

# 21

## L'énergie

### *Les événements marquants*

**30 décembre 1998** : décret de mise à l'arrêt définitif et de démantèlement du réacteur Superphénix.

**19 mai 1999** : lancement par le secrétaire d'État à l'Industrie d'un nouveau programme de soutien, *Hélios 2006*, visant à développer l'usage des chauffe-eau solaires et des planchers solaires directs.

**Juin 1999** : lancement par l'Ademe d'un deuxième programme *Bois-énergie 2000-2006*, visant à accélérer la mise en place de chaufferies bois collectives et industrielles.

**15 juillet 1999** : publication par les ministères chargés des Finances et de l'Environnement d'un Livre blanc sur les modalités de l'extension de la taxe générale sur les activités polluantes (TGAP) aux consommations intermédiaires d'énergie des entreprises.

**19 janvier 2000** : présentation par le Premier ministre du programme national de lutte contre le changement climatique (PNLCC).

**26 avril 2000** : adoption par la Commission européenne d'un plan d'action relatif à l'efficacité énergétique.

**28 juillet 2000** : remise au Premier ministre d'une étude économique prospective de la filière électrique nucléaire réalisée par MM. Charpin, Pellat et Dessus pour le Commissariat général du Plan.

**Août - septembre 2000** : flambée des cours du pétrole sur les marchés internationaux, se traduisant en Europe par une augmentation des prix de l'essence et du fioul domestique.

**14 septembre 2000** : remise au Premier ministre, par Yves Cochet, d'un rapport sur la stratégie et les moyens de développement de l'efficacité énergétique et des sources d'énergie renouvelables en France.

**13 - 25 novembre 2000** : sixième conférence des parties à la convention *Climat* à La Haye (Pays-Bas), sur la mise au point des modalités d'application du protocole de Kyoto (1997) qui se termine sur un échec.

**29 novembre 2000** : adoption par la Commission européenne d'un Livre vert intitulé *Vers une stratégie européenne de sécurité d'approvisionnement énergétique*.

**6 décembre 2000** : présentation du programme national d'amélioration de l'efficacité énergétique par le ministre chargé de l'Environnement et le secrétaire d'État à l'Industrie.

**29 décembre 2000** : le Conseil constitutionnel censure l'extension de la TGAP aux consommations intermédiaires d'énergie par les entreprises.

**13 mars 2001** : le président américain George W. Bush se prononce en défaveur du protocole de Kyoto.

**14 - 20 mai 2001** : journées de l'Énergie, opération de sensibilisation du public lancée par le secrétaire d'État à l'Industrie.

**27 septembre 2001** : adoption, par le Parlement européen et le Conseil, de la directive relative à la promotion de l'électricité produite à partir de sources d'énergies renouvelables.

## Données économiques

Les vingt dernières années n'ont été marquées par aucune crise énergétique grave comparable aux chocs pétroliers des années soixante-dix. Cependant, l'attention que porte la communauté internationale aux questions énergétiques s'est récemment accrue en raison des préoccupations suscitées par le risque de changement climatique. En 2000, l'augmentation des prix du pétrole a renforcé cette tendance.

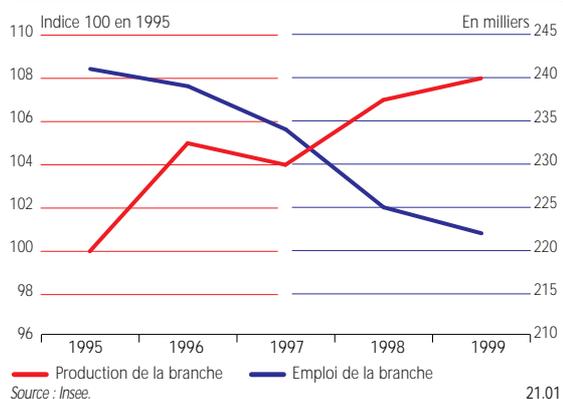
Énergie et environnement sont ainsi devenus indissociables. En dehors des impacts sur le réchauffement de la planète, la production et l'utilisation d'énergie ont de multiples impacts sur l'environnement à l'échelle locale comme au niveau planétaire : épuisement de ressources, pollution de l'air, prélèvement d'eau, déchets, risques technologiques, etc.

