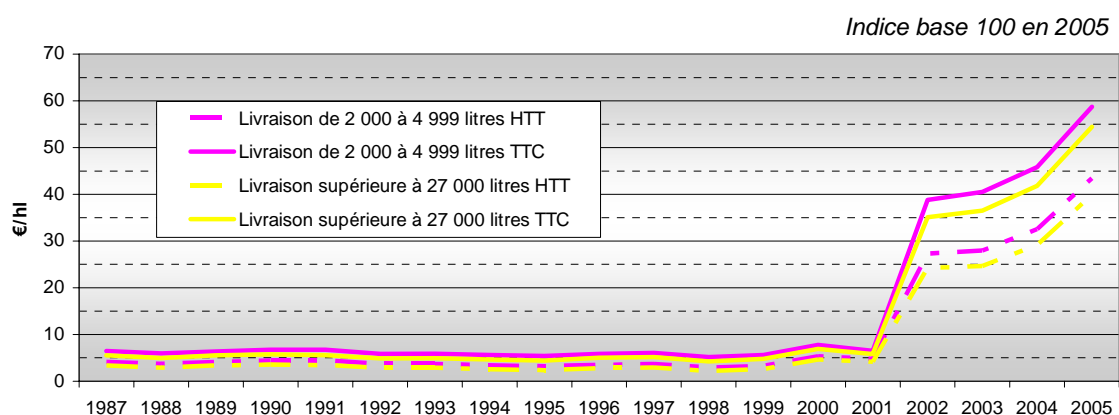
Le prix du gaz, suivant celui du pétrole, est resté relativement bas jusqu'en 1999, rendant l'utilisation de cette énergie par les clients domestiques d'autant plus facile. Largement administré, il a néanmoins suivi une évolution proche, quoique plus lissée, de celle du fioul, avec un décalage d'un an environ. La dépendance des dépenses domestiques d'énergie au prix du gaz s'est ainsi accrue par le passage fréquent au chauffage au gaz des logements anciennement chauffés au fioul en milieu urbain (souvent des appartements) et par l'équipement au gaz d'un logement neuf sur deux.

2.2.3 Le fioul

Les années 1984-1985 sont un point haut pour l'ensemble des énergies fossiles. Une baisse brutale fait suite au contre-choc pétrolier de 1986 (-38 % pour le fioul) entre 1985 et 1988. Entre 1986 et 1999 s'amorce une période de modération et de relative stabilité, les prix se situant à environ 20 % au-dessous de leur niveau de 1984. A partir de 2000, malgré de très nettes augmentations (+ 15 % en 2004, + 32 % en 2005), les prix du fioul restent inférieurs, en monnaie constante, à leur niveau d'il y a vingt ans [graphiques n° 19 et 20].

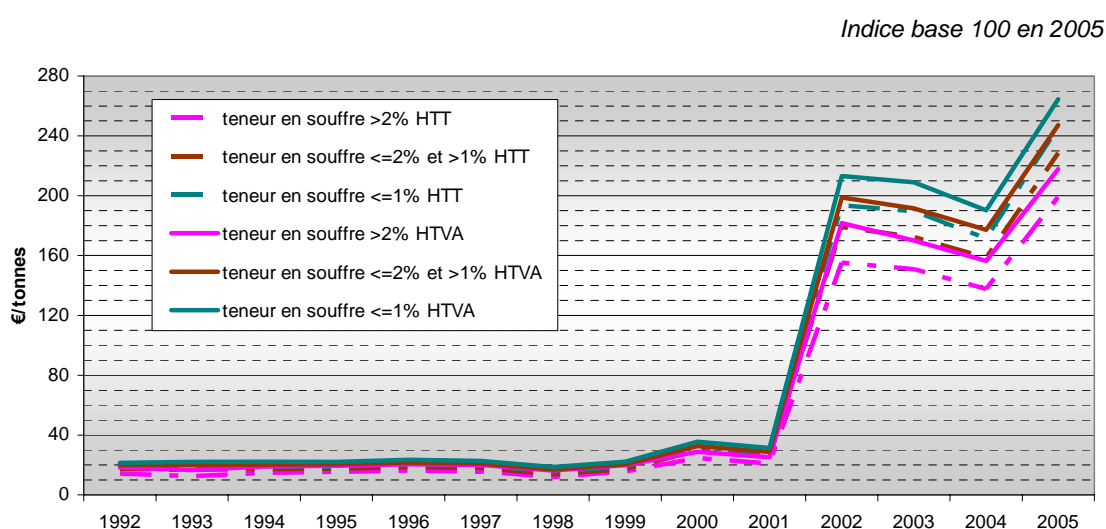
En dépit d'un prix resté attractif pendant une quinzaine d'années, l'usage de cette énergie à des fins domestiques n'a cependant cessé de reculer ces vingt dernières années. La hausse actuelle des prix frappe désormais pour l'essentiel des ménages, logés en maison individuelles, plutôt anciennes, et principalement domiciliés en milieu rural.

Graphique n° 18 : Prix du fioul domestique 1987-2005



Source : DGEMP – Observatoire de l'énergie d'après DIREM

Graphique n° 19 : Prix du fioul lourd 1992-2005



Source : DGEMP – Observatoire de l'énergie d'après DIREM

2.2.4 Les carburants

En ce qui concerne les carburants, les prix ont suivi l'évolution du cours du pétrole, amortie par un important matelas fiscal, voire par des politiques contracycliques (TIPP devenue flottante¹⁸ entre le 1er octobre 2000 et le 21 juillet 2002).

La fiscalité perçue sur les usagers de la route a en effet fortement baissé de 1980 à 1991¹⁹ avec des mesures telles que la désindexation partielle de la TIPP par rapport à l'inflation, l'avantage fiscal accordé au super sans plomb²⁰, la TVA récupérable sur le gazole pour les professionnels, etc. Un prix TTC du gazole durablement inférieur à celui de l'essence, ainsi que des progrès technologiques enregistrés sur les moteurs diesel ont provoqué la

¹⁸ La TIPP est fixée en fonction des quantités alors que la TVA est proportionnelle au prix. La TIPP flottante permettait de baisser automatiquement le prix des produits pétroliers à hauteur du surcroît de TVA consécutif à l'augmentation de leurs prix, lorsque le cours moyen du pétrole brut de référence Mer du Nord augmentait de plus de 10 % sur les marchés internationaux. A l'inverse, et suivant le même mécanisme, ils étaient revalorisés lorsque les cours du pétrole brut étaient de nouveau orientés à la baisse.

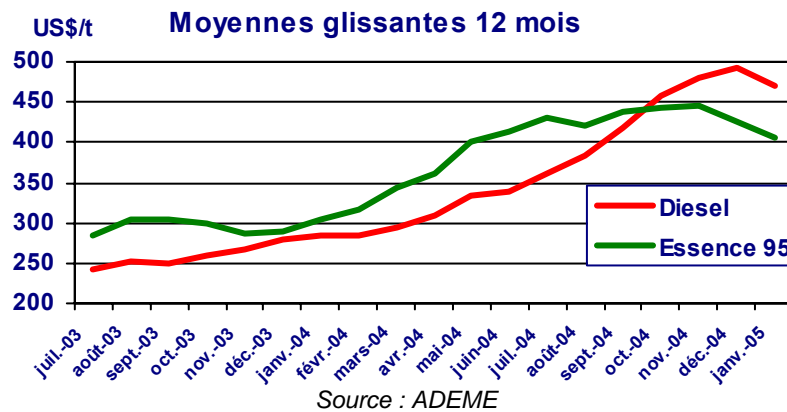
¹⁹ La baisse de recette sur la période équivaut à 8,5 G€/an (en euro de 2005).

²⁰ En 1991, la TIPP sur le super sans plomb est de 10 % inférieure à celle du carburant plombé.

« diésélisation » du parc automobile. En 1993, l'obligation d'équiper les véhicules à essence d'un pot catalytique, ce qui les rend aussi coûteux à fabriquer que les voitures diesel, a accentué le phénomène.

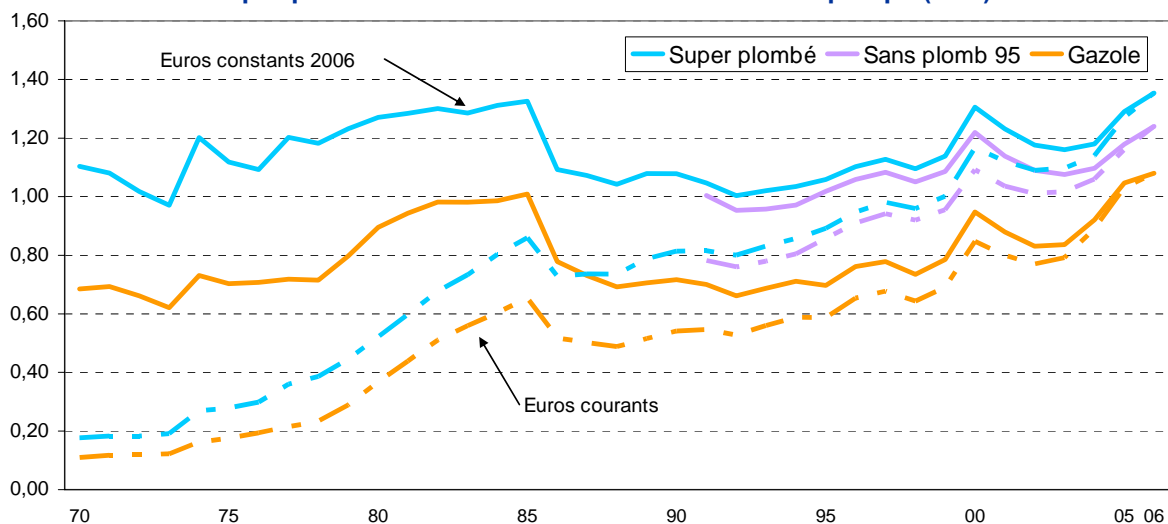
De 1991 à 2005, la substitution des carburants se poursuit. La seule hausse de la TIPP de la période a lieu en 1993 (+ 38 cts de FRF pour tous les carburants, soit une hausse de plus de 20 % en monnaie constante pour le gazole). Elle est annulée par des baisses, notamment en faveur des professionnels dès 1999. Par ailleurs, en l'absence de taxes favorables au gazole, un rééquilibrage en faveur de l'essence aurait pu avoir lieu en 2004 [graphique n° 20].

Graphique n° 20 : Prix HT du diesel et de l'essence



Compte tenu de l'évolution de la fiscalité sur les carburants et de la hausse des prix du pétrole ces dernières années, le prix du litre d'essence ou de gazole ne dépasse pas de façon significative en euro constant le niveau atteint en 1979. Cependant, compte tenu de l'évolution du pouvoir d'achat des Français, le coût relatif d'un « plein », en tenant compte de la diésélisation du parc, a sensiblement diminué. On fait également davantage de kilomètres avec le même « plein ».

Graphique n° 21 : Prix au litre des carburants à la pompe (TTC)



Les taxes pesant sur les produits pétroliers (indirectes + TVA) représentent une part importante du prix des carburants à la pompe en France : 67 % pour l'Eurosuper 95 et 63 % pour le gazole. Contrairement à une idée reçue, la taxation globale (accises + TVA) de

l'essence est plus élevée en Allemagne, au Royaume-Uni, en Italie, en Belgique et aux Pays-Bas qu'en France, bien qu'elle soit moins élevée sur le gazole pour ces deux derniers pays. Dans les autres pays européens, la taxation est globalement plus légère pour les deux types de carburant, probablement du fait d'un prix de base (HTT) plus élevé, tous les pays ne disposant pas des mêmes capacités de raffinage que la France.

2.2.5 Les énergies renouvelables

Dans l'ensemble, le coût de production des énergies renouvelables a diminué durant la période mais pas suffisamment pour les rendre compétitives. L'augmentation du prix des énergies fossiles et les progrès continus de la réduction de leurs propres coûts améliorent leur situation.

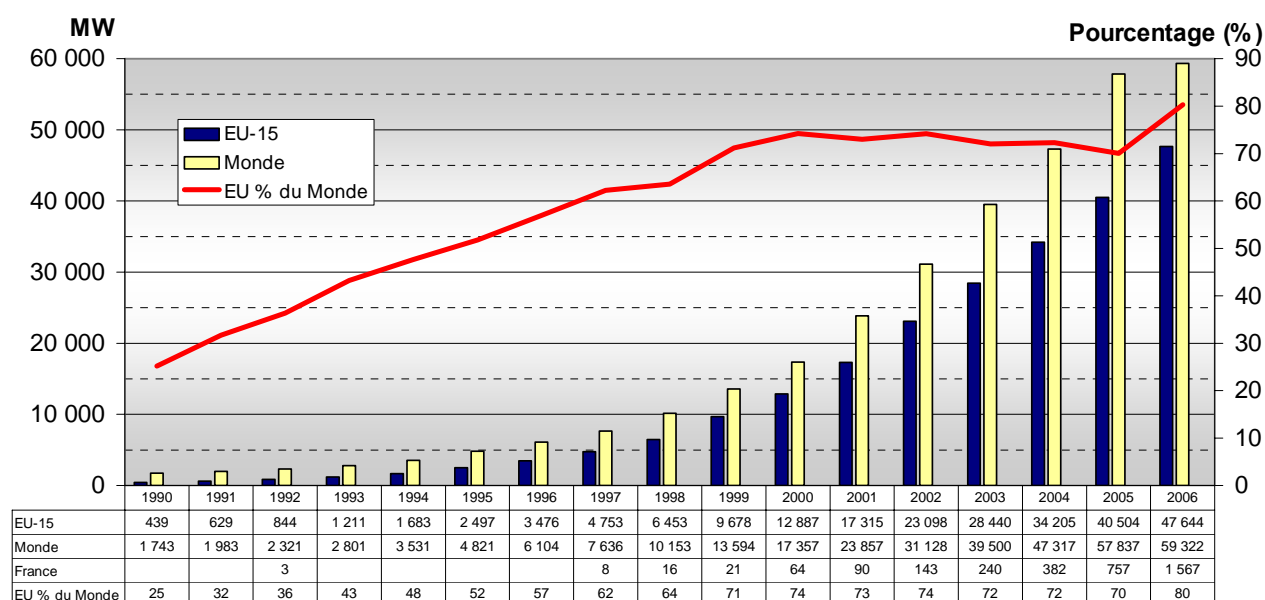
2.2.5.1 La production électrique d'origine renouvelable

Le développement de la production électrique d'origine renouvelable en France s'inscrit dans le cadre général de l'application d'une directive européenne du 27 septembre 2001 en faveur de l'utilisation des énergies renouvelables pour la production d'électricité.

2.2.5.1.1 La production d'électricité éolienne

Le développement de l'éolien à l'échelle mondiale est dû à la loi PURPA (*Public Utility Regulatory Policy Act*) aux Etats-Unis en 1981 et aux « *tax credits* » en Californie (1981-1985). Il gagne ensuite l'Europe, principalement grâce aux tarifs réglementés (Danemark 1987, Allemagne 1990 puis 2000, Espagne 1998, France depuis 2001).

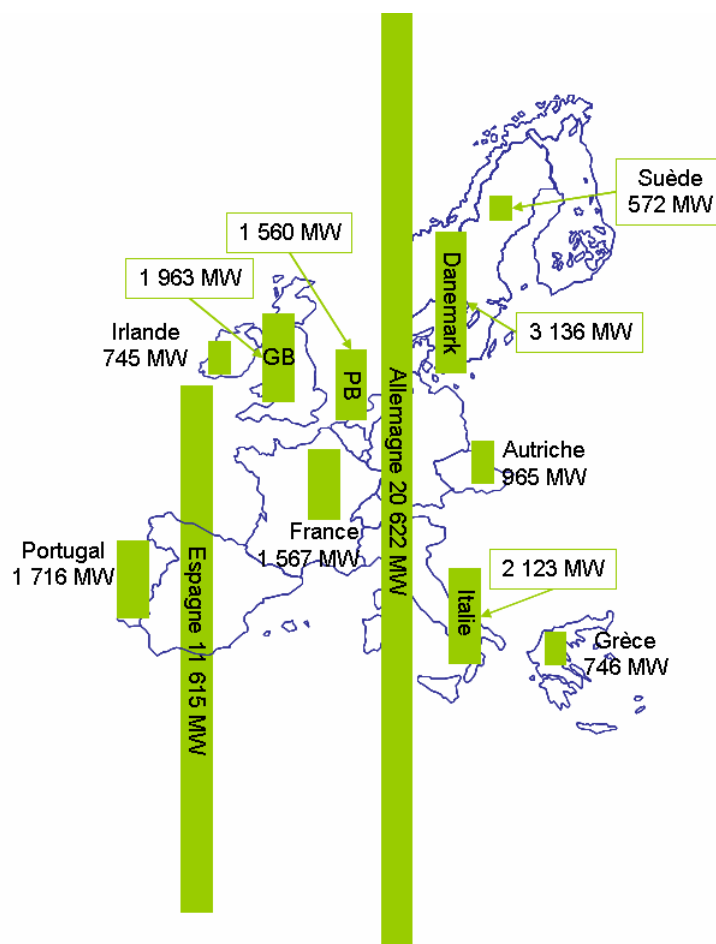
Graphique n° 22 : Puissance éolienne installée 1990-2006 : Europe et monde



Source : Wind Energy - The Facts, 2003, 330 p., DG TREN – EWEA, actualisation OE

Fin 2005, le parc français représente 1,9 % des 40 504 MW éoliens opérationnels installés dans l'Europe des quinze mais le marché français représentait 5,9 % du marché annuel européen. Cette différence correspond au rattrapage du marché français par rapport aux autres pays européens, du fait d'un démarrage tardif (Bilan éolien en France en 2005 - ADEME).

Graphique n° 23 : Puissance éolienne installée en Europe fin 2006 (en MW)



Source : European Wind Energy Association (EWEA)

En France, l'éolien s'est d'abord développé pour alimenter des sites isolés non raccordés au réseau électrique. En 1996, la mise en place du programme « Eole 2005 » permet l'installation de 360 MW de capacité éolienne. En 2000, le dispositif évolue vers un système d'obligation d'achat²¹ et de tarifs d'achat²² pour les installations de moins de 12 MW, et d'appels d'offres pour la réalisation de fermes éoliennes terrestres et en mer au-delà de 12 MW. Fin 2006, la capacité installée en France atteint près de 1 600 MW.

Le coût global du kWh éolien prend en compte les dépenses d'investissement initiales, dont 75 % sont liées aux turbines elles-mêmes²³ et les dépenses annuelles actualisées d'exploitation, d'entretien et de maintenance. Technologie intensive en capital en comparaison d'autres sources d'énergie²⁴, le coût du capital (taux d'intérêt) est d'une grande importance.

Les Etats-Unis disposent des plus longues séries de coûts utilisant les mêmes méthodes de calcul. Le coût de référence d'un site moyennement venté passe de 41,3 c€2005/kWh dans les années quatre-vingt, à 4,5 c€2005/kWh en 2005. Ces niveaux absolus ne peuvent être directement comparés avec les niveaux de coûts de référence en France et en Europe. Les

²¹ Loi de modernisation et de développement du service public de l'électricité du 10 février 2000.

²² Arrêté tarifaire du 22 juin 2001.

²³ Le quart restant correspondant au montage, à l'électricité, au transport et à l'ingénierie.

²⁴ Comme les centrales à gaz, où 40 à 60% du coût total correspond aux coûts des combustibles d'exploitation et de maintenance.

hypothèses américaines diffèrent en effet de celles de l'Europe continentale dont les projets sont de plus petite taille (2 à 30 MW contre plusieurs centaines aux Etats-Unis) et sur des sites de 6 à 8 m/s (contre 8 à 10 m/s), généralement avec un horaire annuel de fonctionnement sensiblement inférieur, et calculé avec un taux d'actualisation plus élevé. Les coûts d'exploitation en France sont aussi plus élevés du fait de la taxe professionnelle qui n'existe pas aux USA. Néanmoins, cette division du coût par 10 en 25 ans aux Etats-Unis témoigne des énormes progrès économiques obtenus sur cette filière, sans rupture technologique mais avec globalement des efforts continus de R&D appliquée et de décisions volontaires de développement des marchés. Avant 2003²⁵, le coût d'investissement en Europe s'établissait à environ 1 200 à 1 300 €/kW au lieu de 1 000 \$/kW sur les grands projets américains. En raison des progrès technologiques et de l'effet d'échelle liée à l'augmentation de la capacité industrielle, ce coût a régulièrement diminué au cours des dernières années, et il devrait continuer à le faire.

2.2.5.1.2 La production d'électricité à partir de la biomasse

Au niveau mondial, l'usage de la biomasse pour la production d'électricité est très peu répandu. En 2004, elle représente 1,3 % de la production totale d'électricité dans le monde (227 TWh produits). Cette énergie se développe un peu plus rapidement depuis 1992, avec les premiers efforts en vue de réduire les émissions de CO₂ dans la production d'électricité.

En France, le développement de cette filière a été peu recherché jusqu'à présent²⁶. Pour l'année 2004, la production d'électricité à partir de biomasse a atteint 2,2 TWh, 70 % étant produits à partir de bois, notamment dans les usines de pâte à papier, et près de 20 % à partir de biogaz.

Tableau n° 7 : Production française d'électricité à partir de la biomasse(*)

	Unité GWh										
Biomasse	1970	1980	1990	1995	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005e
Production	762	864	1 231	1 627	1 896	2 063	1 976	2 042	2 138	2 144	2 235

(*) hors déchets urbains (e) estimé
Source : DGEMP – Observatoire de l'énergie

Les coûts de production du kWh sont très dépendants du coût du combustible. Ils peuvent être de l'ordre de 8 à 11 c€²⁷ sur la base d'un coût de combustible de 50 € par tonne sèche. Dans certains cas, ce combustible peut être considéré comme un déchet à éliminer, son coût est alors « nul », si l'on fait abstraction des frais de transport.

2.2.5.1.3 La production d'électricité photovoltaïque

De 1973 à 1995, la dynamique de développement au niveau mondial a été fondée sur l'équipement des sites isolés pour un marché mondial d'environ 250 MW/an actuellement. A partir de 1996, les systèmes décentralisés reliés au réseau (toits photovoltaïques) ont pris une place de plus en plus prépondérante, suite aux programmes ambitieux aidés soit par

²⁵ Avant le renchérissement des aérogénérateurs du fait de la multiplication par deux du prix de l'acier et par trois du prix du cuivre depuis 2003.

²⁶ Son usage le plus rationnel, lorsqu'il est possible, est la combustion directe pour fournir de la chaleur à basse température. La production d'électricité seule a en effet un faible rendement avec les technologies actuelles (15 à 20%), ce qui conduit à un gaspillage de la ressource. Il peut cependant y avoir un intérêt à développer la cogénération électricité/chaleur, comme c'est le cas dans les DOM avec la bagasse (résidu ligneux de la canne à sucre) dont la chaleur est utilisée dans le process industriel des sucreries et l'électricité introduite sur le réseau d'EDF.

²⁷ Source EDF.

des subventions à l'investissement²⁸, soit par des tarifs régulés²⁹, mis progressivement en place depuis 2004 (Espagne, Italie, France, Grèce, Ontario). Actuellement, la dynamique du parc mondial est de près de + 30 % par an depuis 6 ans. Pour 2005, les évaluations varient entre + 1500 et + 1800 MWc (MW crête).

En France, le parc des capteurs photovoltaïques est recensé depuis 1992. Initialement réservé aux sites isolés, le solaire photovoltaïque français se développe, dans un premier temps grâce au programme européen PHEBUS (1992), puis connaît, depuis les années 2000, une croissance élevée notamment dans les DOM.

La transformation qualitative (passage à l'intégré au réseau) et quantitative (passage des MW aux GW) du marché photovoltaïque sur la première décennie du 21ème siècle est la concrétisation, avec à peine dix ans de retard sur la « date magique de l'an 2000 », des scénarios de marchés photovoltaïques publiés au moment des chocs pétroliers (1974-1980). Elle ne fait aussi que « suivre avec un décalage de dix à douze ans » celle constatée pour l'énergie éolienne dans la décennie 1990-1999.

Tableau n° 8 : Production d'électricité photovoltaïque (PV)

Unités : puissance en kW, production en GWh

PV	1992	1995	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005 ^e
Puissance	1 751	2 740	6 070	7 660	9 055	11 106	13 448	16 359	20 486	26 722	33 570
Production	1,5	2,6	5,5	6,9	8,3	10,2	12,4	15,2	19,7	27	35,4

(e) estimé

Source : DGEMP – Observatoire de l'énergie

Nota : L'électricité produite est estimée en fonction de la puissance installée et d'un rendement moyen, variable en fonction de la localisation du site et selon que le site est isolé ou raccordé au réseau.

Les premières photopiles avant le démarrage des applications terrestres (1973) étaient « vendues » à plus de 1000 €/Wc. Les programmes massifs de R&D aux Etats-Unis, en Europe et au Japon, après les chocs pétroliers, ainsi que les programmes d'applications pilotes en sites isolés et sur réseau ont fait tomber ce coût à « 300 F courants par Wc » à la fin de la décennie 70 puis à « 120 F courants » installés au milieu des années 80 (centrales PV pilotes européennes). Les coûts de modules pour les applications de puissance sont actuellement de l'ordre de 3 à 3,5 €/Wc du fait d'une augmentation temporaire des prix due à une offre de silicium inférieure à la demande et à des tensions pour encore deux ans sur les approvisionnements de silicium charge. Les coûts de systèmes installés varient depuis 4,5 €/Wc (grandes centrales au-delà de 4 MW en Europe en 2004-2005) à 6 à 7 €/Wc pour les systèmes connectés au réseau et intégrés au bâtiment.

2.2.5.2 La production d'énergie thermique³⁰ d'origine renouvelable

La production d'énergie thermique française d'origine renouvelable a connu une évolution contrastée au cours des trente dernières années : après une tendance à la baisse des années 1970 à 1982, elle s'accroît sensiblement jusqu'en 1991 (pic à 12 540 ktep), avant de fléchir à nouveau et de se stabiliser aux environs de 10 000 ktep depuis 3-4 ans.

²⁸ Japon : programme « 70 000 toits PV » 1996-2005.

²⁹ Allemagne : programme « 100 000 toits PV » 1997-2003 puis loi sur l'électricité renouvelable (avril 2000).

³⁰ L'énergie thermique est exprimée en millier de tonnes équivalent pétrole (ktep).

Les valorisations chaleur peuvent avoir un contenu technologique un peu moins élevé que l'éolien ou le photovoltaïque et les évolutions constatées portent parfois plus sur l'organisation des filières professionnelles que sur les progrès techniques et économiques.

2.2.5.2.1 Le bois-énergie

En France, le bois-énergie représente la quasi-totalité de la production d'énergie thermique d'origine renouvelable et, même si depuis 1985 cette part tend à diminuer au profit des biocarburants et des pompes à chaleur notamment, elle représente encore 84 % de l'ensemble de la production thermique renouvelable française en 2005.

La production de chaleur provient pour l'essentiel du chauffage au bois des ménages et des locaux collectifs (87 % en 2001). Pour cette raison, elle connaît un lent déclin dans les années 70 avec la baisse du nombre des agriculteurs, qui constituent la clientèle traditionnelle du chauffage au bois. A la suite du second choc pétrolier, à partir de 1982, la reprise semble imputable à l'évolution des techniques d'utilisation du bois dans les maisons individuelles ; de 1982 à 1992, 60 % des maisons individuelles construites comprennent un équipement de chauffage au bois, le plus souvent en association avec un chauffage électrique.

Tableau n° 9 : Production de chaleur origine bois-énergie

	<i>Unité ktep</i>										
Bois-énergie	1970	1980	1990	1995	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005e
Production	8035	8147	9773	9656	9493	9154	9344	8564	8884	8780	8738

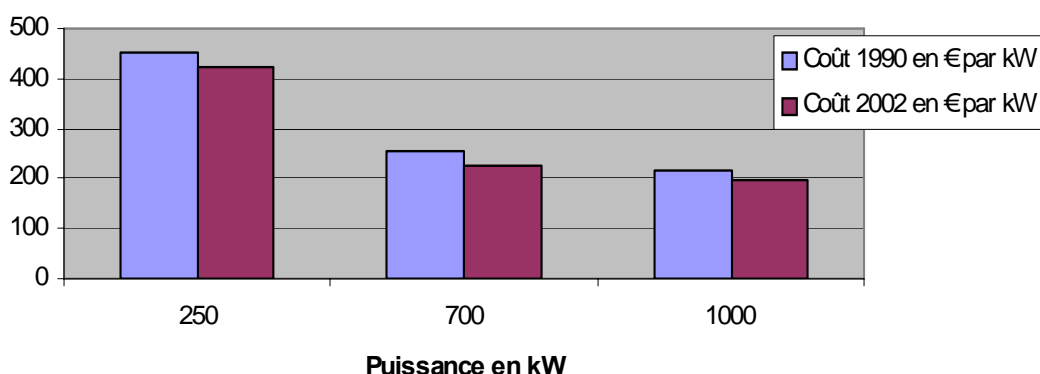
(e) estimé

Source : DGEMP – Observatoire de l'énergie

Depuis 1992, on constate une faible diminution des coûts d'investissements et des variations divergentes sur le prix des combustibles³¹ pour les chaufferies bois.

³¹ Bûches, plaquettes, écorces, copeaux et sciures, granulés, buchettes reconstituées, bois de rebut...

Graphique n° 24 : Evolution des coûts d'investissement entre 1990 et 2002



Puissance en kW	Coût 1990 en € par kW ³²	Coût 2002 en € par kW
250-300	453	424
700	255	227
1000	215	196

Source : CTBA - ADEME

La diminution du prix des plaquettes forestières, de loin le combustible représentant le plus grand potentiel, est le reflet de la structuration d'une filière professionnelle ayant bénéficié de deux plans de développement pilotés par l'ADEME³³. Le prix des granulés est, en revanche, très sensible au développement de cette filière qui induit une forte demande sur une matière première recherchée pour d'autres usages tels que les panneaux de particules. Le prix moyen du kWh (entrée chaudière) peut ainsi varier d'un facteur 4 selon le type de combustible utilisé (2 c€ à 8 c€, chiffres 2002).

Les analyses économiques menées sur les chaufferies bois récentes, en tenant compte des prix actuels de l'énergie, montrent les taux de subvention nécessaires suivants, en fonction du type de combustible bois et de l'énergie de comparaison :

Tableau n° 10 : Taux de subvention en fonction du type de combustible bois

Sans réseau Gamme puissance	Plaquettes/Gaz aide nécessaire	Broyat de DIB/Gaz aide nécessaire	Plaquettes/FOD aide nécessaire	Broyat de DIB/FOD aide nécessaire
< 300 kW	65 à 70 %	40 à 50 %	30 à 40 %	5 à 15 %
300 à 1 000 kW	45 à 65 %	0 à 40 %	0 à 30 %	0 à 5 %
> 1 000 kW	30 à 45 %	0 %	0 %	0%

Source : ADEME

2.2.5.2.2 La géothermie

La géothermie dite de basse enthalpie (extraction d'une eau à moins de 90°C) a d'abord été utilisée pour le chauffage. Après le très ancien et rudimentaire réseau de Chaudes-Aigues (France), des expériences ponctuelles ont eu lieu aux Etats-Unis, à Boise (Idaho) et Klamath Falls (Oregon), dès la fin du XIXème siècle. Le premier vrai réseau de chauffage urbain alimenté grâce à la géothermie a été celui de Reykjavik (Islande) ; il date de 1930, et permettait de chauffer une centaine de maisons, deux piscines, un hôpital et une école. Il

³² Actualisation INSEE : 1 € de 2002 équivaut à 1,061 € de 2005 et 1 F de 1990 équivaut à 0,19866 € de 2005.

³³ « Plan bois-énergie et développement local » en 1994, « Plan bois-énergie 2000-2006 ».

chauffe aujourd'hui la quasi-totalité de la capitale islandaise. Des réseaux de chaleur urbains plus importants se développeront plus tard un peu partout dans le monde (France, Italie, Roumanie, URSS, Chine, États-Unis, etc.).

Entre 2000 et 2005, le nombre de pays déclarant utiliser la géothermie pour produire de la chaleur s'est élevé de 55 à 70, pour une puissance estimée passant de 15 GW à 27 GW et une production de 53 TWh/an à plus de 70 TWh/an. Cette filière est en pleine progression en Europe et devrait également connaître un développement important dans les pays où les ressources sont abondantes (Europe centrale et orientale, Russie et Chine).

En France, la première expérience significative commence en 1969 sur un site aquifère profond du Bassin parisien, à Melun l'Almont. Par la suite, les chocs pétroliers successifs donneront naissance à une véritable filière française spécifique de réseaux de chaleur alimentés par géothermie. Entre 1980 et 1986, une cinquantaine d'opérations seront ainsi réalisées en France permettant de chauffer quelques 150 000 équivalent-logements. Au prix de l'énergie de l'époque, la rentabilité de la géothermie était avérée.

L'engouement suscité par cette nouvelle source d'énergie a laissé la place, à partir de 1986, année du contre-choc pétrolier, à une situation de crise avec l'apparition de difficultés techniques (inhérentes à la jeunesse de cette filière et à une eau très chargée en sels minéraux) dans un contexte économique et énergétique rendu beaucoup moins favorable. En outre, nombre de ces projets reposaient sur la garantie d'un écart minimal de 5 % entre le prix de la chaleur fournie et le prix du pétrole, ce qui a provoqué de graves difficultés financières lorsque le prix du pétrole a diminué.

Tableau n° 11 : Production de chaleur origine géothermie

Unité : ktep

Géothermie	1970	1980	1990	1995	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005e
Production	-	11	110	132	124	126	128	128	129	130	130

(e) = estimé

Source : DGEMP – Observatoire de l'énergie

Aujourd'hui, après plus de vingt ans d'exploitation, il subsiste environ 2/3 des opérations réalisées entre 1980 et 1986. Le taux de disponibilité annuel des opérations en fonctionnement dépasse 95 %, ce qui démontre la maturité technique atteinte par la filière.

De plus, grâce notamment à une politique d'incitation aux raccordements de nouveaux abonnés soutenue par l'ADEME et la Région Ile de France, plus de 12 000 équivalents-logements supplémentaires se sont raccordés aux réseaux existants ces dernières années. Ces extensions n'ont pu se faire que parce que le prix proposé aux nouveaux abonnés était compétitif par rapport aux autres énergies.

Aujourd'hui, le coût complet (amortissement, frais financiers, entretien, exploitation) du kWh géothermique à l'entrée d'un réseau de chaleur est estimé entre 1,2 et 1,5 cts€³⁴. La géothermie est donc prête pour une relance à condition de reconstituer, ce qui est actuellement en cours, le Fond de Garantie Court Terme permettant de couvrir le « risque géologique ». Créé en 1981, il avait été supprimé en 1995 devant le constat qu'il n'était plus utilisé.

³⁴ Jean Lemale, ADEME 2003.

2.2.5.2.3 Le solaire thermique

Répandu dès avant le premier choc pétrolier dans certains pays, le solaire thermique a suscité beaucoup d'espoir pour la production d'eau chaude. La production était principalement concentrée aux Etats-Unis, au Japon, en Turquie, en Israël, en Grèce et à Chypre. Pour ces quatre derniers pays, l'explication du développement du solaire est multiple : bon ensoleillement, recours parcimonieux à l'électricité peu abondante et fonction supplémentaire du chauffe-eau solaire servant de réserve d'eau dans un contexte de fréquentes coupures d'approvisionnement. Aujourd'hui, le principal marché est la Chine (plus de 10 millions de m²/an) devant l'Allemagne (plus d'1 million de m²/an). L'explication du développement du marché chinois est la difficulté d'approvisionnement en énergie et la disponibilité de matériels solaires bon marché de fabrication locale, tandis qu'en Allemagne il est le résultat d'une politique volontariste de l'Etat et des collectivités locales.

En France, le prix élevé de l'énergie et les incitations fiscales ont incité plusieurs dizaines de fabricants de toutes tailles (quelques industriels et beaucoup de fabricants artisanaux) à développer cette technologie. Le marché était en 1980 de 63 000 m²/an et a progressé jusqu'en 1985 avec 90 000 m²/an avant de s'effondrer à 23 000 m²/an en 1990. Le parc de capteurs solaires stagne durant toute la décennie 90, faute de politique publique de soutien dans un contexte des prix de l'énergie devenu peu favorable. Ce n'est qu'en 1996 avec le lancement du programme «20 000 Chauffe-eau solaires dans les DOM» et ensuite en 2000 avec le Plan Soleil en métropole que le marché est relancé pour atteindre un total de 160 000 m²/an en 2005 et de plus de 200 000 m² en 2006.

Tableau n° 12 : Production de chaleur origine solaire thermique

Unité : surface en milliers de m², production en ktep

Solaire thermique	1970	1980	1990	1995	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005e
Surface totale	174	599	622	624	623	626	629	660	716	790	934
Production	7	21	22	22	22	23	23	25	19	32	39

(e) = estimé

Source : DGEMP – Observatoire de l'énergie

Pour l'avenir, les prix des CES³⁵ installés devraient pouvoir diminuer si une réelle concurrence s'instaure et que le marché en France reçoit une impulsion nouvelle. En effet, s'il y a concurrence entre les fabricants, ce n'est pas le cas entre installateurs sur un marché de 15 à 20 000 unités par an. Cette situation pourrait évoluer si la croissance continue comme le démontre l'expérience allemande. Les coûts constatés en 2005 sont compris entre 1 000 et 1 100 €/m²³⁶. Une réelle concurrence ne sera possible que si le consommateur dispose de solides bases de comparaisons entre les matériels disponibles sur le marché, ce qui suppose l'affichage des performances conventionnelles et leur garantie dans le temps.

2.2.5.3 Les biocarburants

La production de biocarburants commence en France progressivement en 1992, avec la possibilité offerte aux agriculteurs d'affecter une partie de leurs terres à des cultures non-alimentaires, en réaction aux mises en jachère imposées par la politique agricole commune (PAC). Des exonérations fiscales sont par la suite accordées par les pouvoirs publics, pour des quantités contingentées, ce qui permet la mise en service de plusieurs unités de fabrication entre 1993 et 1996. La France devient alors le premier producteur

³⁵ Un chauffe-eau solaire individuel (CESI) a une surface de 4 m²

³⁶ étude Observ'ER pour l'ADEME

d'Europe de biocarburants. La production stagne néanmoins jusqu'en 2005-2006 où les nouveaux agréments de défiscalisation partielle de la TIPP permettent un nouvel essor.

Tableau n° 13 : Production de biocarburants

	<i>Unité : ktep</i>										
Biocarburants	1992	1995	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005e
Ethanol : production	2	24	53	63	58	59	58	58	49	52	75
Diester : production	1	143	235	206	225	280	281	305	350	367	401

(e) = estimé

Source : DGEMP – Observatoire de l'énergie

Les coûts de production des biocarburants, sortie usine, ont connu peu d'évolution. Ils se situent actuellement entre 0,45 et 0,55 €/litre. Ces coûts de production sont à comparer avec le cours de l'essence et du gazole (prix sur le marché international de Rotterdam, hors coûts de distribution) qui est de l'ordre de 0,40 €/litre. En juillet 2006, époque où le cours du pétrole a dépassé les 70 \$/baril, les prix de l'essence et du gazole ont atteint près de 0,45 €/litre. Mais il faut tenir compte du fait que le pouvoir calorifique de l'éthanol équivaut aux deux tiers de celui de l'essence. Le prix total qui en résulte reste donc aujourd'hui plus élevé que celui des carburants pétroliers. Par ailleurs, à ces coûts de production, s'ajoutent les coûts liés à la distribution comprenant le stockage, le chargement et le transport (les biocarburants n'étant pas transportés par pipeline).

2.2.6 Les enseignements à tirer

La France n'étant pas productrice, elle subit les évolutions internationales du prix des combustibles fossiles et, en dépit de certaines politiques fiscales mises en place pour en réduire les impacts, le prix payé par le consommateur final ne peut s'en détacher significativement. Le cas des carburants routiers est à part : leurs prix, administrés, sont très éloignés des prix à la production, bien que la liberté des pouvoirs publics dans ce domaine soit encadrée par des contraintes européennes (convergence des prix à la pompe). L'intervention des pouvoirs publics est plus significative lorsque la production est nationale. Les tarifs administrés de l'électricité ont ainsi permis au consommateur de bénéficier de la baisse du coût du kWh nucléaire. Mais c'est dans le domaine des énergies renouvelables qu'elle reste la plus pertinente.

La rentabilité économique des énergies renouvelables est handicapée tant que leur prix n'intègre pas le coût de leurs externalités positives, notamment en terme de réduction des gaz à effet de serre. Le soutien public reste nécessaire et son interruption entre 1986 et 2000, en période de prix faible du pétrole, a eu des effets désastreux sur le tissu industriel et sur l'ensemble des réseaux de compétences. On retiendra en particulier :

- Une amélioration de la compétitivité des filières électriques à fort contenu technologique (éolien, solaire photovoltaïque), due à des efforts de R&D et à un soutien au développement des marchés dans quelques pays (notamment Allemagne, Danemark, Espagne, Japon).
- Les faibles marges de progression des filières de chaleur-énergies renouvelables en termes économiques, mais la géothermie est déjà rentable, le bois énergie l'est dans certaines situations (industrie du bois) et n'en est pas loin pour le chauffage dans l'habitat collectif, le tertiaire et les réseaux de chaleur. Le solaire thermique a une marge de progrès dans les applications collectives, plus faible dans les applications individuelles. Ces progrès impliquent tous une meilleure structuration des filières professionnelles.