En outre, dans la mesure où en France, les équipements énergétiques sont parvenus à maturité, le développement de l'économie ne repose plus aujourd'hui sur la seule capacité de l'État ou d'un secteur économique à organiser les moyens de production (l'offre). Dans un monde où les ressources sont limitées et où elles doivent être partagées, c'est autour de la prise en compte et de la gestion des besoins (la demande) que doivent plus précisément s'organiser les stratégies des différents acteurs.

La maîtrise de l'énergie, la protection de l'environnement, le développement de sources alternatives et la sécurité des approvisionnements doivent ainsi constituer les principaux axes qui structurent l'action publique dans le domaine de l'énergie.

En 1999, la branche énergie en France représentait 3,4 % de la production industrielle, et contribuait à 0,6 % du PIB et à 1 % de l'emploi national (225 000 personnes). Le poids de l'énergie dans l'économie est aussi représenté par la facture énergétique\*. Elle était en 2000 de 23,7 milliards d'euros, soit 16 % des importations de la France. Ce poste représente en moyenne 6 % des dépenses des ménages (61,2 milliards d'euros en 2000) et pèse pour 5 % des consommations intermédiaires dans l'industrie (environ 50 milliards d'euros).

L'évolution de la production et de l'emploi de la branche énergie



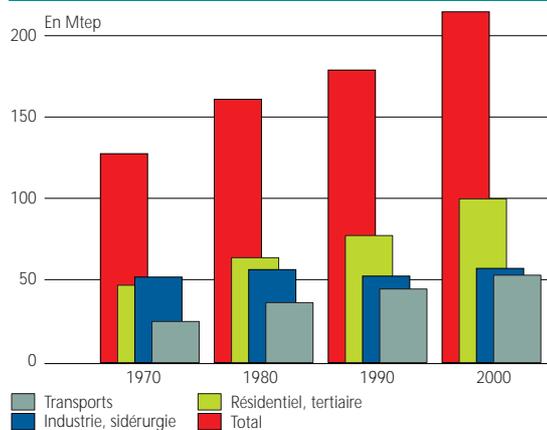
Au-delà de son poids économique relativement limité, l'énergie est une fonction essentielle à l'économie. La consommation d'énergie primaire\*, qui permet de connaître la quantité entrante en amont de l'économie, était de 250 millions de tonnes d'équivalent pétrole (Mtep\*) en 2000. Elle augmente depuis 1980 à raison de 1,2 % par an. L'intensité énergétique primaire, rapport de la consommation d'énergie primaire au PIB et représentant le degré d'interdépendance entre l'activité économique et la consommation d'énergie, était de 0,17 tep pour 1 000 euros en 2000, soit près de 20 % de moins qu'en 1980.

L'économie française est donc plus efficace. La consommation d'énergie n'évolue pas au même rythme que la croissance. Malgré ce décrochement, notre besoin en énergie continue à s'accroître et avec lui, les impacts environnementaux liés à la production et à la consommation de cette énergie.

## La consommation d'énergie

En 2000, la consommation finale d'énergie de la France, mesurée au niveau des utilisateurs finaux (entreprises, ménages, administrations), atteignait 216 Mtep, soit 3,7 tep par habitant. Elle a triplé par rapport à 1960 et augmenté de 35 % par rapport à 1973. Cette évolution s'explique essentiellement par une augmentation de 50 % sur trente ans des consommations d'énergie dans les secteurs résidentiel et tertiaire et dans les transports, tandis que la consommation d'énergie dans l'industrie s'est pratiquement stabilisée [11].03].

### La consommation d'énergie par secteur



Source : ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie (direction générale de l'Énergie et des Matières premières - Observatoire de l'Énergie), 2001.

21.03

### Énergie primaire, énergie finale et équivalences énergétiques

Le stade de l'énergie primaire correspond aux formes sous lesquelles la nature livre l'énergie : énergie chimique contenue dans une ressource fossile (charbon, pétrole, gaz naturel) ou dans la biomasse (bois, végétaux, déchets), énergie mécanique de l'eau ou du vent (hydraulique, éolien), énergie thermique de l'eau chaude du sous-sol (géothermie) ou du rayonnement solaire, énergie photovoltaïque solaire, énergie nucléaire, etc.

Le stade de l'énergie finale correspond aux produits énergétiques livrés au consommateur : dans certains cas, le produit final peut être identique au produit primaire ou très proche (gaz naturel) ; dans la plupart des cas, le produit final résulte d'une transformation effectuée à partir des produits primaires (électricité produite par les centrales thermiques, carburants à partir du pétrole dans les raffineries).