- Le peu de certifications de produits et services, notamment dans le domaine du solaire thermique, ne permet pas aux consommateurs de hiérarchiser les offres disponibles en fonction de leurs performances. La concurrence commerciale en est donc faussée. Lier le bénéfice du crédit d'impôt à la mise en place de ces certifications est un levier puissant aux mains des pouvoirs publics pour pousser les industriels à les adopter.
- La présence réduite marginale de l'industrie française dans ces secteurs : pas de grands acteurs dans l'industrie éolienne³⁷, un industriel (Photowatt) dans le solaire photovoltaïque qui a survécu difficilement grâce au soutien continu à la R&D par de l'AFME-ADEME, ce qui lui a permis de rester compétitif sur un marché mondial très ouvert, un fabricant de chaufferies bois, deux fabricants de capteurs solaires thermiques. Malgré le handicap de leur taille, ces industriels ont su, dans l'ensemble, atteindre et garder un bon rang mondial, souvent grâce à des politiques de niche.
- Outre l'affaiblissement des capacités industrielles, le «*stop and go* » a eu pour conséquence une grande difficulté à reconstituer les compétences (installateurs, maîtres d'œuvre) lorsque les pouvoirs publics ont décidé de relancer une politique de développement au début des années 2000. Les Plan Bois 1994-2000 et 2000-2006 ont permis de structurer, au prix de longs et patients efforts de l'ADEME et des collectivités territoriales, le secteur du bois énergie dans le collectif/tertiaire/industrie. De même, le Plan Soleil 2000-2006 a obtenu des résultats identiques. En revanche, la société Géochaleur, créée en 1978 à l'initiative de la Délégation aux énergies nouvelles (Ministère de l'Industrie) et de l'UNHLM pour assister les maîtres d'ouvrage de la géothermie, a disparu, de même que l'IMRG (Institut Mixte de Recherche sur la Géothermie) créé plus tard à l'initiative du BRGM et de l'AFME.

Un autre enseignement est le rôle, plutôt limité jusqu'à présent, des grands opérateurs énergétiques, particulièrement EDF et Gaz de France³⁸. De ce point de vue, le système d'obligation d'économie d'énergie, assorti de la souplesse des échanges de certificats, sera probablement une incitation.

Un troisième enseignement est que les collectivités locales ont aussi un rôle décisif à jouer et qu'elles en ont de plus en plus souvent la volonté. L'implication en France des régions dans les Contrats de Plan sur ce sujet en est une bonne illustration.

Enfin, il convient de souligner que le tissu d'entreprises qui a survécu à la période 1986-2000 est très dynamique et peut être la base d'un nouvel essor industriel au vu de la dynamique actuellement développée en France.

³⁷ Fin 2005, la part de marché des constructeurs français VERGNET et JEUMONT sur le marché national s'élève à 11,8 %, ce dernier ayant arrêté courant 2005 la fabrication de ses machines J48.

³⁸ Même si l'on a pu constater une évolution chez EDF en fin de décennie 90 et plus récemment chez Gaz de France.

> PARTIE 3 - EVOLUTION DES COMPORTEMENTS ET DES OPINIONS

3.1 L'évolution des opinions

3.1.1 Quelques résultats des sondages d'opinion

Les enquêtes d'opinion mettent en évidence une sensibilité des Français aux problématiques énergie/environnement assez profondément ancrée et mûrie par rapport aux années 90. Plus précisément, c'est l'état de l'environnement de la planète qui préoccupe le plus la population qui nourrit des doutes sur la capacité du progrès scientifique et technique à résoudre les problèmes. Un sondage récent (TSN SOFRES pour PQR 66, juillet 2006) place ainsi le réchauffement climatique au deuxième rang dans la hiérarchie des risques perçus comme les plus inquiétants pour l'avenir de l'humanité.

Si les « petits gestes au quotidien » qui « sauvent la planète » semblent passer dans les mœurs – tout au moins en déclaratif – il existe corrélativement une attente forte en la matière pour une aide concrète au passage à l'acte qui va bien au-delà de la simple sensibilisation. Pour autant une majorité de la population ne paraît pas prête à certains sacrifices tels qu'une baisse de confort ou de niveau de vie pour la cause environnementale.

Quant à la perception par les Français de l'accroissement de l'effet de serre et de ses conséquences, les enquêtes révèlent une montée en puissance de leurs préoccupations face à cette problématique et une relative prise de conscience de la responsabilité individuelle. Elles révèlent toutefois, en cohérence avec ce qui est dit plus haut, une vision plus tranchée sur les difficultés de réduire son confort au profit d'une menace à long terme, pour laquelle les individus se sentent moins concernés au quotidien.

- Interrogés sur les causes principales de l'accroissement de l'effet de serre, les Français pointent du doigt plutôt les activités industrielles et les transports, et dans une moindre mesure le chauffage des bâtiments, mais ce dernier thème a progressé fortement récemment ;
- Sur les conséquences de l'effet de serre : instabilité du climat, tempêtes et canicules sont les risques redoutés ;
- Sur les moyens d'y remédier : le salut n'est pas dans la technique (voir plus haut) mais dans les modifications de comportement ;
- Sur les comportements à adopter : dans les actions individuelles, le secteur du transport est invoqué avant le résidentiel : la limitation de l'utilisation de la voiture en ville apparaît comme l'acte essentiel de la lutte contre l'effet de serre. Mais il y a loin « de la coupe aux lèvres », entre les déclarations d'intention et les actes et surtout la latitude que l'on a pour agir (enquête RCB conseil / ISL- 2005 pour l'ADEME).

Les craintes de voir augmenter les prix de l'énergie atteignent aujourd'hui des niveaux importants pour le gaz et le fioul domestique alors que la part des Français anticipant des hausses pour l'électricité diminue fortement. La prise de conscience de la cherté de l'énergie sur le long terme est une donnée importante dans l'évolution des comportements liés à son utilisation (baromètre CREDOC / DGEMP 2006).

Selon l'enquête « Attitudes et pratiques environnementales des ménages / RCB conseil 2006 » la propension à s'engager dans des actions d'économies d'énergie semble relever de trois mécanismes bien distincts :

- Le premier mode qui caractérise les générations anciennes et les classes populaires semble inspiré à la fois par un souci d'économie pour les foyers peu aisés et sans doute par des habitudes acquises ou héritées de contextes économiques de pénurie (générations proches de la guerre ou de l'après guerre) ;
- Le deuxième mode concerne les foyers plus aisés et « dotés en capital culturel » : il répond à la notion actuelle d'économie d'énergie dont les motivations sont à la fois personnelles et altruistes ;
- Le troisième est celui des pratiques sociales : l'adoption du tri sélectif des déchets entraîne des attitudes d'économies d'énergie. Ici, c'est le comportement qui entraîne des dispositions puis des pratiques favorables aux économies.

3.1.2 Les enseignements à tirer

3.1.2.1 *Tenir compte de l'évolution des opinions pour organiser les actions de communication*

Accompagner les mouvements d'opinion en faveur des actions d'économies d'énergie suppose donc de faire appel à des registres adaptés aux différentes catégories en combinant la mise en évidence des bénéfices individuels et collectifs, financiers et environnementaux que peuvent apporter ces nouveaux comportements.

Le baromètre des valeurs des Français (TSN Sofres 2006) pointe dans les 10 tendances pour 2006 :

- le droit à l'insouciance,
- la fuite vers l'hyperconsommation,
- la confirmation de l'obsession narcissique,
- la « *low cost* » attitude,
- l'obsession de l'irrespect,
- la société émotionnelle,
- la valorisation de l'intelligence sensible,
- l'obsolescence de la culture,
- la perte des dernières illusions.

Il souligne l'émergence d'une prise de distance des individus qui semble liée « à un phénomène de compensation par rapport à une situation difficile ». Il peut s'ensuivre des conduites individuelles privilégiant à la fois la recherche de refuges et de protection et des phénomènes de compensation dans l'hyperconsommation, le « *carpe diem* ». Ces tendances sont à prendre en compte dès lors qu'on veut communiquer pour faire avancer les prises de consciences se traduisant en actes concernant l'énergie et l'environnement. Elles montrent par exemple :

- les dangers de discours catastrophistes et désespérés sur l'augmentation de l'effet de serre, qui peuvent produire l'effet inverse de celui escompté (« puisque c'est perdu, profitons de tout sans contrainte »),
- la nécessité d'inscrire les messages dans les actes et sur les lieux de consommation : il faut travailler activement avec la grande distribution notamment ;
- l'intérêt des énergies renouvelables comme réponses à la recherche de sécurité (« j'assure mon avenir énergétique »).

3.1.2.2 *Développer toutes les formes de mise à disposition d'informations sur l'énergie*

L'énergie est un sujet complexe, fortement évolutif et mal connu de nos concitoyens. Leur intérêt se développe lorsque les prix augmentent ou que des crises internationales suscitent des inquiétudes sur les approvisionnements. Aujourd'hui, les problématiques environnementales et de lutte contre le changement climatique créent de nouveaux besoins d'information et d'explication :

- les programmes de l'éducation nationale doivent mieux intégrer ces sujets ;
- des documents explicatifs adaptés à chaque « cible » doivent être élaborés et facilement disponibles pour les utilisateurs visés. Ils doivent permettre de comprendre l'évolution des questions énergétiques mais aussi de faire les bons choix et d'adopter les bonnes pratiques. Il s'agit donc d'être capable de donner des informations opérationnelles. L'ADEME travaille dans ce sens avec le soutien de nombreux partenaires ;
- la multiplication des débats publics consacrés à des sujets « énergétiques » (déchets nucléaires, EPR, interconnexion...) permet d'aborder les problématiques énergétiques à partir de sujets concrets et participe à la formation progressive des opinions sur ces thèmes.

3.2 *L'évolution des comportements*

Les analyses précédentes ont déjà permis d'aborder l'évolution des comportements. Certains aspects ne seront donc que brièvement évoqués dans le présent chapitre.

3.2.1 *Les évolutions de long terme liées au mode de vie*

Le chapitre II a montré les importantes modifications de la demande d'énergie depuis le début des années 70. L'évolution de notre mode de vie a eu des conséquences importantes sur nos consommations énergétiques :

- développement des équipements consommant de l'énergie : électroménager, électronique, hi-fi ... ;
- taille et nombre de logements ;
- développement des loisirs et ses conséquences sur les transports ;
- éloignement domicile-travail et étalement urbain ;
- organisation du commerce et de la distribution ;
- généralisation du flux tendu plutôt que du juste à temps ... ;
- augmentation de la température de chauffage des logements.

Mais il est difficile de déterminer la part de l'abondance et du prix des énergies dans le développement de ces modes de vie eux-mêmes.

L'augmentation du pouvoir d'achat, résultant de la croissance, qui réduit la place des dépenses énergétiques dans les budgets individuels, renforcée par la diminution du prix de l'énergie sur les trente dernières années, a en effet rendu possible et encouragé une grande partie des évolutions de notre mode de vie. C'est le cas notamment de l'évolution de notre urbanisme ou de la logistique des entreprises, et même d'une partie de la mondialisation liée à la délocalisation des activités, facilitée par le faible prix des transports.

3.2.2 Les changements de comportements sous contraintes

Contrairement à ce que pensent souvent les décideurs, notamment politiques, les consommateurs sont capables de changer de comportements lorsqu'ils doivent s'adapter à une évolution majeure, et qu'ils pensent durable, de leur environnement et du contexte économique. Ce point sera également abordé au §4.2.5.6 au sujet de l'élasticité-prix.

Mais il ne faut pas oublier que ces évolutions se font dans les deux sens et qu'il est plus facile d'adapter son comportement à une situation d'abondance et de prix faible que l'inverse. Il n'y a pas « d'effet de cliquet » en matière de comportement.

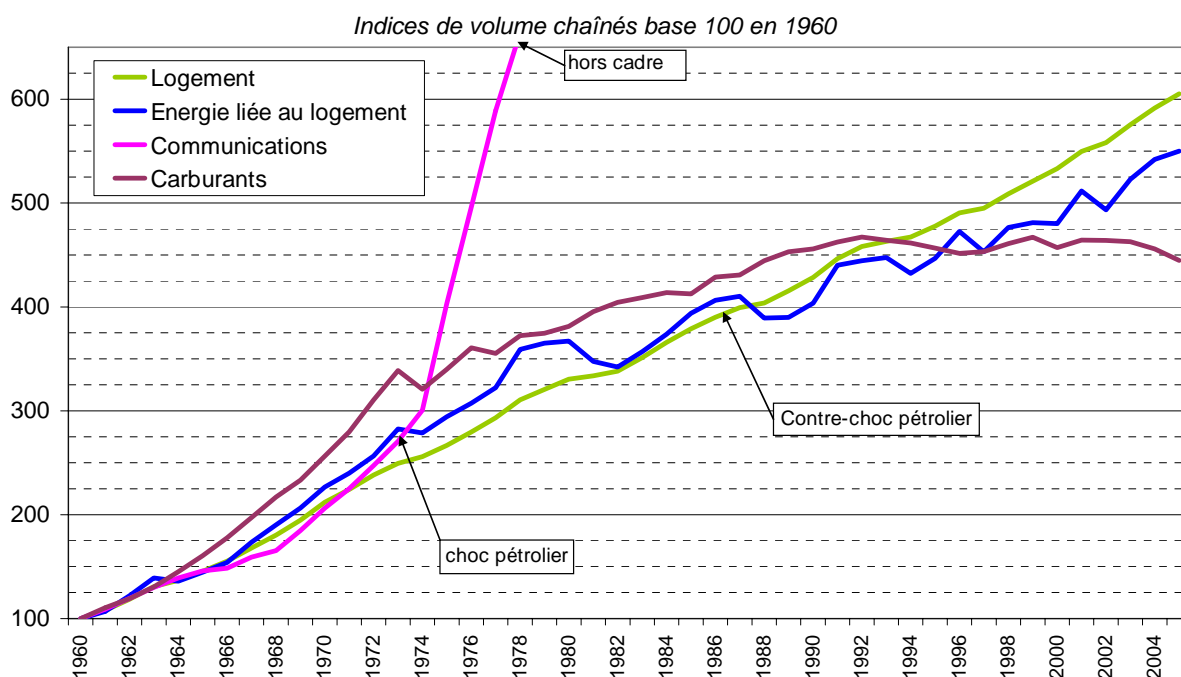
3.2.3 Les motivations des changements

3.2.3.1 Le prix et sa perception

Le prix est certes un déterminant du comportement des consommateurs mais la part relative des dépenses consacrées à l'énergie dans le pouvoir d'achat des Français peut perturber une analyse comportementale basée sur la seule élasticité-prix.

Ainsi, l'évolution de 1960 à nos jours des indices de différentes composantes du budget des ménages (base 100 en 1960) montre que l'évolution des communications a probablement eu un impact supérieur à celui des carburants ou de l'énergie liée au logement [graphique n° 25].

Graphique n° 25 : Evolution des dépenses des ménages par fonction



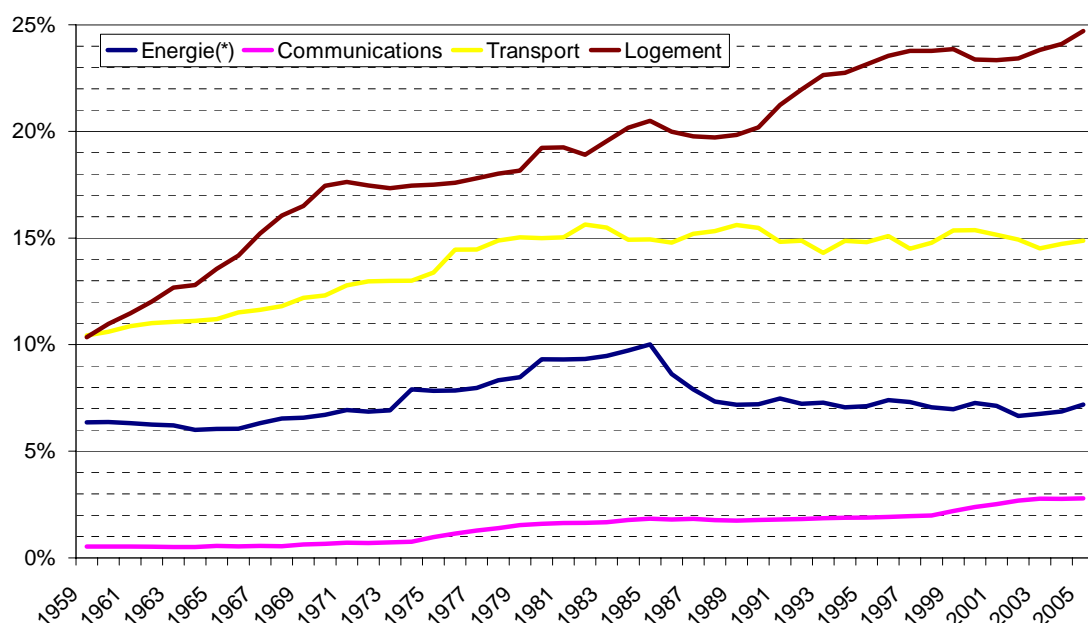
Source : INSEE

Communication : code INSEE 08 (service des postes, de télécommunication, matériel)

Après un pic atteint en 1985 à 10 %, la part de l'énergie dans les dépenses de consommation des ménages se stabilise depuis plusieurs années aux environs de 7 %, niveau inférieur à celui des années du choc pétrolier [graphique n° 26].

Graphique n° 26 : Evolution des dépenses de consommation des ménages (%)

sur la base de millions d'euros courants



Source : INSEE

(*) Energie = Electricité, gaz et autres combustibles liés au logement, hors production d'eau chaude (code INSEE 045) + carburants (code INSEE 0722)

Soulignons enfin qu'il n'y a de rationalité économique que s'il y a un contrôle des dépenses par rapport à un service. Or, les enquêtes montrent que la majorité des ménages prête peu d'attention à leur consommation d'énergie, surtout lorsque la forfaitisation rend illisible la consommation de chaque usage. Il n'en demeure pas moins que l'envolée des prix du fioul domestique (+29,7 % entre 2004 et 2005 après deux années de hausse sensible) a été un choc pour nombre de ménages de condition modeste fortement tributaires des produits pétroliers pour leur chauffage.

3.2.3.2 La protection de l'environnement

Pour la première fois en juin 2005, le baromètre d'opinion des Français sur l'énergie fait apparaître les comportements qu'ils seraient prêts à adopter pour lutter contre le réchauffement climatique.

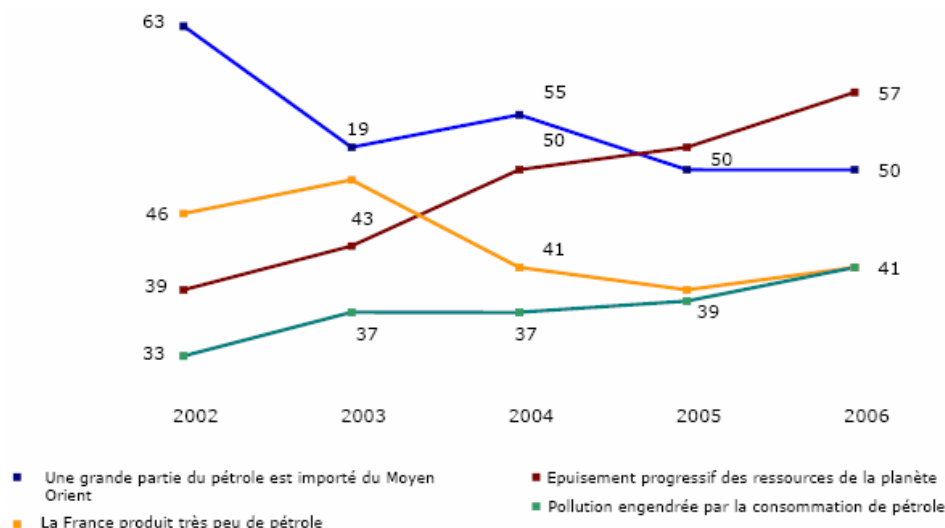
- Dans leur vie quotidienne, les Français seraient prêts à adopter des gestes simples qui n'obèrent pas trop leur confort (éteindre les appareils électriques plutôt que de les laisser en veille, prendre des douches plutôt que des bains : 24 % des réponses) ; les décisions exigeant des investissements souvent lourds sont moins bien acceptées, avec une nette différence entre catégories sociales (remplacer le système de chauffage par un système moins polluant, faire des travaux d'isolation : respectivement 14 % et 12 % des réponses) ;
- En matière de transport, la limitation de l'utilisation de la voiture en ville serait l'acte essentiel de la lutte contre le changement climatique, soit par une interdiction de circuler dans les centres des grandes villes, soit par une moindre utilisation de la voiture pour les déplacements quotidiens. Ce second point est cependant peu cité par les habitants de petites villes et de communes rurales et lorsqu'il n'existe pas d'alternative de transport en commun (33 % des réponses contre 40 % pour l'ensemble de la population). Viendraient ensuite les modifications sur les véhicules afin de les rendre moins polluants, avec un contrôle anti-pollution tous les six mois et un bridage des moteurs des voitures dès leur construction.

3.2.3.3 Anticipation d'un risque dans l'approvisionnement

Ce phénomène peut intervenir à plusieurs niveaux de prise de conscience :

- l'anticipation d'un risque majeur à l'échelle planétaire. Ainsi, en novembre 2006, à la question³⁹ « En ce qui concerne le pétrole, diriez-vous que le problème le plus important pour la France est dû ... ? en premier ? en second ? », l'épuisement des ressources pétrolières de la planète apparaît comme la principale menace [graphique n° 27].

Graphique n° 27 : Le problème le plus important pour les Français



Source : IFOP

- l'anticipation d'une rupture d'approvisionnement au niveau individuel. C'est ainsi que, dans les DOM en particulier, certains promoteurs (essentiellement photovoltaïques) prennent pour argument de vente la fréquence des délestages et des coupures sur le réseau de distribution pour convaincre la population de l'intérêt d'un équipement individuel. On peut également observer ce raisonnement en métropole, dans des zones dont l'approvisionnement est plus régulièrement perturbé (montagnes par exemple), ou après le passage d'un phénomène météorologique important (tempêtes). L'équipement individuel retenu dans ce cas est généralement le chauffage au bois. Ce genre de réaction pourrait s'amplifier si des événements de type *black-out* devaient se multiplier.

3.2.4 Les enseignements à tirer

3.2.4.1 Une connaissance insuffisante des mécanismes d'évolution des comportements à court/moyen/long terme

Il faut développer les recherches et les études socio-économiques pour mieux connaître les causes et les conséquences des changements de comportements et intégrer ces résultats dans les exercices de prospectives énergétiques ainsi que dans les déterminants des politiques énergétiques.

³⁹ Les Français et l'énergie - Baromètre de la communication gouvernementale (IFOP pour le MINEFI)

3.2.4.2 *L'évolution à moyen/long terme des comportements peut profondément modifier les besoins énergétiques et réciproquement*

Les exercices de prévisions de ces dernières années, de même que les politiques énergétiques mises en place, sous-estiment les possibilités de changements de comportement à moyen/long terme, liés aux évolutions macroéconomiques, aux évolutions démographiques, aux prix relatifs, avec leurs conséquences sur la quantité ou la forme de l'énergie utilisée. Or, non seulement ces facteurs peuvent avoir des effets majeurs sur les besoins énergétiques mais on peut aussi tenter de modifier ces besoins en faisant évoluer les comportements et les modes d'organisation qui en découlent. Par exemple, le vieillissement de la population, conséquence de l'évolution démographique et des progrès de la médecine, peut engendrer une augmentation moyenne des températures de chauffage, les personnes âgées étant considérées comme plus frileuses.

Ces changements peuvent également résulter de l'introduction d'une nouvelle technologie⁴⁰. Il ne faut donc pas considérer que les évolutions technologiques se font « toute chose égale par ailleurs » ; à terme, plus ou moins long selon les cas, elles ont des conséquences importantes sur nos modes de vie et donc sur nos besoins.

3.2.4.3 *La variété des déterminants des changements de comportements doit être prise en compte dans les politiques énergétiques*

Pour être efficace, la politique énergétique peut utiliser différents éléments qui orientent les comportements des consommateurs :

- le prix est le critère de choix le plus immédiat ; les consommateurs sont sensibles à son évolution réelle ou supposée, même si c'est souvent avec un certain effet retard. C'est pourquoi il faut éviter de fausser ou de réduire cet effet. Au contraire, on peut le renforcer par des mécanismes adaptés, de fiscalité par exemple ;
- la protection de l'environnement, notamment la lutte contre le changement climatique, mais aussi la pollution de l'air entrent en ligne de compte. Aujourd'hui, seule une minorité de la population invoque cet unique argument pour justifier ses changements de comportements en matière d'énergie, mais la proportion grossit. Surtout, cet argument vient renforcer les raisons « économiques » d'agir pour beaucoup d'autres consommateurs ;
- d'autres facteurs ne doivent pas être négligés, la réglementation par exemple. Ainsi l'amélioration de la sécurité routière est passée par un meilleur contrôle de la vitesse qui a globalement conduit à une réduction des consommations. Ces politiques à doubles gains doivent être recherchées et développées.

3.2.4.4 *La mise à disposition de l'information sur les consommations énergétiques, facteur indispensable des évolutions de comportements*

Les consommateurs sont généralement mal informés sur leur consommation d'énergie. Leur intérêt à ce sujet ne s'éveille qu'en période d'augmentation des prix. Il est donc important de leur fournir une information continue et précise pour chacune de leurs actions ayant des conséquences en matière d'énergie.

⁴⁰ Cf. par exemple le développement du téléphone portable ou d'Internet et leurs conséquences sur nos modes de vie et de travail.

- C'est l'objectif des étiquettes énergie, d'abord utilisées pour certains équipements électroménagers (ampoules, réfrigérateurs, lave linge...) puis généralisées en 2006 aux véhicules et aux logements (aux ventes à partir du 1^{er} novembre 2006 et aux locations à partir du 1^{er} juillet 2007). En ce qui concerne les logements, l'étiquette sera accompagnée d'un diagnostic de performance énergétique qui donnera aussi des recommandations de travaux à faire. Toutefois, ces programmes de labellisation (ou de normes d'efficacité) sont d'autant plus efficaces qu'ils sont régulièrement révisés et mis à jour. Ainsi les étiquettes Energie des réfrigérateurs qui comportaient à l'origine les catégories G (le moins économe) à A (le plus économe) comprennent désormais des classes A+ voire A++, de manière à bien différencier les produits les plus performants. Les seuils de consommation, plus régulièrement revus en fonction des nouveaux appareils les plus efficaces du marché, intégreraient les progrès techniques plus rapidement.
- Cela passe aussi par la généralisation des compteurs sur toutes les consommations, même avec des systèmes de chauffage collectif, ou de dispositifs d'information sur les consommations instantanées, par exemple dans les véhicules.
- Il faudrait généraliser les approches en « coût global », intégrant, en matière d'énergie, le coût des investissements et le coût du fonctionnement, de manière à pouvoir prendre en compte systématiquement les conséquences des choix des consommateurs.

3.2.4.5 *Les conditions de réussite des campagnes de communication sur l'énergie*

Au-delà de la pertinence des messages publicitaires et du choix de média, l'analyse du passé nous montre que trois conditions sont nécessaires pour qu'une action destinée à toucher et à mobiliser le plus grand nombre soit réellement efficace :

- La durée et la continuité : il faut éviter les campagnes ponctuelles des trente dernières années. Les budgets communication « explosent » en cas de crise (1974, 1978, guerre du Golfe en 1991, blocages routiers fin 2000, augmentation des prix des carburants en novembre 2004...) et se réduisent aussi vite une fois la crise passée. Une pérennisation des actions est bien plus efficace en termes d'impact et de « fidélisation », compte tenu de l'inertie des systèmes techniques dans le bâtiment comme dans les transports (effet de parc).
- La capacité de réponse aux questions que la communication suscite : c'est la raison d'être du réseau des conseillers INFO→ENERGIE : fournir au public une information de qualité, neutre, gratuite, et des outils de communication. Face à une demande croissante, il faut veiller à s'adapter, d'où la décision prise dans le cadre de l'actualisation du plan climat de doubler la taille du réseau actuel d'ici 2010.
- Il faut une mobilisation de tous pour que les messages passent véritablement dans l'opinion et influent sur les comportements. L'efficacité des actions sera d'autant plus grande que le citoyen/consommateur sera convaincu que tous participent : collectivités locales, entreprises, associations professionnelles, associations de consommateurs et de protection de l'environnement... toutes doivent se retrouver au-delà de leurs différences autour du thème consensuel que sont les économies d'énergies et la lutte contre l'effet de serre. La prise de conscience du « tout le monde s'y met car le sujet est maintenant crucial » est un levier d'entraînement évident.

3.2.4.6 *Des entraves aux modifications des comportements*

Les modifications de comportement et les prises de décisions en faveur des économies d'énergie qui devraient en résulter sont aujourd'hui entravées par plusieurs types de difficultés :

- le déficit d'information (dont nous avons parlé plus haut) ou d'asymétrie d'information : en ce qui concerne les particuliers, on a déjà souligné que la connaissance de sa propre consommation d'énergie ou de celle des produits achetés n'est pas systématique (cf. §3.2.4.4). Par exemple, beaucoup de produits, notamment les produits bruns, ne portent pas encore d'étiquette énergie. En ce qui concerne les PME, elles ont souvent également un déficit d'information sur leur consommation et sont, d'une manière générale, mal informées des évolutions de la législation ; elles peuvent, de ce fait, omettre de tirer partie d'incitations fiscales dont bénéficieront plus facilement les grandes entreprises ;
- les réductions de coût d'investissements consécutives aux subventions ou aux incitations fiscales pour la maîtrise de l'énergie ne sont pas suffisantes quand il s'agit d'investissements de montant important à réaliser de manière « diffuse », par l'ensemble des particuliers par exemple. La rentabilité économique d'une opération à moyen/long terme n'est pas assez importante pour tenter des ménages qui ont un problème de liquidité et des contraintes dans l'accès au crédit. Les économies d'énergie, particulièrement dans les secteurs du bâtiment et des transports, résultent d'une multitude de décisions individuelles. Le problème est de mettre en œuvre l'ensemble des mécanismes incitatifs nécessaires et d'assurer leur cohérence et leur connaissance par les personnes concernées.
- en ce qui concerne les propriétaires bailleurs, ils ne seront pas motivés pour réaliser des travaux de maîtrise de l'énergie, même subventionnés, s'ils ne peuvent pas répercuter, au moins partiellement, leur coût sur le locataire qui va en profiter. Or aujourd'hui, il n'est pas possible pour un propriétaire, dans le cadre d'un bail en cours, de compenser le surcroît de dépenses qu'impliqueraient des travaux d'économie d'énergie, par une hausse, par exemple, du loyer qui serait « récupérée » par le locataire grâce à la réduction de sa facture énergétique. Il faut donc trouver des solutions à cette imparfaite transmission du signal-prix entre le propriétaire et le locataire ;
- des difficultés similaires existent dans les copropriétés. Sont en cause des règles de vote aux assemblées générales trop exigeantes en terme de majorité, une insuffisante personnalisation des dépenses d'énergie et donc un manque d'information sur leur consommation réelle qui n'incite pas les copropriétaires à exiger des travaux, enfin une absence de motivation des syndicats pour prendre ce type d'initiative sans information suffisante pour mobiliser les copropriétaires ;
- une fixation adéquate des prix de l'énergie est nécessaire de façon à donner les bons signaux aux consommateurs. Les pouvoirs publics sont d'accord sur le principe, mais d'autres facteurs, comme l'opposition des opinions publiques ou la volonté de limiter l'impact des prix de l'énergie sur l'indice des prix, viennent souvent en perturber la mise en œuvre.

> PARTIE 4 - POLITIQUES PUBLIQUES

Les axes traditionnels de l'action publique dans le domaine de l'énergie sont le développement de l'offre énergétique et l'élaboration de mesures favorisant la réduction de la demande. Au vu des résultats obtenus en temps de crise, il semble cependant important de mettre en exergue le rôle crucial des actions de communication, comme complément essentiel du dispositif.

4.1 Les actions de communication, dimension essentielle des politiques publiques

4.1.1 Rapide historique des actions de communication depuis 1974

Les actions de communication conduites depuis trente ans en faveur de la maîtrise de l'énergie ont utilisé toute la palette des outils existants :

- campagnes « grand média » pour toucher le plus grand nombre
- campagnes ciblées sur des secteurs ou des acteurs particuliers
- développement des relations presse
- politique active de relations publiques
- éditions, brochures, colloques
- actions d'information en partenariat avec des réseaux de professionnels
- promotion des procédures d'aides, avantages fiscaux, etc.

Selon les années, les programmes ont privilégié tel ou tel type d'actions en fonction des contextes économiques (« chocs pétroliers » notamment), des budgets disponibles et des stratégies mises en œuvre par les équipes des agences en charge des politiques de maîtrise de l'énergie qui se sont succédées :

- l'Agence pour les économies d'énergie (AEE) de 1974 à 1982,
- l'Agence française pour la maîtrise de l'énergie (AFME) de 1982 à 1992,
- l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) depuis 1992.

Les périodes durant lesquelles ont été mises en place les plus importantes campagnes média - utilisant en particulier la télévision - sont celles qui ont le plus marqué les esprits :

- De nombreuses actions de communication sont organisées entre 1974 et 1979 par l'AEE dans le contexte des « chocs pétroliers ».

Des messages « chocs » sont alors diffusés à l'aide de spots TV qui sont encore aujourd'hui dans toutes les mémoires. « **En France, on n'a pas de pétrole mais on a des idées** » : c'est l'époque des premiers grands colloques organisés par des partenaires professionnels, de la production des premières documentations grand public à grande diffusion, des campagnes en partenariat avec la météo. Le registre utilisé est alors le risque de pénurie de produits pétroliers et la nécessité de les économiser, dans un contexte de forte dépendance. En 1979, le programme de communication « monte d'un cran » : la campagne de communication « **La chasse au gaspi** » remporte un vif succès et marque l'imagination de tous, notamment des enfants de l'époque qui, adultes, s'en souviennent encore.

- Avec la création de l'AFME en 1982, les stratégies de communication donnent, dans un premier temps, la priorité à l'information et à la promotion des procédures et des aides plutôt qu'à des campagnes de publicité.

Il s'agit aussi de communiquer sur des opérations groupées comme les « villes pilotes » consistant à faire l'expertise thermique de tous les bâtiments (11 villes seront concernées). L'information du public se fait notamment en collaboration avec les Agences d'information sur le logement (ANIL). Pourtant, en 1985, alors que le prix du pétrole accuse une baisse sensible, les dirigeants craignant à juste titre un relâchement des comportements décident de relancer les campagnes grand public avec un slogan, « **Maîtrise de l'énergie, pas si bête** », qui préfigure les communications sur le développement durable, concept alors inconnu.

- Entre 1987 et 1991, l'effort porte sur la mobilisation des réseaux de partenaires (chauffagistes, grossistes en matériels, producteurs d'énergie) pour diffuser les messages. Le contexte de la guerre du Golfe conduit à renouer avec une grande campagne de communication.

C'est l'époque des **campagnes « conseils » à la radio**, du développement d'un outil « minitel » et d'un **téléphone « AZUR »** pour apporter des réponses aux citoyens/consommateurs. Avec la première guerre du Golfe, et les inquiétudes sur les approvisionnements pétroliers, il apparaît nécessaire de lancer en 1991 une nouvelle grande campagne de communication dont le slogan est « **Maîtrise de l'énergie, les choix sont entre nos mains** ». Cette campagne utilise les arguments du bénéfice financier personnel pour modifier les comportements tout en faisant le lien, pour la première fois, avec les problématiques environnementales. La chute des cours du pétrole qui suit la victoire de la coalition alliée sonne le glas des actions de communication grand public jusqu'en 2001.

- En 2000, à la suite d'un conflit des routiers avec blocages des raffineries et une forte augmentation des prix des produits pétroliers, les pouvoirs publics mettent en œuvre le Programme national d'amélioration de l'efficacité énergétique qui compte un volet de communication important.

Dans ce cadre, une campagne s'appuyant sur l'image de l'acteur Fabrice Luchini est lancée en 2001. Avec le slogan « **Préservez votre argent, préservez votre planète** », elle veut démontrer qu'intérêt personnel et intérêt collectif peuvent se rejoindre en vue de comportements plus « citoyens » contribuant à limiter l'accroissement de l'effet de serre.

- Fin 2002, le **réseau d'information de proximité des Espaces Info→Energie**, construit en partenariat avec les collectivités territoriales et les associations, est opérationnel sur toute la France (140 points d'informations à l'origine).

Une campagne de communication est mise en œuvre pour mieux le faire connaître auprès des cibles d'utilisateurs (principalement grand public) mais aussi de partenaires (associations de protection de l'environnement et de consommateurs, organismes professionnels, grands opérateurs du secteur de l'énergie, collectivités territoriales etc.).

- Depuis mai 2004, une nouvelle campagne à destination du grand public, utilisant la télévision et la radio et associant les préoccupations de lutte contre le changement climatique et d'économies d'énergie a été lancée par l'ADEME. Elle est signée « **Economies d'énergie. Faisons vite, ça chauffe** ». Son principe a été arrêté dans le cadre du plan climat de 2004 et elle devait durer au moins 3 ans. Elle sera en fait reconduite pour la même durée en 2007. Elle repose sur l'ensemble des outils mis en œuvre précédemment (Espace Info Energie, numéro Azur, site Internet) et a pour objectif de susciter la réalisation d'opérations de sensibilisation sur le terrain, grâce à la multiplication de partenariat avec des entreprises, des collectivités territoriales et des associations.

4.1.2 Les moyens financiers consacrés à ces actions

Ainsi, l'ADEME a mobilisé entre 2003 et 2006 un budget de communication dédié aux actions de maîtrise de l'énergie de l'ordre de 12 M€. Il est intéressant de comparer cet effort à ce qui a été fait dans le passé.

- Sur la période 1974/1982, nous ne disposons pas de l'information précise sur les budgets engagés mais il ne fait aucun doute que la période « Chasse au Gaspi » a mobilisé d'importants budgets, supérieurs à ceux d'aujourd'hui.
- Sur la période 1982/1992, le tableau ci-dessous met en évidence des budgets d'une manière générale supérieurs à ce qu'ils sont aujourd'hui.

Tableau n° 14 : Budget des actions de communication en millions euros constants

1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
17	15	13,6	13,6	10	11,7	11,7	10,6	15	17	16

(valeur 2006)

- Entre 1992 et 2001, le budget Communication énergie de l'ADEME a été très inférieur aux montants ci-dessus.

Or, dans le domaine des campagnes publicitaires « grand média », le volume des investissements publicitaires s'est fortement accru de manière ininterrompue depuis trente ans (multiplié par 20 entre 1975 et aujourd'hui). Cette croissance est soutenue par une multiplication de l'offre médiatique, notamment télévisuelle. On constate ainsi deux tendances fortes auxquelles les annonceurs doivent s'adapter :

- une « fragmentation » des audiences qui se dispersent sur un nombre toujours plus grand de supports ;
- une augmentation des coûts des média de masse (principalement TV et radio) qui nécessitent ainsi une « prime » à l'accès à l'audience.

Cela signifie, pour des campagnes d'intérêt général comme celles en faveur des économies d'énergie, que même avec des budgets modestes on pouvait toucher, à la fin des années 70, un large public en utilisant seulement trois chaînes TV (la 3ème chaîne a été lancée en 1972) et que leur impact était plus facilement garanti compte tenu d'une concurrence bien moindre de messages proposés aux consommateurs. A l'inverse, aujourd'hui, pour « exister » sur les grands média en termes de campagnes publicitaires, il faut des moyens financiers bien supérieurs à ce qui était nécessaire dans le passé, alors que les moyens publics consacrés aux campagnes sur les économies d'énergie ont sensiblement diminué, même si l'on tient compte des moyens supplémentaires décidés dans le cadre de l'actualisation du plan climat en fin 2006. En effet, à partir de 2007, le budget de communication de l'ADEME sur ce sujet passe d'environ 4 M€ à 7 M€.

4.1.3 Quelques résultats

En octobre 2006, 76 % des Français se déclarent concernés par les économies d'énergie, contre 63 % en 2002 (Source : baromètre sur l'énergie, Ifop pour MINEFI, novembre 2006). Les « bons gestes » sont mieux assimilés, les achats d'appareils performants plus nombreux. La hausse actuelle des prix de l'énergie constitue un facteur important dans cette prise de conscience, mais on peut aussi attribuer une partie du phénomène aux efforts de communication.

À propos des équipements électrodomestiques, on peut signaler le succès de l'étiquette énergie. Mise en place depuis 1992 au niveau européen, elle concerne aujourd'hui de nombreuses catégories de produits : réfrigérateurs / congélateurs, lave-linge, ampoules... Classant les appareils des plus efficaces (A, ou même A+ et A++, pour les plus économes à G pour les plus énergétivores), elle est aujourd'hui connue par deux Français sur trois et a une influence forte sur le choix des produits pour 52 % des achats concernés (source TSN / SOFRES 2004 pour ADEME). L'incitation au choix d'appareils performants est essentielle, alors que les consommations unitaires moyennes des usages spécifiques de l'électricité ont progressé de plus de 75 % en 25 ans, passant de 13 kWh/m² à 23 kWh/m². Cette progression est due notamment à de nouveaux « produits bruns » (bureautique, multimédia...) et à leur consommation d'énergie, souvent inutile, en veille.