Pour être comparées, les unités propres à chaque forme d'énergie (kilowattheure électrique, mètre cube de gaz, tonne de charbon, litre de pétrole, etc.) doivent être rapportées par équivalence à une même unité. On utilise pour cela la **tonne d'équivalent pétrole (tep)**. Calculée par équivalence directe pour les énergies fossiles, celle-ci est plus difficile à établir pour les énergies non fossiles, en particulier pour l'électricité. Il faut distinguer la conversion du MWh\* électrique au stade de l'énergie primaire (la quantité d'énergie utilisée pour produire l'électricité) et au stade de l'énergie finale (la quantité d'énergie fournie sous forme d'électricité).

L'Agence internationale de l'énergie (AIE) utilise des équivalences identiques pour ces deux stades, sauf pour l'électricité d'origine nucléaire et géothermique. En effet, les réacteurs nucléaires produisent de la chaleur, qui à son tour permet de produire de l'électricité (c'est également le cas pour la géothermie). C'est cette chaleur, et non l'électricité, qui est comptabilisée.

En France, l'Observatoire de l'énergie (OE) utilise la méthode dite de « substitution à la production », selon laquelle on considère qu'en l'absence d'énergies primaires (hydraulique, renouvelables, nucléaire), on devrait produi-

Les **équivalences énergétiques** utilisées en France et au niveau international (Agence internationale de l'énergie - AIE).

Énergie	Unité	France		AIE	
		GJ*	tep*	GJ	tep
Charbon	tonne	26 a	0,621	29,3	0,700
Pétrole	tonne	41,9	1,000	41,9	1,000
Fioul lourd	tonne	40,0	0,955	40,0	0,955
Essence	tonne	44,0	1,051	44,0	1,051
Gazole, fioul dom.	tonne	42,3	1,010	42,3	1,010
GPL	tonne	46,0	1,099	46,0	1,099
Gaz naturel	1 000 m <sup>3</sup>	36,0	0,860	36,0	0,860
Bois	tonne		0,440		0,380
Nucléaire	MWh	9,3	0,222	10,9	0,260
Géothermie	MWh	9,3	0,222	36,0	0,860
Électricité	MWh	9,3	0,222	3,6	0,086 b

N.B. : a : pour la houille ; b : y compris énergies hydraulique et éolienne.

\* Unités : GJ : giga joule ; tep : tonne équivalent pétrole

Source : Agence internationale de l'énergie, ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie (direction générale de l'Énergie et des Matières premières - Observatoire de l'Énergie).

21.02

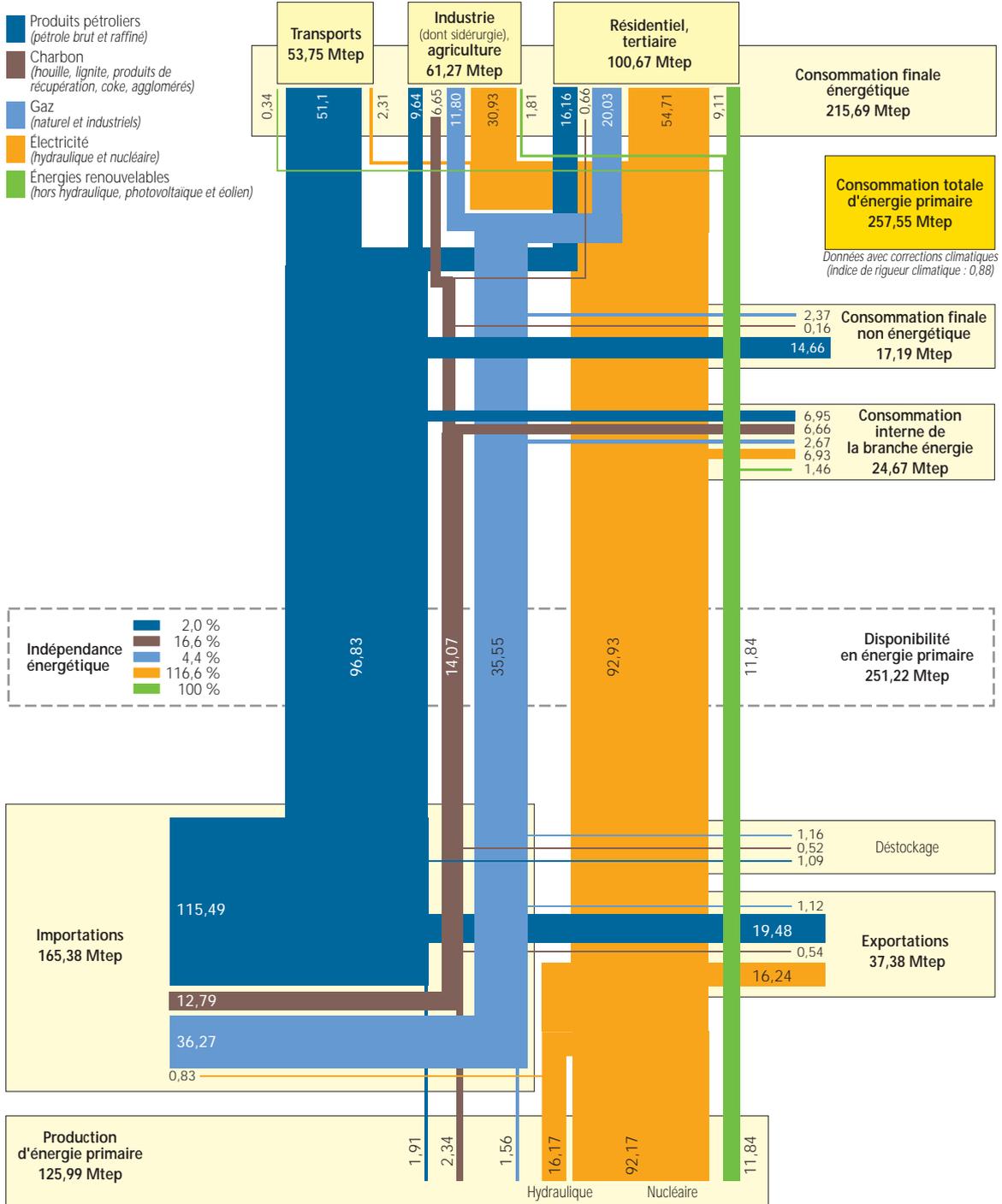
re l'électricité à partir d'énergies fossiles. La convention française utilisée depuis 1983 rapporte l'électricité produite ou consommée – quelle que soit son origine – à celle d'une centrale au fioul lourd ayant un rendement de 38 %.

L'OE valorise à 0,222 tep par MWh l'électricité et le nucléaire (sans distinction entre énergies primaire et finale) ; l'AIE valorise le nucléaire à 0,26 tep par MWh en tant qu'énergie primaire, et l'électricité en tant qu'énergie finale (produite par le nucléaire ou autres filières) à 0,086 tep par MWh. Ainsi, la consommation finale énergétique de la France (les trois quarts de l'électricité sont d'origine nucléaire) était pour 1997 de 205,2 Mtep pour l'OE, et de 146,5 Mtep pour Eurostat qui utilise les mêmes équivalences que l'AIE. La part de l'électricité dans la consommation finale était respectivement de 39 % et de 21 %.

Dans ce chapitre, l'analyse des consommations d'énergie en France s'effectue selon les conventions françaises, et les comparaisons au niveau international utilisent les équivalences internationales.

## Le bilan de l'énergie en 2000

En millions de tonnes d'équivalent pétrole (Mtep).

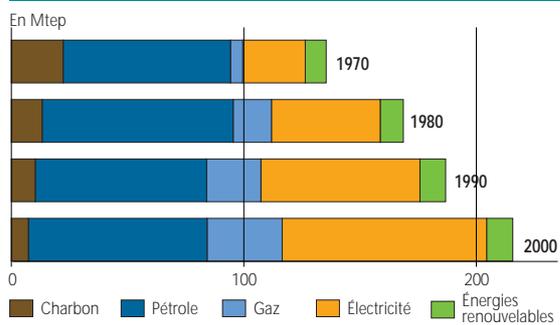


N.B. : La consommation interne de la branche énergie rassemble les activités de raffinage, de production d'électricité thermique, d'usage interne énergétique ainsi que les pertes et divers ajustements.

Source : ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie (direction générale de l'Énergie et des Matières premières - Observatoire de l'énergie), 2001.

21.04

### La consommation d'énergie par source



N.B. : Énergies renouvelables : hors hydraulique (données France métropolitaine, corrigées du climat).