La promotion de cette étiquette énergie, et plus largement des équipements économes en énergie, porte ses fruits. Les ventes de réfrigérateurs et congélateurs de classe A et A+ représentent en 2005 70 % du marché, contre seulement 43 % en 2003 (estimation ADEME d'après Growth from Knowledge-GFK 2005). Plus de 58 % des foyers français possédaient en 2005 au moins une lampe basse consommation, contre moins de 45 % en 2002 (source TSN / SOFRES 2005 pour ADEME).

4.2 Les politiques de réduction de la demande

En réponse à l'évolution de la situation énergétique, des actions pour réduire la demande et donc pour favoriser les économies d'énergie ont été mises en place. Mais les politiques publiques menées en France depuis le premier choc pétrolier n'ont pas été « constantes ». On peut distinguer grossièrement trois phases : 1973/1985 ; 1985/2000 ; 2000 jusqu'à aujourd'hui.

4.2.1 Après le premier choc pétrolier

Avant 1973, l'Etat ne lançait que des programmes de production d'énergie. Le choc pétrolier a provoqué le lancement, en mars 1974, de nouvelles politiques qui portaient désormais sur la demande, mais tout était à inventer et l'appareil d'Etat n'avait pas d'expérience dans la conduite de politiques publiques de gestion de la demande qui nécessitait une participation active des consommateurs. Les principales mesures prises à cette époque sont rapidement évoquées ci-après.

4.2.1.1 Création d'un dispositif politico-administratif original :

La mise en œuvre de la nouvelle politique est déléguée à un organisme « léger », « moderne », une « agence d'objectifs » chargée d'agir à la place et au nom de l'Etat, mais bien sûr sous sa tutelle : l'Agence pour les économies d'énergie (AEE) créée par décret du 29/11/1974. Son rôle est d'impulser, d'animer, de coordonner la politique, de convaincre et non de contraindre les acteurs économiques. Elle dispose d'un personnel réduit et d'une relative autonomie de gestion.

Tableau n° 15 : Evolution des moyens de l'agence dans le domaine de l'énergie

	Début 1975	Fin 1975	1978	Fin 1981	1985	1990	2000	2006
Effectifs	12	35 + 55 fuel lourd	100 + 55 fuel lourd	251 dont 72 DRIRE 25 CETE	578	393	370	525
Budget interventi on en monnaie courante	31 MF		200 MF	690 MF	834 + 602 FSGT = 1 436 MF	474 MF	741 MF	135 M€
Budget interventi on En € 2006	19 M€		92 M€	222 M€	332 M€	94 M€	124 M€	135 M€

Source : ADEME

4.2.1.2 Les actions mises en œuvre

L'agence a été le pivot de l'élaboration et de la mise en œuvre de la politique d'économie d'énergie déployée à cette époque. Ses interventions ont été dès l'origine très variées, ses moyens d'intervention étant très larges.

- Des actions d'information et de communication

L'agence a lancé de nombreuses campagnes d'information (audiovisuel, presse) et édité de multiples documents et brochures pour convaincre la population d'économiser l'énergie (cf. §4.1). Dès 1975, est créé un service « INF économies d'énergie » pour répondre aux questions du public (courriers et téléphone). De nombreux événements sont organisés (colloques, expositions, salons). Des réseaux « relais » sont constitués comme l'ATEE (association technique pour les économies d'énergie).

- Des mesures réglementaires visant à réduire la consommation

- Entreprises :

Le contrôle de la publicité mensongère a perduré de 1974 à 1982 : les agréments aux campagnes publicitaires compatibles avec la politique d'économies d'énergie étaient accordés par une commission ad hoc. Les refus ont été aussi nombreux que les agréments et des sanctions étaient effectivement prises.

L'examen périodique des établissements gros consommateurs d'énergie par des experts agréés pour identifier les gisements d'économies d'énergie s'est révélé une mesure efficace ; les rapports étaient adressés aux DRIRE et à l'agence pour que des suites y soient données.

- Bâtiment :

La température intérieure des locaux publics a été limitée à 20° en 1974, à 19° ensuite.

La première réglementation thermique est arrêtée en 1975. Elle vise à réduire de moitié la consommation moyenne de l'énergie consacrée au chauffage des logements neufs par

rapport à ceux construits avant 1975 en imposant des normes d'isolation. Cette réglementation est devenue plus exigeante en 1982, 1989, 2001 et 2005.

La modification de l'heure légale par décret et la création de l'heure d'été ont permis un gain estimé à 350 000 tep par an.

L'éclairage des magasins après 22h est interdit et celui des bureaux réglementé.

Dès 1975, dans le cadre d'un accord volontaire conclu avec l'Agence, les constructeurs français d'appareils électroménagers et de chauffage se sont engagés à apposer sur leurs appareils une étiquette indiquant leur consommation d'énergie. Un décret de 1976 n'autorisait les campagnes publicitaires que pour les appareils munis de cette étiquette.

- Transports :

La publicité pour les véhicules doit indiquer la puissance, les performances et les consommations.

Des limitations de vitesse sont instituées.

- Les taxations

En octobre 1975 est mise en place une taxation des surconsommations de fuel lourd utilisé par les gros consommateurs, sous la forme d'une taxe parafiscale versée à la caisse nationale de l'énergie associée à un système de prime aux investissements économisant l'énergie. (1977 : primes pour 1 257 MF d'investissement, soit 1 Mtep/an d'économie à un coût de 1 259 F/tep économisée par an). La taxe pouvait être suspendue en cas d'accord entre l'agence et les branches professionnelles. En 1976, 17 accords sont signés dans 23 branches et 14 en 1977, soit au total 85 % des consommations d'énergie dans l'industrie.

- Les mesures de contrôle du respect des règlements

Dès 1975, l'agence met en œuvre, systématiquement, des procédures de contrôle du respect des règlements, assurés, pour les plus importants, par des experts indépendants nommés par les pouvoirs publics.

- Les mesures incitatives

- Soutien à l'innovation et aux entreprises

En 1975, sont créées les « opérations de démonstration », qui visent à aider les premières réalisations en grandeur réelle chez un utilisateur pour un matériel dont la diffusion est susceptible d'engendrer à l'échelle nationale des économies d'énergie importantes. Le soutien financier apporté par l'agence est modeste au début (44 opérations en 1975, 76 en 1976) et se développe ensuite, après le second choc pétrolier.

Après le second choc pétrolier, le soutien aux « opérations d'innovation » (70 % du coût) se développe et vise la mise au point de matériels et procédés nouveaux, très performants, dont la commercialisation est également aidée.

Pour accompagner à son terme le processus d'industrialisation, les aides à l'innovation et à la démonstration sont complétées par une procédure d'aide à la pénétration et à la diffusion des équipements économes et nouveaux, destinés aux secteurs de l'industrie et de l'habitat-tertiaire.

En 1979, la procédure d'aide systématique « 400F par tep » consiste à subventionner les investissements d'économies d'énergie à hauteur de 400F par tep économisée annuellement, sous condition d'un diagnostic préalable rigoureux et d'un contrôle après travaux.

Dans les transports, l'agence aide financièrement la pose de déflecteurs sur les poids lourds (temps de retour : 3 mois).

L'agence lance dès 1975 quelques grandes opérations de valorisation des rejets thermiques industriels : Eurodif, raffineries...

- Soutien aux particuliers

A partir de 1976, les particuliers bénéficient de subventions, de déductions fiscales ou de prêts à taux faibles (1 %) pour les travaux d'isolation et les changements de chaudière.

Le financement en crédit bail des investissements économisant l'énergie est également lancé mais il peine à démarrer.

4.2.1.3 Les succès et les échecs de cette politique

En 1979, le second choc pétrolier provoque le décollage des investissements d'économie d'énergie : 2,8 milliards de francs d'investissements sont aidés en 1979 contre 600 millions les années précédentes. Grâce à la taxation, l'agence peut utiliser environ 400MF par an pour financer les investissements dans l'industrie, l'opération des 400 F/tep économisées remportant un grand succès.

Fin 1976, 81 % des Français connaissent la campagne d'information « on n'a pas de pétrole mais on a des idées ».

Dans le domaine des transports les recherches concernant l'amélioration immédiate des consommations des véhicules se sont traduites par trois programmes distincts :

- un programme de court terme, fondé sur une meilleure utilisation des technologies existantes, a permis d'obtenir des gains de l'ordre de 30 %, rapidement répercutés sur les modèles commercialisés ;
- un programme de recherche (« voitures 3 litres ») destiné à tester différentes solutions techniques tant en ce qui concerne la motorisation que l'architecture du véhicule (matériaux, structure, aérodynamisme,...) sans critère de coût. Ces recherches ont permis de faire progresser significativement les nouvelles générations de véhicules ;
- un programme de véhicule industriel orienté sur le poids lourd grand routier dit « maxicode » a permis des progrès significatifs sur la motorisation, l'aérodynamisme et l'ergonomie des cabines : ceci s'est traduit par une diminution significative des consommations de ce type de véhicule.

Enfin la politique d'audit des flottes et de contrat d'entreprise avec les entreprises de transports routiers et maritime a permis, avec plus de 600 audits et 300 contrats, de toucher les plus importantes entreprises du secteur. Ceci a été complété par l'édition d'une cinquantaine de fiches techniques donnant bilan d'actions concrètes mise en place dans les entreprises et largement diffusée et appréciées par la profession.

Dans le bâtiment, la consommation d'énergie de chauffage a diminué de 12 % entre 1973 et 1997, alors que le parc immobilier a augmenté dans le même temps de 37 % : la consommation moyenne annuelle par logement a donc baissé de plus d'un tiers (-36 %). Si

l'on prend en compte l'augmentation de la surface moyenne des logements, la consommation de chauffage par m² chute encore plus. L'essentiel de cette baisse se produit après les deux chocs pétroliers (1973-1982) et se poursuit à un rythme beaucoup plus lent jusqu'en 1985-1987. Après un léger relâchement jusqu'en 1991, la consommation moyenne par logement diminue à nouveau de façon presque continue de 0,2 % par an.

Plusieurs effets de structure concourent à cette évolution, tels que le changement de combustible, le passage du chauffage central collectif au chauffage central individuel, le partage entre logements collectifs et maisons individuelles, le renouvellement du parc par des logements neufs mieux isolés, soumis à une réglementation thermique régulièrement renforcée. Dans une étude de mai 2000, le Ministère de l'équipement compare les consommations de chauffage⁴¹ de logements construits avant et après 1975 (première réglementation). Si la baisse est modeste pour les chauffages collectifs au fuel (- 6 % à - 7 %), elle est plus importante pour les maisons (de - 40 % à - 70 %). Les enquêtes du CEREN montrent que, toutes choses égales par ailleurs, la réglementation de 1975 a induit une baisse de la consommation de chauffage au mètre carré des nouveaux logements par rapport aux anciens, comprise entre 11 % et 18 % pour les maisons ou les appartements chauffés au gaz et entre 34 % et 40 % pour les logements à chauffage électrique. La réglementation de 1982 a eu un effet encore plus important pour le chauffage au gaz. Avec la troisième réglementation, en 1989, les consommations diminuent globalement de 40 % à 60 % par rapport à la situation antérieure à la réglementation de 1975.

Cet « effet logements neufs » est important puisqu'il contribue à une diminution de la consommation de chauffage de 0,4 % par an en moyenne depuis 1973 et de 0,3 % par an depuis 1991.

Au-delà des effets de structure, les évolutions de la consommation unitaire (par logement ou par mètre carré), très sensible aux augmentations de prix de l'énergie, traduisent des changements de comportement :

- en période de hausse des prix, elles traduisent plutôt des changements de comportement dans la vie quotidienne (réglage de la température) ;
- à l'inverse, lorsqu'on observe une diminution de consommation unitaire dans les périodes de stabilité des prix (1991-1997 par exemple), c'est probablement le résultat d'investissements effectués par les ménages (travaux d'isolation, renouvellement de chaudière, etc.).

A l'inverse, certaines actions n'ont pas eu le succès attendu.

La procédure de crédit bail, pourtant séduisante, le paiement du loyer pouvant être totalement compensé par les économies d'énergie réalisées, ne décolle qu'avec la création des Sofergies en 1980.

Dans le domaine des transports, l'opération lancée avec les constructeurs automobiles, de développement des indicateurs de bord affichant en temps réel la consommation instantanée de carburant, a été un échec. De même, on peut regretter que l'ensemble des résultats obtenus dans le cadre des programmes « voitures 3 litres », ne se soit pas traduit par la commercialisation de véhicules économiques d'entrée de gamme.

Dans le domaine de la production d'énergie, tous les objectifs poursuivis n'ont pas été atteints. S'agissant de la cogénération, EDF, mobilisé par le développement massif de son parc nucléaire, ne s'est pas investi dans le développement de la cogénération entre 1975 et

⁴¹ Sur la base de consommations unitaires observées en 1996 en kWh/m²

1985. Plus récemment, la cogénération a connu un développement rapide sous l'effet des obligations d'achat. Les premières tentatives pour développer les pompes à chaleur se sont soldées par un échec, malgré l'intérêt réel de certains, du mouvement HLM en particulier, notamment du fait de difficultés de structuration de la filière et d'organisation de la maintenance. Quand ces problèmes ont commencé à être surmontés, le contre-choc pétrolier était survenu et l'équation économique de la pompe à chaleur avait cessé d'être favorable.

4.2.2 La période du contre-choc pétrolier

Le contre-choc pétrolier de 1985 est brutal. Avec la fonte de la facture énergétique de la France (180 milliards de francs en 1985, 82 milliards en 1987)⁴² et un prix du pétrole durablement établi aux alentours de 15 \$ le baril, l'un des deux arguments justifiant le lancement de la politique de maîtrise de l'énergie – le déficit de la balance des paiements – disparaît. Reste le second – la dépendance énergétique. La question du maintien de cette politique comme priorité nationale se pose.

4.2.2.1 De l'AFME à l'ADEME

En 1987, les activités de l'AFME sont réorientées vers l'animation du marché de la maîtrise de l'énergie et de ses acteurs, au détriment du soutien financier aux investissements, avec trois priorités : la recherche (amélioration des performances, gisements d'économies d'énergie), la structuration et le soutien de l'offre des professionnels (produits, matériels, procédés), et enfin la mobilisation des utilisateurs (information, conseils). Malgré cette réorientation stratégique, tant les activités que les champs d'intervention de l'AFME restent à peu près identiques, mais ses moyens financiers et humains se trouvent réduits d'un tiers. Obligée de sélectionner des couples cible/produit, l'AFME choisit notamment de rendre les ménages conscients du poids de leur consommation d'énergie sur leur budget, et obtient, avec le temps, l'affichage des consommations courantes (voiture, électroménager, etc.) afin que le coût de ces consommations devienne un critère de choix. L'AFME renforce parallèlement son rôle d'animateur de réseaux d'acteurs et constitue des relais d'information à destination du grand public (associations de consommateurs, mais aussi installateurs, artisans et distributeurs de matériel de chauffage ou de matériaux d'isolation).

En 1988, le nouveau gouvernement affirme son soutien à la politique de régionalisation de l'AFME qui se traduit par la reconduction de relations contractuelles entre les Régions et l'AFME. Assurant une présence sur le terrain, les délégations régionales permettent l'insertion de l'agence dans le tissu industriel et social, à travers notamment les réseaux d'acteurs déjà cités.

A la suite du choc pétrolier, la majeure partie des pays européens s'est dotée de structures du type de l'AFME, soutenus en cela par la Commission européenne. En 1990, l'AFME initie, avec d'autres agences de maîtrise de l'énergie, la création d'un réseau, le « club EnR » (European Energy Network), dans le but de partager expériences et capacités d'analyse.

La fin des années 80 est également une période de prise de conscience des synergies entre maîtrise de l'énergie et protection de l'environnement, la réduction de la consommation d'énergies fossiles contribuant à réduire les émissions de gaz à effet de serre, les pluies acides et la pollution de l'air. Cette montée en puissance des préoccupations environnementales milite en faveur du rapprochement de plusieurs structures en charge de dossiers connexes, parmi lesquelles l'Agence pour la qualité de l'air (AQA), l'Agence

⁴² A cet égard, la chute du cours du dollar (de 11 FRF à 5,5 FRF) a eu un impact au moins aussi important que la baisse du prix du pétrole.

nationale pour la récupération et l'élimination des déchets (ANRED) et l'AFME. Au vu des synergies existantes, le gouvernement décide en décembre 1991 la création d'une agence unique, l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME).

4.2.2.2 Le tournant environnemental

En dépit de l'effet, certes ponctuel, de la guerre du Golfe sur le prix du pétrole, la maîtrise de l'énergie est jugée moins prioritaire que la politique environnementale. Bien implantée régionalement, efficace dans le montage de projets et la mobilisation de partenaires, l'AFME dispose d'atouts, mais ses moyens sont désormais considérés comme surdimensionnés. A l'inverse, l'AQA et l'ANRED dont les compétences techniques sont reconnues, ne sont pas dotées de moyens suffisants. La fusion des trois institutions permet d'affecter les moyens nécessaires à l'accomplissement des missions environnementales (valorisation et élimination des déchets, lutte contre la pollution de l'air, protection contre le bruit, réduction de la pollution des sols) et des missions de maîtrise de l'énergie (économies d'énergie et développement des énergies renouvelables). L'écueil de la marginalisation de certaines missions par rapport à d'autres, sous la pression de contraintes extérieures, n'est cependant pas évité.

La priorité est donnée à la politique de gestion des déchets, afin d'appliquer une loi de juillet 1992 disposant qu'en 2002, seuls les déchets ultimes pourraient être mis en décharge. Malgré l'appel des climatologues cette même année, à l'occasion de la conférence de Rio, les risques climatiques, moins faciles à appréhender que les atteintes à l'environnement, ne peuvent servir de levier pour relancer la maîtrise de l'énergie. Bien que se détériorant progressivement entre 1992 et 1997, le contexte énergétique n'incite pas non plus les pouvoirs publics à poursuivre leurs efforts dans ce domaine, ce qui provoque la dégradation du comportement, jusqu'alors économe, des agents économiques et tout particulièrement des ménages.

Si l'ADEME reprend les principaux axes d'interventions de l'AFME, aucun soutien financier aux investissements n'est accordé, aucune procédure financière pour la réalisation d'opérations de maîtrise de l'énergie n'est mise en œuvre. Avec un budget en baisse, elle étend néanmoins ses actions à trois domaines :

- les technologies sobres et propres (jusqu'à 10 % du budget d'intervention en 1993 et 1994) ;
- la création d'un club « Cogénération » en 1991, profitant de décrets parus sur le rachat de l'électricité ainsi produite pour faciliter la diffusion de cette filière sur le marché ;
- la promotion d'opérations de « Maîtrise de la demande d'électricité » (MDE) dans les secteurs industriel et résidentiel - tertiaire par le biais d'une convention signée en 1993 avec EDF.

Dans le cadre du club EnR, l'ADEME initie un projet « d'Indicateur de comparaison international » pour mesurer l'efficacité énergétique de douze pays européens, dont la méthodologie sera reprise en 1995 par la direction générale de l'énergie de la Commission européenne (programme Odyssée).

Dans le domaine du développement des énergies renouvelables, l'ADEME poursuit les objectifs de l'AFME à travers le soutien à des opérations de R&D et une aide au développement de technologies proches de la rentabilité. C'est à cette époque que le programme EOLE 2005 est lancé en partenariat avec EDF ; initié en 1996, ses effets ne se feront sentir que sur la période ultérieure.

Ce n'est qu'en février 1998, à la suite de la conférence de Kyoto, que le Gouvernement décide la relance de la politique de maîtrise de l'énergie essentiellement à travers une dotation supplémentaire attribuée à l'ADEME (à hauteur de 500 MF/an).

4.2.3 Le début du 21^{ème} siècle

En dépit de l'entrée en vigueur en 1994 de la Convention cadre des Nations unies sur les changements climatiques (UNFCCC), la perception des risques encourus est très progressive. Il faut attendre décembre 1997 et la conférence de Kyoto sur le changement climatique pour qu'un grand nombre de pays prenne conscience de la nécessité d'engager des actions préventives. Le Protocole du même nom est ratifié par la France dès juillet 2000. Dès lors, les deux problématiques énergie/environnement se trouvent étroitement liées, encadrées par des accords internationaux et européens devant être traduits par des dispositions nationales.