Source : ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie (direction générale de l'Énergie et des Matières premières - Observatoire de l'Énergie), 2001. 21.05

### La consommation d'énergies fossiles

En 2000, les sources d'énergie fossiles (pétrole, charbon, gaz) représentent encore le premier poste dans le bilan énergétique français. Bien que leur part relative ait reculé, leur consommation reste globalement en augmentation : les quantités utilisées s'accroissent alors qu'elles avaient eu tendance à se stabiliser à la fin des années quatre-vingts [ill.05].

### Énergie utilisable et énergie consommée

La quantité d'énergie requise pour obtenir la satisfaction d'un besoin donné (confort, mobilité, production) est extrêmement différente selon la méthode choisie pour le satisfaire, l'équipement ou l'appareil utilisés. Ce qui est important pour l'utilisateur n'est pas la quantité de produits énergétiques consommée, mais la satisfaction de ses besoins.

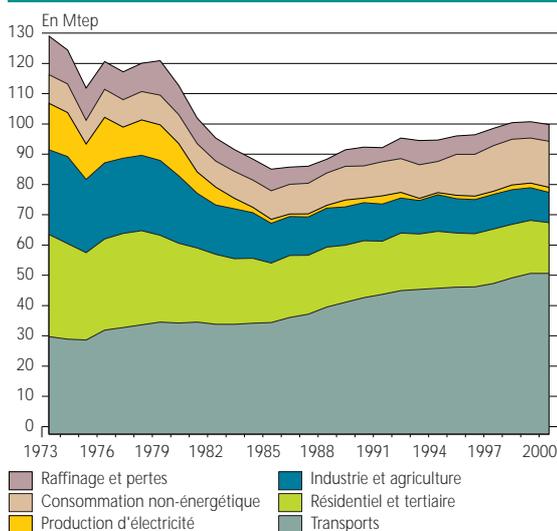
Néanmoins, les différences d'efficacité peuvent être considérables : de 4 % à 5 % pour la lampe à incandescence jusqu'à 98 % avec l'alternateur. Une installation d'éclairage autonome utilisant un groupe électrogène restituera 30 % (rendement du moteur diesel) x 90 % (rendement du générateur électrique) x 5 % (rendement de la lampe) = 1,35 % de l'énergie contenu dans le combustible initial. L'énergie thermique de la réaction nucléaire est convertie en électricité, avec un rendement d'un tiers environ, puis transportée avec des pertes pour être retransformée en chaleur.

D'après le rapport sur l'évaluation de l'énergie mondiale établi par la conférence des Nations unies pour l'environnement et le développement (Cnued), à l'échelle de la planète, seulement 37 % de l'énergie primaire est convertie en énergie utile (sans doute un peu plus dans les pays industrialisés : 45 % à 55 %).

L'analyse de la consommation finale de pétrole par secteurs depuis 1973 montre qu'après un mouvement de réduction globale suite aux chocs pétroliers de 1973 puis de 1979, le contre-choc pétrolier de 1985 a marqué la reprise de la croissance de la consommation. La baisse dans certains secteurs (industrie, agriculture, résidentiel et tertiaire) est largement absorbée par l'augmentation dans d'autres secteurs (transports) [ill.03]. Le programme électronucléaire, engagé en 1973 pour réduire la dépendance pétrolière, a réduit ainsi à une part marginale la consommation de pétrole pour la production d'électricité. Avec une croissance quasiment continue, la consommation de pétrole dans le secteur des transports sur la période 1973-2000 a augmenté de plus de 18 Mtep, soit 5 Mtep de plus que la consommation économisée dans le secteur électrique [ill.06]. La consommation d'énergie finale de produits pétroliers en représente une large part, mais a diminué de 2 % en 2000 après une croissance ininterrompue pendant sept ans (98,5 Mtep, soit le niveau de 1974). La baisse de consommation des carburants, du fioul domestique et du fioul lourd est directement imputable à la hausse des cours.

Les consommations non énergétiques de produits pétroliers et d'autres sources d'énergies fossiles, principalement par les secteurs de la pétrochimie et de la chimie, représentaient 17 Mtep en 2000. Pour 100 Mtep d'énergies fossiles consommées en France, 44 sont utilisées pour se déplacer ou transporter, 30 pour chauffer des locaux dans le

### La consommation finale de pétrole par secteur



Source : WISE - Paris, d'après ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie (direction générale de l'Énergie et des Matières premières - Observatoire de l'Énergie), 2001. 21.06

résidentiel et le tertiaire, 22 dans les installations industrielles, 2 pour les autres usages dans le résidentiel et le tertiaire, et enfin 2 pour l'agriculture.