S'ouvre une période d'élaboration de grands plans nationaux, accompagnés de la création de nouveaux relais d'études et d'information tel que l'Observatoire national des effets du réchauffement climatique en France (ONERC) en mars 2002.

4.2.3.1 Le PNLCC

Les engagements souscrits par la France, à savoir stabiliser à l'horizon 2010 ses émissions de gaz à effet de serre au niveau atteint en 1990, se traduisent par une centaine de mesures concrètes touchant les secteurs de la production d'énergie, de l'industrie et des gaz fluorés, des transports, du bâtiment résidentiel et tertiaire, de l'agriculture, de la forêt et des déchets : il s'agit du Plan national de lutte contre le changement climatique (PNLCC), élaboré en 2000 par la Mission interministérielle de l'effet de serre (MIES). Reposant à 40 % sur des mesures de taxation de l'énergie qui n'ont jamais pu être appliquées, son bilan est au final très contrasté tant dans la mise en œuvre que dans l'évolution des différents secteurs.

4.2.3.2 Le PNAEE

Le plan National d'amélioration de l'efficacité énergétique (PNAEE) est lancé en parallèle quelques mois plus tard par le gouvernement (fin 2000), avec pour objectif de :

- faire évoluer la demande des Français (ménages et entreprises)
- favoriser l'investissement dans des projets ou technologies favorables à la maîtrise de l'énergie ;
- soutenir les modes de transports propres, les transports urbains, le fret ferroviaire
- relancer la maîtrise de l'énergie dans l'habitat, l'industrie et le tertiaire
- favoriser le développement des énergies renouvelables (notamment par l'octroi de 30 M€ d'autorisations de programmes et d'une centaine de postes supplémentaires à l'ADEME)

4.2.3.3 Le Plan climat 2004-2012

Destiné à permettre à la France d'atteindre, voire de dépasser, l'objectif du protocole de Kyoto, il succède au PNLCC en déclinant des mesures dans tous les secteurs de l'économie et de la vie quotidienne des Français. Il est bâti autour de grands axes tels que des campagnes nationales sur le changement climatique, des actions en faveur des transports durables, du bâtiment et de l'écohabitat, de l'industrie, de l'énergie, etc. Du fait d'un contexte énergétique en rapide évolution, une actualisation du plan Climat a eu lieu en novembre 2006, renforçant certaines mesures de 2004 et en prévoyant de nouvelles.

4.2.4 Les résultats en matière d'intensité énergétique

Après une première phase de réduction rapide des consommations, liée à l'élimination des gaspillages de 1974 et 1975, le rythme des économies d'énergie s'est stabilisé en 1977 et 1978 autour d'un Mtep en moins par an.

En 1979, une accélération notable est obtenue grâce aux comportements plus économes qui répondent à la relance des actions de communication de l'agence et au décollage des investissements d'économies d'énergie. Cette évolution se poursuit pendant 8 ans.

De 1973 à 1990, l'intensité énergétique baisse de 26 % ; cette évolution est différenciée selon les secteurs :

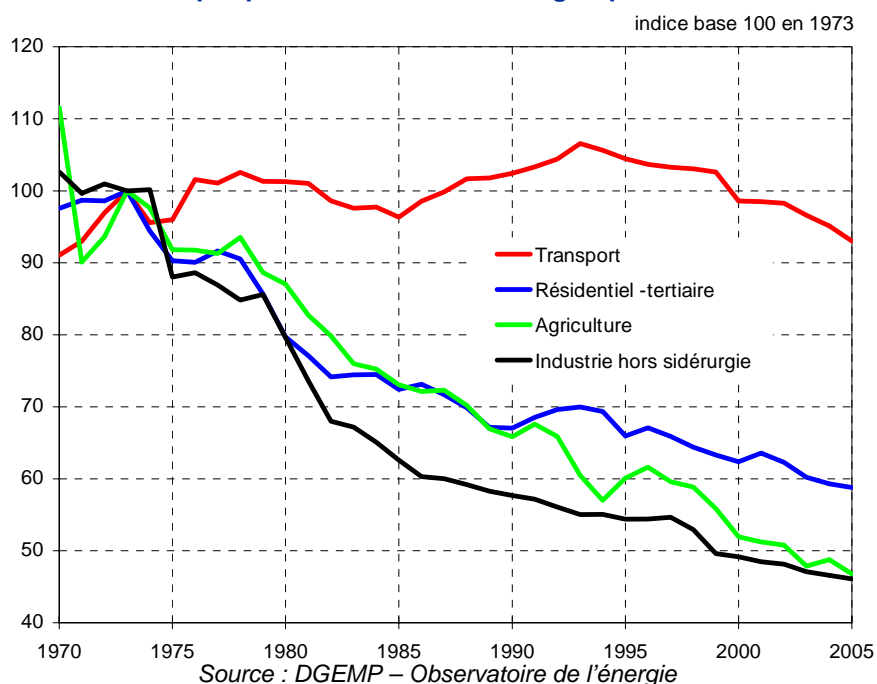
- forte dans le secteur industriel : - 38,8 %
- limitée dans le résidentiel : -10,3 %
- faible dans le secteur des transports : -5,5 %

Les progrès commencent à faiblir dès 1987. Ainsi, en 1990, l'intensité énergétique ne diminue que de 0,5 % alors que la baisse moyenne entre 1976 et 1986 est d'environ 2 %.

A partir de 1990, l'intensité énergétique cesse de diminuer, voire se remet à croître pendant quelques années puis recommence à baisser après 1995. Les évolutions des trois secteurs entre 1990 et 1997 sont encore une fois très différentes :

- l'intensité énergétique ne cesse pratiquement pas de diminuer dans le secteur industriel ;
- elle diminue également dans le secteur résidentiel et tertiaire mais la pente moyenne de la courbe est plus faible et elle a augmenté entre 1990 et 1994 ;
- les résultats les plus mauvais sont ceux du secteur des transports : après avoir baissé jusqu'en 1985, leur intensité énergétique augmente ensuite jusqu'en 1993 et ne diminue que très faiblement ensuite.

Graphique n° 28 : Intensité énergétique finale



En résumé, tous secteurs confondus, la baisse de l'intensité énergétique en France a été en moyenne de - 3,2 % par an de 1973 à 1982, mais s'est considérablement ralentie depuis : - 1,1 % par an de 1982 à 1990 et seulement - 0,9 % depuis 1990. Le début du 21^{ème} siècle avait été plus favorable, atteignant - 2,6 % en 2003, mais les deux années suivantes sont à cet égard un peu décevantes (seulement - 1,4 % en 2004 et - 1,6 % en 2005). La loi de programme du 13 juillet 2005 fixe pour objectif que le rythme annuel de baisse de l'intensité énergétique finale soit porté à - 2 % par an d'ici à 2015 (résultat qui semble avoir été atteint en 2006) et à - 2,5 % par an d'ici à 2030, ce qui nécessitera une nette reprise des efforts d'économies d'énergie.

Tableau n° 16 : Evolution de l'intensité énergétique en France

Intensité énergétique (TCAM)	1973-1982	1982-1995	1995-2005	1973-2005
Industrie	-4,9 %	-2,2 %	-1,9 %	-2,9 %
Résidentiel-Tertiaire	-3,2 %	-0,9 %	-1,1 %	-1,6 %
Transports	-0,2 %	+0,4 %	-1,2 %	-0,2 %
Tous secteurs	-3,1 %	-0,9 %	-1,4 %	-1,7 %

Source : DGEMP – Observatoire de l'énergie

4.2.5 Les enseignements à tirer

4.2.5.1 La nécessité d'un soutien politique fort

Après le premier choc pétrolier, la politique nouvelle et très efficace de maîtrise de l'énergie n'a pu être menée à bien que grâce à un engagement politique fort sur ces sujets, au plus haut niveau de l'Etat. Tout au long de son septennat, Valéry Giscard d'Estaing a soutenu fermement la politique d'économies d'énergies et ses principaux collaborateurs ont fait de même : Michel d'Ornano, Raymond Barre, André Giraud.

La conviction et les messages forts des hommes politiques sont une composante essentielle du succès dans ces domaines, pour deux raisons principales :

- Pour convaincre les consommateurs et les producteurs de faire des efforts, il faut leur en expliquer les raisons. Dans ce domaine, l'action politique ne doit pas se limiter à la prise de « bonnes » décisions ; il faut que les acteurs économiques en perçoivent la nécessité, car l'efficacité des mesures passe souvent par des décisions individuelles qui ne peuvent pas être imposées dans un système démocratique.
- il faut agir à travers des politiques publiques diverses : politique du logement, du transport, politique industrielle, fiscale... Une action opérante dans le domaine de l'efficacité énergétique passe par la cohérence de l'action publique dans tous les secteurs. Seul un engagement fort du gouvernement permet d'assurer cette cohérence.

4.2.5.2 La pérennité des actions ...

L'évolution de l'intensité énergétique par secteur au cours des trente dernières années et la situation actuelle dans certains domaines montrent que ces politiques doivent être menées dans la durée. Les périodes de ralentissements des efforts font perdre une partie de l'efficacité des politiques menées antérieurement :

- ainsi, la réglementation suscitée par l'agence pour inciter à économiser l'énergie a en partie été abandonnée et est tombée en désuétude. Il est rare, toutefois, que l'on revienne en arrière sur les mesures réglementaires fixant des normes ou des seuils à ne pas dépasser, mais on ne les fait plus progresser au même rythme et l'on prend du retard par rapport au progrès technique ;
- parallèlement, les « métiers » liés à la maîtrise de l'énergie se sont étiolés et la dynamique des politiques est aujourd'hui freinée par une insuffisance quantitative et qualitative de l'offre professionnelle, qu'il s'agisse des bureaux d'études ou des métiers du bâtiment ;
- les campagnes de communication sur les « bons » comportements ont dû être reprises « à zéro » après la forte augmentation du prix du pétrole en 2003.

4.2.5.3...menacée par l'évolution du prix de l'énergie...

Or, l'expérience de ces trente dernières années met également en évidence l'extrême sensibilité de ces politiques au prix de l'énergie, et plus spécialement à l'évolution du prix du pétrole, pour deux raisons :

- Une raison « psychologique » : la baisse du prix de l'énergie qui résulte d'un retour à « l'abondance » fait vite oublier aux acteurs économiques et politiques les risques encourus pendant la période de hausse précédente, ce qui conduit à relâcher la vigilance et à desserrer les anciennes mesures de contrainte ou d'incitation. L'effort dans ce domaine étant lié, comme on vient de le dire, à la force de conviction des décideurs, leur retrait sur ces sujets est extrêmement pénalisant.
- Une raison « économique » : la rentabilité des investissements dédiés aux économies d'énergie s'affaiblit et conforte l'absence de motivation « psychologique ». Le cas des entreprises, qui ont probablement le comportement le plus économiquement rationnel, illustre bien cette situation : pendant les années 90, elles n'ont pas complètement arrêté les investissements dans ce domaine mais elles se sont contentées de remplacer des équipements vétustes par des équipements plus performants en matière énergétique alors que dans les années 70 (voire aujourd'hui) le gain énergétique pouvait à lui seul motiver le changement d'un équipement, encore opérationnel.

La forte variabilité du prix de l'énergie constitue donc une menace pour la pérennité des politiques de maîtrise de l'énergie, les objectifs de sécurité et d'indépendance énergétique étant, eux aussi, progressivement perdus de vue au fur et à mesure que l'offre retrouve un niveau suffisant par rapport à la demande. Or, l'industrie énergétique étant très capitalistique, elle connaît régulièrement des périodes de « sous » et de « sur » capacités responsables en partie des évolutions des prix eux-mêmes. Cela est observé sur les marchés pétroliers, libéralisés de longue date, et sur les marchés gaziers où les investissements très lourds en gazoducs et terminaux méthaniers se font parfois avec retard. Dans le secteur électrique, il est possible que la cyclicité, jusqu'alors « gommée » par les investissements lissés des monopoles historiques, s'accroisse avec l'ouverture des marchés.

4.2.5.4...et confortée par la protection de l'environnement

A l'inverse, le souci de la protection de l'environnement peut assurer une certaine pérennité aux politiques de maîtrise de l'énergie. Ainsi, la conférence de Rio en 1992 a ranimé un certain intérêt pour ces politiques, les préoccupations de développement durable étant peu compatibles avec des modes de vie et de production reposant sur la consommation des

énergies fossiles, du fait du caractère « fini » de ces ressources, même si ce terme est plus ou moins lointain. Les travaux conduits sur la qualité de l'air ont également soutenu à l'époque un regain d'intérêt pour l'efficacité énergétique. Cela suppose cependant que la distinction entre pollution de l'air au niveau local et effet de serre soit correctement expliquée, notamment parce que les techniques de dépollution ont en général un coût énergétique de plus en plus élevé avec le niveau de dépollution requis.

Mais c'est surtout la signature du protocole de Kyoto et la progressive reconnaissance de l'importance des problématiques liées au changement climatique qui ont permis une véritable relance de ces politiques tant en France que dans la plupart des autres pays. La « durabilité » des efforts qu'il faudra faire pour réduire les émissions de gaz à effet de serre devrait désormais assurer une certaine « pérennité » aux politiques de maîtrise de l'énergie. Mais cela suppose que l'on explique bien aux acteurs économiques et aux citoyens les « deux bonnes raisons » de maîtriser l'énergie et que la communication sur ces sujets soit menée de front et non de manière alternative, en utilisant par exemple les arguments environnementaux uniquement lorsque les arguments « économiques » ne suffisent plus.

4.2.5.5 La multiplicité des outils doit s'adapter à la réduction du rôle de l'Etat et ne pas négliger les actions de contrôles

La nécessité de recourir à toute la palette des outils n'a pas toujours été évidente. Dans les années 80/90, par exemple, les recommandations de l'OCDE ne plaidaient guère en faveur des réglementations, la priorité étant donnée à l'outil « prix de l'énergie ». Ce type de discours est caractéristique des périodes de faible intérêt pour les politiques énergétiques. En revanche, les politiques mises en place après le premier choc pétrolier comme celles déployées aujourd'hui font appel à toute la gamme ou presque des outils disponibles. Cette diversité s'explique par la multiplicité des cibles (entreprises, collectivités locales, administration, grand public) et des secteurs économiques concernés (industrie, transports, bâtiment, agriculture, énergie). Selon les sujets, il faut développer la recherche, réglementer, inciter, former, communiquer...

Il est remarquable de constater que la plupart de ces outils ont été développés dès les années 70 et que les nombreuses innovations de l'époque sont toujours en place (ADEME) ou mises en œuvre : campagne de communication, opérations de démonstrations et opérations exemplaires, financement de la recherche, réglementation thermique, incitations fiscales... On note cependant le développement d'un nouveau type d'outils « mixtes », alliant la contrainte réglementaire et le marché : les systèmes de quotas pour les émissions ou les certificats d'économies d'énergie.

Toutefois, la palette des outils à la disposition de l'Etat s'est réduite progressivement :

- sous l'effet de la construction européenne qui limite les capacités d'intervention unilatérale des Etats membres dans un certain nombre de domaines,
- sous l'effet de la politique d'ouverture et de libéralisation des marchés qui a fait disparaître notamment les capacités d'action par l'intermédiaire des opérateurs publics du domaine,
- sous l'effet enfin de la décentralisation qui a transféré des compétences aux collectivités territoriales, l'Etat ne pouvant plus définir seul un certain nombre de politiques et mettre ainsi en place des politiques unifiées sur l'ensemble du territoire.

Ces évolutions majeures nécessitent une adaptation des outils et des politiques menées, afin d'intégrer plus et mieux :

- la dimension européenne,
- l'action internationale au niveau mondial,

- l'action partenariale avec les collectivités territoriales.

Parallèlement, l'Etat a tendance à négliger les activités de contrôle et de sanction pour lesquelles son rôle n'est pas contesté et sa responsabilité reconnue. Ainsi, parallèlement à la mise en œuvre d'une réglementation de plus en plus fournie et complexe, les moyens de contrôle sont restés limités et se sont même parfois réduits, restreignant ainsi l'efficacité des réglementations elles-mêmes. Récemment, l'action menée en matière de sécurité routière, avec ses conséquences sur la vitesse et sur les consommations de carburants, a parfaitement illustré la nécessité de politiques de contrôle. A l'inverse, le respect de la réglementation thermique dans les bâtiments n'a jusqu'ici fait l'objet que de peu de sanctions. Ce n'est pas le moindre intérêt de la mise en place du DPE (diagnostic de performance énergétique) que de donner de nouveaux outils au contrôle de cette réglementation.

4.2.5.6 Le rôle déterminant du prix de l'énergie

Cependant il ne faut pas sous-estimer l'impact des prix sur l'exigence de sobriété, l'économie potentielle étant un élément fort dans l'évolution des comportements et des actes d'achat ou d'investissement. D'ailleurs, les outils fiscaux, qui ne sont pas les moins efficaces, qu'il s'agisse de taxes ou de crédits d'impôts, reposent également sur ce principe. Mais l'élasticité/prix de la consommation d'énergie peut paraître faible. En effet :

- Elle dépend beaucoup de la « rationalité » économique des acteurs, qui est certainement plus forte dans les entreprises que chez les particuliers. Toutefois, cette rationalité a eu aussi pour conséquence une progression plus rapide de l'efficacité énergétique dans le secteur de l'industrie que dans les autres secteurs, notamment pendant la période où l'évolution des prix était la moins forte, brouillant ainsi les raisonnements sur l'élasticité/prix.
- Elle dépend beaucoup aussi du niveau de dépendance de chaque acteur économique dans le domaine de l'énergie. Modifier profondément à court terme sa consommation d'énergie n'est en général pas aisé. Cela passe par des changements de matériels ou d'organisation qui, d'une part, ne peuvent pas être immédiats, et qui, d'autre part, nécessitent des investissements qui ne seront faits que si la pérennité de l'évolution des prix est reconnue.
- La hausse du niveau de vie et la part réduite des dépenses consacrées à l'énergie dans le pouvoir d'achat des Français ont aussi émoussé leur réactivité face à une augmentation des prix de l'énergie.

L'élasticité à court terme est donc en général faible (de l'ordre de - 0,3), même si elle n'est pas négligeable. On constate aujourd'hui, par exemple en France , une diminution de l'usage de la voiture individuelle au profit des transports publics, avec la réduction des consommations qui l'accompagne. Mais, cela reste marginal, la voiture étant dans de très nombreux cas sans substitution possible à court terme.

En revanche, à moyen terme, l'élasticité prix est plus forte et le maintien d'un prix élevé des carburants conduit à faire évoluer la gamme des véhicules produits et achetés vers de moindres consommations et, à long terme, à faire évoluer les formes d'urbanisme, l'étalement urbain accompagné de l'éloignement domicile-travail étant facilité par un prix du transport individuel faible. L'effet structurant des prix sur l'évolution des besoins d'énergie à terme, quel que soit le secteur, ne doit donc pas être sous-estimé, des prix faibles encourageant des modèles très consommateurs (cf. les consommations des véhicules aux Etats-Unis) alors qu'une perspective d'évolution des prix à la hausse à moyen/long terme facilite le développement de produits ou d'organisation plus efficaces énergétiquement.

Aussi, est-il intéressant de noter que, dans les années 70, la rapide augmentation des prix du pétrole n'a pas entraîné le développement de politiques « sociales » ou « compassionnelles » visant à compenser pour le consommateur les effets directs de la hausse des prix. A l'époque, les politiques de maintien « artificiel » d'un prix bas ou stable s'appliquaient essentiellement aux énergies d'origine nationale et avaient donc pour objectif de promouvoir l'indépendance énergétique nationale ou de protéger des activités économiques : subvention au charbon en Allemagne, soutien du gaz de Lacq ...

En ce qui concerne la demande, les efforts ont plutôt porté sur les aides permettant d'orienter la consommation à la baisse, ce qui avait « naturellement » pour effet de diminuer aussi la facture. Il n'en est plus complètement de même depuis quelques années : la TIPP flottante avait directement pour objectif d'annuler l'effet de la hausse des prix du pétrole ; aujourd'hui, la politique des tarifs dans le domaine du gaz, la prime à la cuve pour aider les plus défavorisés à payer leur facture de fuel ou le chèque transport « carburant » viennent contrarier l'efficacité de l'effet prix dans la mise en œuvre des politiques d'efficacité énergétique.

4.2.5.7 Le bâtiment : efficacité et limites de la réglementation

Depuis 1975, la réglementation a été un outil très efficace de progrès dans le domaine du résidentiel – tertiaire.

Elle a permis de faire progresser très significativement l'efficacité énergétique des bâtiments neufs. En particulier, la réglementation joue un effet de cliquet qui évite les retours en arrière quand l'intérêt pour l'énergie s'amenuise. Toutefois, l'effort dans ce domaine n'a pas été soutenu au même rythme pendant l'ensemble de la période. Ainsi, il n'y a pas eu de réglementations nouvelles entre 1988 et 2000. En revanche le rythme s'est à nouveau accéléré depuis, puisqu'une nouvelle réglementation est applicable depuis juillet 2006 avec une avancée de 15 % par rapport à la précédente et que la loi POPE a prévu qu'entre 2000 et 2020 les progrès des réglementations qui doivent intervenir tous les 5 ans seront de 40 % au total.

Toutefois, la comparaison de l'efficacité des bâtiments français avec ceux de certains de nos voisins montre qu'il y a encore beaucoup d'efforts à accomplir et que les techniques permettent de viser beaucoup plus haut que la réglementation. Celle-ci n'est en effet jamais fixée au niveau maximum de ce qu'il est possible de faire mais au niveau qui est considéré comme « acceptable » par les parties concernées. Les nouvelles pratiques qui consistent à fixer désormais le rythme et le niveau des évolutions à venir, sans complètement supprimer cet inconvénient, devrait permettre toutefois d'entrer dans une démarche de progrès continus qui pourront être anticipés par les professionnels.

Cela suppose que ces politiques soient accompagnées d'actions fortes et systématiques de formation des professionnels aux nouvelles techniques et pratiques rendues nécessaires par les progrès de la réglementation. L'ampleur de la tâche aujourd'hui est énorme et nécessite une mobilisation de tous les acteurs concernés par ces questions de formation, à la fois initiale et continue.

Enfin, la réglementation n'a jusqu'à présent concerné que les constructions neuves alors que celles-ci contribuent essentiellement à l'accroissement du parc de résidences principales, au taux de 1 % par an, et dans une faible mesure, à son renouvellement et que les bâtiments anciens ont une très mauvaise efficacité énergétique en général⁴³. Il est donc prioritaire de

⁴³ Cf. quelques données chiffrées en p. 72.

mettre en place des réglementations et des moyens de contrôle qui s'appliqueraient aux rénovations et de disposer de moyens financiers pour faciliter leur mise en œuvre, comme le permet déjà le crédit d'impôt. La mobilisation des réseaux bancaires notamment serait très utile ; c'est dans cette perspective qu'a été conçu la transformation des CODEVI en livret développement durable et l'augmentation de leur plafond, de manière à permettre aux banques de disposer de ressources supplémentaires défiscalisées et donc peu coûteuses pour offrir aux ménages des prêts pour la maîtrise de l'énergie.

4.2.5.8 Les transports : efficacité et limites du soutien public

En dehors des prix, les principaux instruments de politique énergétique dans le secteur des transports sont :

- la réglementation qui a surtout été utilisée pour la lutte contre la pollution et les nuisances, ou en faveur de la sécurité, mais peu pour infléchir la politique énergétique dans les transports ;
- les subventions pour l'utilisation de véhicules ou modes de transports économes, comme par exemple les subventions à l'achat de véhicules neufs (prime Balladur) ou les subventions à l'exploitation de modes que l'on veut favoriser (primes pour le transport combiné) ;
- les actions publiques pour le développement d'infrastructures en faveur de modes peu consommateurs (développement du rail, des transports collectifs en zone urbaine) ;
- les actions sur l'organisation de l'espace et la localisation des activités.

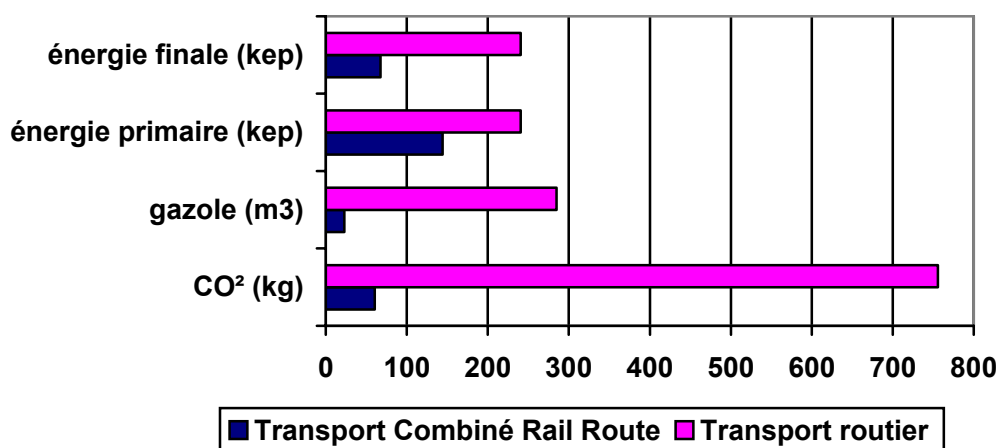
Dans le domaine du transport, le signal-prix envoyé jusqu'ici n'a pas été suffisant pour induire un changement de comportement significatif. Il est plus efficace de développer un système d'outils combinant le prix (toujours nécessaire) et une dimension contraignante (de type accords volontaires, quotas, etc.).

Les incitations aux changements de mode de transport ont fait l'objet d'une analyse du Commissariat général du plan en 2003. Il en ressortait que leur efficacité était limitée : le transport combiné n'en a tiré que de faibles taux de croissance, et ce en dépit de dépenses publiques importantes. Le report modal a été faible et la baisse de consommation énergétique encore plus ; en effet le report d'un transport de la route vers le transport combiné réduit mais n'annule pas les trajets par route, qui sont nécessaires pour les acheminements terminaux, lesquels sont alors particulièrement énergétivores.

Cette dernière remarque est valable pour tous les transferts modaux. Certes, les consommations énergétiques moyennes sont très variables selon les différents modes, les transports par automobile ou camion ayant une consommation moyenne plus forte que par fer ou voie navigable ; mais lorsqu'un système de subventions incite à des transferts modaux, ce ne sont pas les consommations moyennes qui sont en jeu. Ainsi ce sont des trafics routiers déjà performants (par exemple les transports de marchandises sur longue distance) qui sont transférés sur le rail ; et il faut leur ajouter des parcours terminaux routiers consommateurs en énergie. Au total le gain énergétique est bien sûr inférieur à celui qui résulterait de la comparaison des consommations moyennes des modes, mais il reste néanmoins réel et permet également une diversification énergétique vers l'électricité lorsqu'il y a recours au rail [graphique n° 29].

Graphique n° 29 : Exemple de bilan énergétique entre route et transport combiné

liaison Paris Toulouse [valeur 2000 pour une unité de transport intermodal avec des parcours routiers d'approche et final de 30 km]



Source : ADEME

4.2.5.8.1 La politique d'infrastructures

Ces considérations s'appliquent à la politique d'infrastructures, dont le rendement énergétique est très mauvais. D'abord les trafics transférés ne sont pas ceux auxquels s'appliquent les consommations moyennes par mode. Ensuite les transferts modaux sont très faibles au regard des enjeux énergétiques et compte tenu des parts respectives de la route (80 % du total des trafics) et des autres modes. On voit bien apparaître sur les études de trafic effectuées à l'occasion des évaluations de projets d'infrastructures que les reports de la route vers le fer ou vers la voie d'eau ne représentent que quelques années (souvent pas plus d'une à deux) de croissance du trafic routier sur la liaison en cause. Ceci est confirmé par les études d'élasticité qui montrent que les élasticités croisées entre modes sont faibles. Enfin, après que la politique d'adossement largement utilisée pour la construction du réseau autoroutier sous concession a dû être abandonnée sous l'injonction de la Commission européenne, la politique d'infrastructures est apparue extrêmement coûteuse en fonds publics, comme le montrent les analyses économiques de récents projets ferroviaires ou de voies navigables, qui nécessitent des subventions publiques de l'ordre de 70 à 80 % de leur coût. Les difficultés de transfert, de la route vers le fer par exemple, tiennent néanmoins beaucoup plus à la moindre qualité de service du fer (durée, ponctualité) qu'à l'insuffisance de ses infrastructures. Soulignons cependant qu'un investissement en infrastructure alternative à la route (chemin de fer notamment, mais pas seulement) constitue un facteur de réduction de la fragilité du secteur des transports dépendant à 98 % d'une source d'énergie unique : le pétrole.

4.2.5.8.2 L'organisation spatiale des activités économiques

On a aussi prôné les actions sur l'organisation de l'espace et sur les formes de l'activité économique mais peu de décisions ont été prises en ce sens. En terme d'organisation de l'espace, on recommande l'adoption de formes urbaines propices aux transports en commun moins énergivores. Toutefois les actions en ce domaine sont très lentes à produire leurs fruits, elles nécessitent une continuité d'action rare, et les analyses statistiques menées à leur sujet montrent que leurs effets sont faibles.

Une autre forme de ce type d'action structurelle réside dans le désir de découplage entre l'activité économique et les transports. A ce titre, on a mis en accusation les méthodes modernes de gestion de la production fondées sur un recours important à la technique du « flux tendu », et jugées en général génératrices de transports. Mais les efforts de découplage des transports et de l'activité économique, lorsqu'ils ne sont pas fondés sur une politique de prix, se sont avérés rares et peu efficaces.

Au total, les politiques d'économie d'énergie dans les transports qui ne s'appuient pas sur une bonne coordination des outils, et en particulier sur des instruments de prix, sont à la fois peu efficaces en termes énergétiques et très coûteuses en termes de fonds publics.

4.2.5.8.3 *La non intégration des externalités*

Les principaux coûts externes dans le domaine des transports sont les accidents, la pollution atmosphérique, le bruit, la congestion (embouteillage)... La pollution atmosphérique et les changements climatiques représenteraient près de la moitié de ces coûts externes (hors congestion). Le transport routier est responsable d'une grande partie de l'augmentation, actuelle et future, de ces coûts, suivi par le transport aérien.

D'une façon générale, la connaissance des coûts externes pour chaque mode de transport est un outil indispensable pour permettre aux autorités responsables de donner des signaux au marché et d'orienter les consommateurs vers les modes de transport les plus respectueux de l'environnement. Deux stratégies peuvent être utilisées pour réduire les externalités :

- l'internalisation des coûts consistant à faire en sorte que chaque usager paie la totalité des coûts sociaux liés à chaque trajet et à l'inciter ainsi à réduire l'ampleur du problème (on a montré que sur le long terme tout au moins, la majorité des comportements en matière de transports sont fortement influencés par les coûts et les prix des transports) ;
- l'approche réglementaire tentant de limiter les externalités sans recourir au mécanisme des prix pour modifier les comportements.

4.3 *Les politiques de développement de l'offre énergétique*

En matière d'offre, les politiques économiques visent, depuis les années 70, à assurer la sécurité énergétique du pays, par une augmentation de l'offre d'origine nationale, la diversification des approvisionnements ainsi que la diversification des sources d'énergie utilisées. Comme pour la demande, ces politiques prennent de l'ampleur lorsqu'il y a un risque de crise majeure.

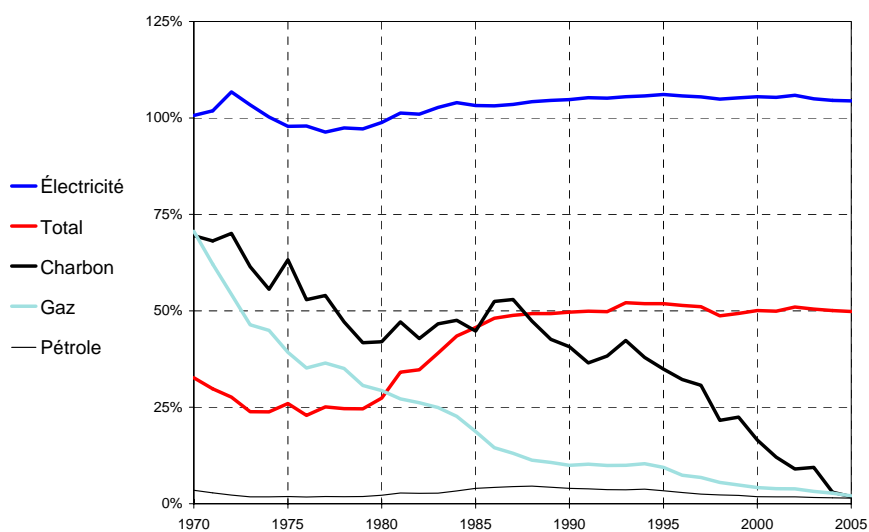
4.3.1 *L'augmentation de l'offre énergétique nationale : le parc nucléaire*

L'augmentation de l'offre nationale a essentiellement consisté à créer et développer un parc de production d'électricité nucléaire qui a permis de sensiblement réduire la dépendance nationale par rapport aux énergies importées [graphique n° 30]. Le taux d'indépendance énergétique français qui était de moins de 25 % au début des années 70, se situe depuis la fin des années 80 aux alentours de 50 %. Nettement inférieur à celui de nos voisins européens au cours des années 1970, il est désormais dans la moyenne européenne.

La politique menée dans ce domaine a donc atteint les résultats poursuivis en terme de dépendance énergétique même si, fondée sur des hypothèses de croissance de consommation trop importante, elle a dû être sensiblement réduite en cours de période. La France est toutefois restée pendant une longue période en situation de surcapacité électrique, partiellement compensée par le développement des exportations. Souvent négatif

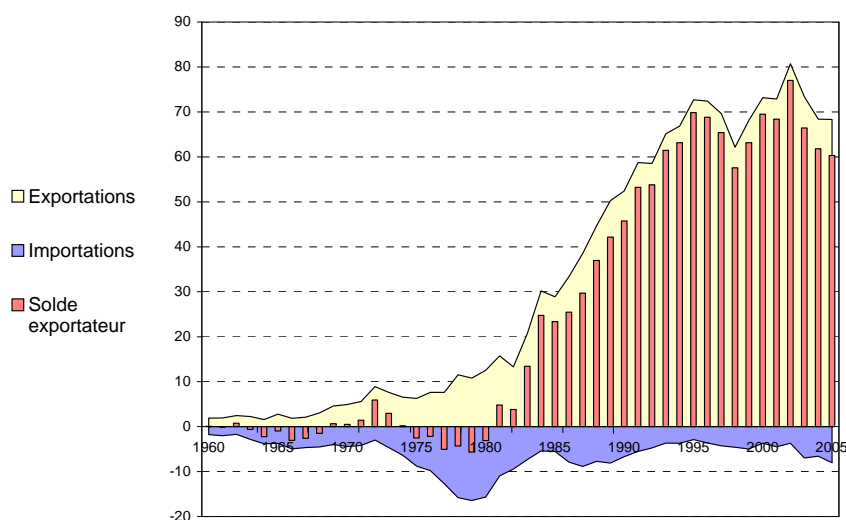
jusqu'à la fin des années 80, le solde des échanges d'électricité est ensuite devenu excédentaire, atteignant un maximum de 77 TWh en 2002 [graphique n° 31].

Graphique n° 30 : Indépendance énergétique par type d'énergie (en %).



Source : DGEMP – Observatoire de l'énergie - Bilan énergétique de l'année 2005 en France

Graphique n° 31 : Commerce extérieur d'électricité depuis 1960 (en TWh).



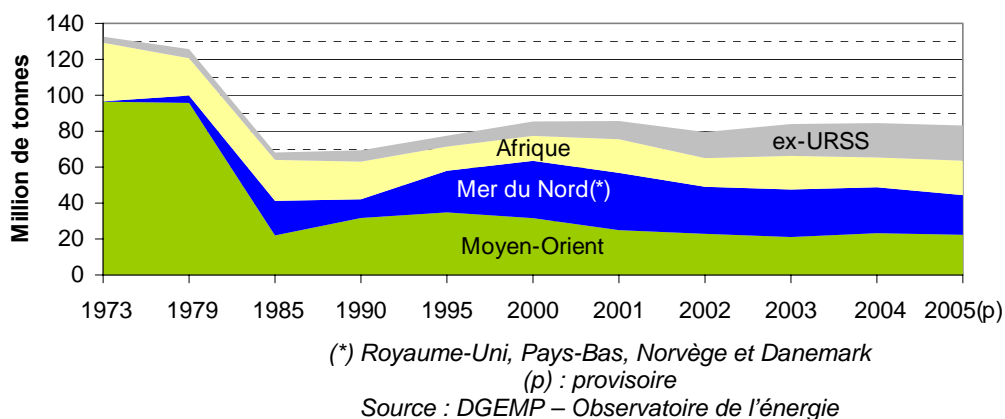
Source : DGEMP – Observatoire de l'énergie - Bilan énergétique de l'année 2005 en France

4.3.2 La diversification des approvisionnements

De 1973 à 1985, une grande diversification géographique des importations de pétrole brut intervient, avec une très forte diminution de la part du Proche Orient (71 % en 1973, 27 % en 2005), l'apparition de la Mer du Nord (0 % en 1973, 26 % en 2005) et les contributions accrues de l'Afrique noire (11 %) et de la CEI (23 %).

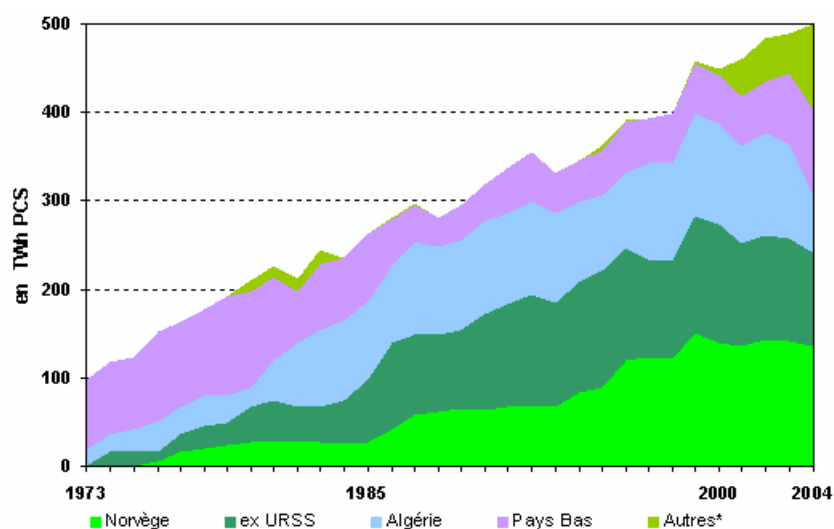
En 2005, la première région productrice de pétrole est le Moyen-Orient (31 %) suivie par l'Amérique du Nord (16,5 %) et l'ex-URSS (12,1 %).

Graphique n° 32 : Importations de pétrole brut par pays d'origine



La politique d'approvisionnement en gaz naturel se caractérise par une grande diversification des provenances dès le début des années 1980. Elle se caractérise également par des contrats de long terme (25 ans en moyenne) qui assurent la sécurité des approvisionnements. En 2005, 28 % du gaz importé arrive de Norvège, 21 % de Russie, 12 % d'Algérie et 19 % des Pays-Bas.

Graphique n° 33 : Importation de gaz naturel par pays d'origine



Source : DGEMP - Observatoire de l'énergie

4.3.3 La diversification du mix énergétique

Au cours de la seconde moitié du 21^{ème} siècle, la consommation d'énergie a connu trois phases principales :

- jusqu'en 1973

La reconstruction d'après guerre et le développement économique des « Trente glorieuses » ont provoqué une croissance rapide de l'usage des énergies fossiles poussant la France à utiliser ses ressources énergétiques immédiatement disponibles (gisement de gaz naturel de Lacq, mines de charbon, faible production nationale de pétrole). La production d'électricité est essentiellement à base de fioul. Relativement pauvre en énergies fossiles par rapport à d'autres pays européens, la France cherche très vite à remplacer la « houille noire » par la « houille blanche ». Dans les années 1950, elle lance un programme de construction de grands barrages pour tirer parti de son potentiel hydraulique.

- de 1973 à 1986

En réaction aux chocs pétroliers de 1973 et de 1979-1980, la France comme d'autres pays industrialisés cherche à privilégier le développement d'une offre nationale d'énergie. Les seules énergies industriellement envisageables à l'époque étaient l'électronucléaire et les énergies renouvelables. Elle lance donc un ambitieux programme nucléaire. EDF remplace ses centrales au fioul par des centrales au charbon.

- de 1986 à aujourd'hui

Avec la reprise modérée de la consommation totale, le *mix* énergétique français s'est progressivement stabilisé [tableau n°17].

Tableau n° 17 : Variation de la structure du mix énergétique entre 1990 et 2005

(corrigée du climat)

en point de %	Variation annuelle moyenne entre 1990 et 2005
Charbon	-0,2 pt
Pétrole	-0,3 pt
Gaz	+0,2 pt
Électricité (*)	+0,4 pt
ENR et déchets	-0,1 pt

(*) nucléaire, hydraulique, éolien et photovoltaïque

4.3.4 L'ouverture des marchés

Sur la fin de la période, la politique européenne d'ouverture des marchés de l'énergie à la concurrence a modifié les règles du jeu et les acteurs ont dû adapter leurs comportements à ce nouveau contexte. Dans l'ensemble, la vitesse de cette ouverture n'a pas été correctement anticipée en France (cf. en particulier les directives de 2003 imposant pour 2004-2007 l'ouverture complète des marchés que beaucoup d'observateurs français croyaient impossible dans les années 90).

En revanche, si les variations très importantes des prix de gros de l'électricité consécutives à l'ouverture ont pu surprendre nombre d'observateurs non spécialistes, persuadés que la mise en concurrence ne pouvait « que faire baisser les prix », elle n'a pas été une véritable surprise pour les professionnels du secteur. En effet, la baisse brutale constatée dans un premier temps était la conséquence logique des surcapacités dont disposait la plus grande partie de l'Europe au nom de politiques de sécurité (les prix sont alors tombés dans plusieurs pays dont l'Allemagne, premier marché du continent, au niveau des coûts marginaux de court terme). De même la hausse constatée dans un deuxième temps est la conséquence logique de la tension entre l'offre et la demande qui s'est manifestée une fois les surcapacités résorbées.

4.3.5 Les enseignements à tirer

4.3.5.1 L'offre énergétique : une préoccupation insuffisante hors des périodes de crise

Alors que les objectifs des politiques énergétiques en matière d'offre ont peu varié dans le temps, le niveau et la composition de l'offre énergétique ne deviennent réellement des sujets de politique publique qu'en période de crise ou de rupture possible. Ainsi, le lancement du programme nucléaire est très étroitement lié à la crise de 1973. Le développement du parc

nucléaire et ses surcapacités ont ensuite conduit à porter moins d'intérêt à ces questions jusqu'à la période actuelle. Le sujet revient aujourd'hui sur le devant de la scène parce que :

- nombre de pays, y compris très voisins, ont connu des « *black out* » plus ou moins graves qui ont mis en évidence la fragilité de l'équilibre actuel dans nos pays développés,
- la France elle-même s'est trouvée à plusieurs reprises, notamment pendant la canicule de 2003, dans une situation tendue, qui conduit à mettre ou remettre en service de nouvelles capacités,
- les tensions internationales et l'augmentation de la demande des pays émergents en matière d'hydrocarbures ont rappelé que notre offre électrique laisse tout de même subsister une dépendance vis-à-vis d'autres sources d'énergie.

On constate alors, dans la plupart des pays développés, des capacités de production tendues dues à des investissements trop faibles, une organisation des approvisionnements peu performante, notamment dans le domaine du gaz, un système de distribution qui ne permet pas d'utiliser au mieux les capacités disponibles, en matière d'électricité en Europe en particulier. Tous ces éléments ont été très peu anticipés par les politiques énergétiques des différents pays, y compris en France.

Les investissements sont aujourd'hui en train de reprendre dans les différentes filières énergétiques. En raison du manque d'interconnexions électriques et d'un manque de fluidité dans le marché du gaz (difficultés d'accès aux capacités de transit) ce développement se fait sur une base encore très nationale, ce qui empêche de tirer entièrement parti des complémentarités en Europe.

4.3.5.2 La libéralisation des marchés, des conséquences encore mal connues, une régulation nécessaire

La libéralisation des marchés, la disparition progressive des monopoles publics et l'apparition de nouveaux entrants ont sur l'offre d'énergie des conséquences importantes, encore difficilement mesurables.

- L'augmentation du nombre d'acteurs, en faisant jouer la concurrence, devrait permettre de diversifier les offres, notamment de développer des propositions commerciales reposant sur le « service énergétique fourni » plutôt que sur la quantité d'énergie vendue.
- A l'inverse on peut craindre que le poids de la rentabilité à court terme ne soit renforcé, limitant les investissements nécessaires pour assurer la production nécessaire à moyen/long terme ; il y aurait donc un risque d'accentuation du caractère cyclique de l'évolution des prix de l'énergie reposant sur une succession de période de tension sur les capacités de production puis de surcapacités, les acteurs réagissant ensemble et de la même manière aux mêmes signaux prix.

Les conséquences de ces évolutions dépendront grandement du fonctionnement des marchés, de leur transparence, de leur fluidité et donc, comme pour tout marché, de l'existence d'un système de régulation efficace adapté à la taille des marchés et à l'importance stratégique de l'énergie.

L'interaction de ce marché avec celui du carbone, dont la mise en place est encore balbutiante mais qui devrait prendre à l'avenir une place importante dans le cadre de la lutte contre le changement climatique au niveau mondial, devra également faire l'objet d'une attention très particulière.

4.3.5.3 Des modes de soutien différents selon les types d'énergie ...

Selon le type d'énergie concerné, les modalités de soutien à utiliser sont différentes.

- Le développement de l'énergie nucléaire est passé d'abord par un fort soutien à la recherche qui se poursuit aujourd'hui, tant pour améliorer les capacités et l'efficacité de production que pour trouver des solutions à la gestion des déchets, puis par une phase de forts investissements qui ont permis la production d'un kWh à faible coût.
- A l'inverse, les énergies renouvelables nécessitent certes des efforts en terme de recherche, mais d'une ampleur moindre. Les investissements unitaires sont moins coûteux mais le coût de production ne diminue que progressivement au fur et à mesure du développement conjoint de la recherche et des effets d'échelle. Le soutien à ces types d'énergie passe donc par un soutien au prix de l'énergie produite jusqu'à ce qu'il rejoigne celui des autres énergies.

4.3.5.4 ...qui nécessitent d'avoir des politiques de filières cohérentes

Les politiques industrielles menées dans ce secteur doivent donc avoir une cohérence d'ensemble afin d'assurer le développement harmonieux des acteurs des filières concernées.

Ainsi, par exemple, le soutien à la recherche française dans le photovoltaïque n'a pas de raison d'être si l'on ne met pas en place une politique de soutien minimal du marché permettant aux industriels qui investissent dans la recherche ou qui ont vocation à en utiliser les résultats d'assurer un minimum de chiffre d'affaires sur le territoire national. C'est dans cet esprit que les tarifs d'achat de l'électricité photovoltaïque ont récemment été augmentés, décision rapidement suivie d'effet sous forme d'investissements industriels de production photovoltaïque sur le territoire français.

4.3.5.5 Les politiques industrielles ne doivent pas être limitées aux besoins énergétiques nationaux

Le développement actuel des énergies renouvelables à travers le monde, notamment éolienne et solaire, et la place relativement faible qu'y tiennent les industriels français, ainsi privés d'une dynamique de marché remarquable, illustrent combien il est important d'assurer à toutes les formes d'offre énergétique d'avenir des possibilités de croissance, même si les capacités et les choix nationaux d'approvisionnement diffèrent selon les pays. Les efforts récents de relance de ces politiques, notamment sous forme d'incitations fiscales ou de tarifs d'achat, visent à remettre nos industriels au cœur des compétiteurs mondiaux, y compris dans ces technologies, et les résultats commencent à apparaître.

De même, la capture et le stockage du CO₂, bien que d'une utilité moindre en France que dans de nombreux pays utilisant massivement des centrales thermiques, doivent faire l'objet d'un soutien en matière de R&D et de démonstration afin que nos industriels, aux compétences reconnues dans ces domaines, puissent apporter la preuve de leurs capacités sur un marché promis à une belle expansion.

Conclusion

Les enseignements tirés de l'expérience des trente dernières années doivent permettre d'éviter certaines erreurs ou faiblesses dans la mise en œuvre des politiques publiques de l'énergie. Ils soulignent en particulier la nécessité d'intégrer ces politiques dans des perspectives de moyen/long terme, tant dans les objectifs que dans les outils :

- à la fois du côté de l'offre, qui repose sur des investissements dont la rentabilité demande du temps,
- et du côté de la demande, qui repose sur des évolutions de comportements lentes à se réaliser, et jamais totalement acquises (comme l'a montré la perte d'intérêt enregistrée sur ces thèmes depuis 1986, en l'absence de forte mobilisation).

Les agents socio-économiques ont besoin d'une visibilité suffisante pour passer aux actes. En ce sens, la période actuelle, qui fonde les politiques énergétiques non seulement sur des considérations économiques liées notamment au prix des hydrocarbures, mais aussi sur des considérations environnementales de lutte contre le changement climatique, devrait permettre d'assurer une meilleure pérennité aux politiques et d'éviter les « stop and go ». La priorité devra être accordée au gisement important que constituent les mesures d'économies d'énergie, le passé nous enseignant qu'une grande partie peut être mise en œuvre à coût faible, voire nul.

Mais il faut aussi tenir compte de certains changements majeurs survenus au cours de la période précédente, dans la définition et la mise en œuvre des politiques de l'énergie. Deux évolutions sont particulièrement notables :

- Le protocole de Kyoto vise à donner un prix au carbone. Une première démarche dans ce sens a conduit à la création, en 2005, d'un système d'échange de quotas d'émission de gaz à effet de serre en Europe, ce qui a provoqué la répercussion du prix du carbone dans les prix de gros des marchés de l'électricité. Cet élément nouveau pourrait avoir une influence sur les choix d'investissement des Etats-membres dès lors que le système aura évolué pour décourager les investissements émetteurs de dioxyde de carbone, via notamment une harmonisation des modalités d'allocation.
- De nouveaux acteurs sont apparus dans le domaine de l'énergie, conséquence à la fois de la décentralisation des pouvoirs en faveur des collectivités territoriales et du développement d'une production d'énergie décentralisée, grâce aux énergies renouvelables. La conjonction de ces deux phénomènes a pour conséquence la multiplication des acteurs « publics » pouvant mettre en place des politiques énergétiques, ce qui peut complexifier mais aussi permettre de démultiplier et de faciliter les actions à mener.

Les futures politiques de l'énergie et du climat devront désormais tenir compte de ces nouveaux outils et acteurs.

Annexes

> ANNEXE 1 : MEMBRES DU GROUPE 1

Présidente : Michèle PAPPALARDO

Rapporteur Centre d'analyse stratégique : Aude BODIGUEL

Membres titulaires		Suppléants
Bruno Sido	Sénateur de la Haute-Marne	
MEDEF	Philippe Rosier	Michel Romieu
CGPME	Jean-François Roubaud (président)	Dominique Broggio
UPA	Pierre Perrin (président)	Jean Lardin
Poweo	Charles Beigbeder (PDG)	
EDF	Pierre Gadonneix (président)	Dominique Lagarde
INSEE	Jean-Michel Charpin (dir. général)	Marc Beudaert
DGEMP	Dominique Maillard (dir. général)	Richard Lavergne

> ANNEXE 2 : LISTE DES GRAPHIQUES

GRAPHIQUE N° 1 : LES TROIS CHOCS PETROLIERS	9
GRAPHIQUE N° 2 : EVOLUTION DE LA PRODUCTION D'ENERGIE PRIMAIRE ENTRE 1973 ET 2005.....	17
GRAPHIQUE N° 3 : CONSOMMATION D'ENERGIE PRIMAIRE PAR ENERGIE	19
GRAPHIQUE N° 4: STRUCTURE DE LA CONSOMMATION D'ENERGIE PRIMAIRE (%)	19
GRAPHIQUE N° 5 : LA CONSOMMATION FINALE D'ENERGIE PAR SECTEUR	21
GRAPHIQUE N° 6 : EVOLUTION DES EQUIPEMENTS DE CHAUFFAGE SELON LE TYPE DE LOGEMENTS	22
GRAPHIQUE N° 7 : INTENSITE ENERGETIQUE FINALE DE QUELQUES PAYS	23
GRAPHIQUE N° 8: INTENSITE ENERGETIQUE DE LA FRANCE	23
GRAPHIQUE N° 9 : LA FACTURE ENERGETIQUE DE LA FRANCE 1970-2005.....	24
GRAPHIQUE N° 10 : PART DE LA PRODUCTION D'ELECTRICITE D'ORIGINE NUCLEAIRE 1973-2005	32
GRAPHIQUE N° 11 : EVOLUTION DES COEFFICIENTS DE DISPONIBILITE ET D'UTILISATION 1995-2005	33
GRAPHIQUE N° 12 : PERFORMANCE MOYENNE DES EQUIPEMENTS DE FROID	34
GRAPHIQUE N° 13 : CONSOMMATION DE CARBURANT ET PARC DES VOITURES PARTICULIERES	36
GRAPHIQUE N° 14 : ELECTRICITE A USAGE DOMESTIQUE (PRIX TTC).....	38
GRAPHIQUE N° 15 : ELECTRICITE A USAGE INDUSTRIEL (PRIX HTT).....	39
GRAPHIQUE N° 16 : GAZ NATUREL A USAGE INDUSTRIEL (PRIX HTT)	39
GRAPHIQUE N° 17 : GAZ NATUREL A USAGE DOMESTIQUE (PRIX TTC)	40
GRAPHIQUE N° 18 : PRIX DU FIOUL DOMESTIQUE 1987-2005.....	41
GRAPHIQUE N° 19 : PRIX DU FIOUL LOURD 1992-2005	41
GRAPHIQUE N° 20 : PRIX HT DU DIESEL ET DE L'ESSENCE	42
GRAPHIQUE N° 21 : PRIX AU LITRE DES CARBURANTS A LA POMPE (TTC).....	42
GRAPHIQUE N° 22 : PUISSANCE EOLIENNE INSTALLEE 1990-2006 : EUROPE ET MONDE	43
GRAPHIQUE N° 23 : PUISSANCE EOLIENNE INSTALLEE EN EUROPE FIN 2006 (EN MW).....	44
GRAPHIQUE N° 24 : EVOLUTION DES COUTS D'INVESTISSEMENT ENTRE 1990 ET 2002	48
GRAPHIQUE N° 25 : EVOLUTION DES DEPENSES DES MENAGES PAR FONCTION.....	56
GRAPHIQUE N° 26 : EVOLUTION DES DEPENSES DE CONSOMMATION DES MENAGES (%).....	57
GRAPHIQUE N° 27 : LE PROBLEME LE PLUS IMPORTANT POUR LES FRANÇAIS	58
GRAPHIQUE N° 28 : INTENSITE ENERGETIQUE FINALE	73
GRAPHIQUE N° 29 : EXEMPLE DE BILAN ENERGETIQUE ENTRE ROUTE ET TRANSPORT COMBINE	80
GRAPHIQUE N° 30 : INDEPENDANCE ENERGETIQUE PAR TYPE D'ENERGIE (EN %).....	82
GRAPHIQUE N° 31 : COMMERCE EXTERIEUR D'ELECTRICITE DEPUIS 1960 (EN TWh).....	82
GRAPHIQUE N° 32 : IMPORTATIONS DE PETROLE BRUT PAR PAYS D'ORIGINE.....	82
GRAPHIQUE N° 33 : IMPORTATION DE GAZ NATUREL PAR PAYS D'ORIGINE	83

> ANNEXE 3 : LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU N° 1 : COMPARATIF DES EXERCICES DE PROSPECTIVE DES ANNEES 50.....	11
TABLEAU N° 2 : LE SCENARIO D DU WAES CONFRONTE A LA REALITE	13
TABLEAU N° 3 : PART DES ENERGIES DANS LA CONSOMMATION FINALE DE 1973 A 2005	20
TABLEAU N° 4 : EVOLUTION DES EQUIPEMENTS DE CHAUFFAGE 1985 - 2005	21
TABLEAU N° 5 : CONSOMMATIONS MOYENNES POUR L'ENSEMBLE DES VOITURES PARTICULIERES	34
TABLEAU N° 6 : DISTANCE TOTALE PARCOURUE.....	35
TABLEAU N° 7 : PRODUCTION FRANÇAISE D'ELECTRICITE A PARTIR DE LA BIOMASSE(*)	45
TABLEAU N° 8 : PRODUCTION D'ELECTRICITE PHOTOVOLTAÏQUE (PV)	46
TABLEAU N° 9 : PRODUCTION DE CHALEUR ORIGINE BOIS-ENERGIE	47
TABLEAU N° 10 : TAUX DE SUBVENTION EN FONCTION DU TYPE DE COMBUSTIBLE BOIS	48
TABLEAU N° 11 : PRODUCTION DE CHALEUR ORIGINE GEOTHERMIE.....	49
TABLEAU N° 12 : PRODUCTION DE CHALEUR ORIGINE SOLAIRE THERMIQUE	50
TABLEAU N° 13 : PRODUCTION DE BIOCARBURANTS.....	51
TABLEAU N° 14 : BUDGET DES ACTIONS DE COMMUNICATION EN MILLIONS EUROS CONSTANTS.....	64
TABLEAU N° 15 : EVOLUTION DES MOYENS DE L'AGENCE DANS LE DOMAINE DE L'ENERGIE	66
TABLEAU N° 16 : EVOLUTION DE L'INTENSITE ENERGETIQUE EN FRANCE	74
TABLEAU N° 17 : VARIATION DE LA STRUCTURE DU MIX ENERGETIQUE ENTRE 1990 ET 2005.....	84

> ANNEXE 4 : ACRONYMES

ADEME	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie
AFME	Agence Française pour la Maîtrise de l'Energie
BRGM	Bureau de Recherches Géologiques et Minières
CEA	Commissariat à l'Energie Atomique
CEREN	Centre d'études et de recherches économiques sur l'énergie
DATAR	Délégation à l'Aménagement du Territoire et à l'Action Régionale
DGEMP	Direction Général de l'Energie et des Matières Premières
EDF	Electricité de France
GDF	Gaz de France
GLTE	Groupe Long Terme Energie
IIASA	International Institute for Applied Systems Analysis
MIT	Massachusetts Institute of Technology
NOPEP	non-OPEP
OE	Observatoire de l'énergie
OPEP	Organisation des pays exportateurs de pétrole
PIB	Produit Intérieur Brut
PNAEE	Plan National d'Amélioration de l'Efficacité Energétique
PNLCC	Plan National de Lutte contre le Changement Climatique
WAES	Workshop on Alternative Energy Strategies
WOCA	World Outside Communist Area
WOCOL	World Coal Study

> ANNEXE 5 : SYMBOLES, UNITES ET COEFFICIENTS MULTIPLICATEURS

CO2	Dioxyde de carbone ou gaz carbonique.
ppm (ou ppmv)	partie par million (en volume).
k	(kilo) pour les milliers (10^3).
M	méga) pour les millions (10^6).
G	(giga) pour les milliards (10^9).
T	(téra) pour mille milliards (10^{12}).

Le joule (J) est l'unité physique du système international pour compter l'énergie.

Le watt (W) sert à mesurer les puissances énergétiques ($1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$).

Le wattheure (Wh), utilisé notamment pour mesurer les consommations d'électricité, représente l'énergie produite par une puissance de 1 W pendant une heure, soit 3 600 J.

teCO2	Tonne équivalent CO2	(N.B. : différent de la « tonne équivalent carbone », $1 \text{ teC} = 3,67 \text{ teCO2}$).
tep	Tonne équivalent pétrole	($1 \text{ tep} = 42 \text{ gigajoules} = 11,7 \text{ mégawattheures}$).

> ANNEXE 6 : BIBLIOGRAPHIE

AIE (2005), *Renewable Information*

AIE (2006), *Electricity Information*

ADEME (2004), Conseil mondial de l'Energie, *Efficacité énergétique : panorama mondial*

Conseil National de l'Evaluation – Commissariat Général du Plan (2003), *Evaluation des politiques publiques en faveur du transport combiné rail-route*, la Documentation française, novembre 2003

DGEMP – OE (2006), *Les énergies renouvelables en France 1970-2005*, juin

DGEMP – OE (2005), *Consommations de carburants des voitures particulières en France 1988-2004*, décembre

DGEMP – OE (2006), *L'électricité en France en 2005 : une analyse statistique*, juin

DGEMP – OE (2001), *La fiscalité de l'énergie*, juillet

EWEA (2004), *Wind Energy : the facts*

Maurice Girault (2000), *Les économies d'énergie de chauffage depuis 25 ans* – Note de synthèse du SESP, n°129 mai - juin

CTBA, ADEME (2002), *Guide Chaufferies bois pour le séchage des sciages*

INSEE PREMIERE (2002), « La consommation d'énergie à usage domestique depuis quarante ans », n° 845, mai

Neil Kinnock, communication à la Commission européenne : « Vers une tarification équitable et efficace dans les transports : options en matière d'internalisation des coûts externes des transports dans l'Union européenne »

Francis Le Blanc (2000), « *Sensibilité aux prix de la consommation de chauffage dans le résidentiel* », note de synthèse du SESP, n°129, mai - juin

Leray T., de La Roncière B., 2002, *Trente ans de maîtrise de l'énergie*, ATEE, 229 pages

MINEFI - Repères (2006), *L'énergie en France*

MTETM/SESP en bref n°4 (2006) – « Des budgets sensibles aux prix des énergies importées », janvier

MTETM/SESP (juin 2006), *Compte des transports 2005* (tome 1)

MTETM/SESP (2006), *Compte du logement* (tome 1 & 2)