L'augmentation des impacts environnementaux des transports [1] est le reflet quasi arithmétique de la part croissante qu'ils prennent dans la consommation de produits pétroliers : successivement 25 % en 1973, 30 % en 1980, 40 % en 1990 et 44 % en 2000. La part importante d'énergies fossiles utilisée dans le résidentiel et le tertiaire constitue la deuxième grande question à traiter dans les années à venir : la Mission interministérielle de l'effet de serre (Mies) estimait début 2000 que les bâtiments avaient augmenté de 11 % leur contribution aux émissions de gaz à effet de serre entre 1990 et 1996.

L'utilisation des énergies fossiles est directement responsable d'une grande partie des émissions atmosphériques, même si cet impact varie selon les types de combustible et leur utilisation. Elle représente 80 %

des émissions de gaz à effet de serre. Les carburants comptent pour 35 % dans les émissions de CO<sub>2</sub>, et les fiouls pour 20 %. Le gaz malgré ses vertus (meilleure efficacité énergétique, émissions moindres pour la même énergie utile, flexibilité d'utilisation) prend la deuxième place pour les émissions de CO<sub>2</sub> (26 %). L'utilisation de ces combustibles pour les transports contribue à près de 40 % des émissions de CO<sub>2</sub>, pour le chauffage 30 %, et dans l'industrie 23 % [2].

En ce qui concerne la pollution locale, les énergies fossiles (carburants des transports) sont responsables de la majeure partie des émissions d'oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>) et de composés organiques volatils (COV). L'utilisation de fiouls dans l'industrie et le résidentiel représente plus de la moitié des émissions de dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>).

Malgré l'évolution de la réglementation (essence sans plomb...), les carburants restent encore les premiers responsables des émissions de certains métaux lourds (plomb, cuivre), ainsi que les fiouls (nickel).

### Le chauffage dans les bâtiments

Le chauffage compte pour 75 % dans la consommation d'énergie du résidentiel et tertiaire, et contribue à hauteur de 20 % aux émissions nationales de gaz à effet de serre. En 1999, la part de l'énergie de chauffage et d'éclairage dans la consommation des ménages représentait 28 milliards d'euros, soit 3 % de leurs dépenses.

Grâce à la construction de nombreux logements neufs, disposant d'une meilleure isolation thermique que les logements anciens, la consommation unitaire moyenne annuelle d'énergie de chauffage a continué à décroître, passant de 200 kWh/m<sup>2</sup> par an en 1990 à 180 kWh/m<sup>2</sup> en 1999. Ainsi, malgré l'accroissement du parc (+ 17 % de 1990 à 1999), la quantité totale d'énergie pour le chauffage des logements s'est stabilisée ces dernières années autour de 32,6 Mtep par an. Les énergies fossiles représentent toujours près des deux tiers du marché, avec une prédominance de plus en plus importante du gaz (40 %). L'électricité a conforté sa place pour atteindre près de 30 %.

Dans le tertiaire, le patrimoine bâti des communes représente en moyenne les trois quarts de la consommation et un peu plus des deux tiers de la dépense totale d'énergie des communes, et ceci quelle que soit leur taille. Écoles et bâtiments socio-culturels sont responsables de plus de la moitié des consommations comme des dépenses. Les énergies fossiles assurent plus des deux tiers des fournitures des bâtiments communaux. La consommation se situe dans une fourchette de 100 à 200 kWh/m<sup>2</sup> suivant les équipements.

### La consommation d'électricité

L'électricité est la forme d'énergie dont la consommation a le plus progressé ces dernières années. De 1990 à 2000, la consommation finale est passée de 300 TWh à 390 TWh, hausse d'abord imputable à la consommation des secteurs résidentiel et tertiaire (+ 60 TWh) puis à l'industrie (+ 20 TWh).

Pour les particuliers (40 % de la consommation), le premier poste par ordre d'importance est le chauffage : autour de 40 TWh selon la rigueur de l'hiver. L'alimentation des produits bruns (télévisions, etc.) ou blancs (lave-linge, réfrigérateurs, etc.) parvient à la fin des années quatre-vingt-dix au même niveau. En fait, le poste que l'on désigne sous le terme « d'électricité spécifique » (éclairage, électroménager et divers autres usages) représente 65 TWh par an et a connu une augmentation de 40 % dans la décennie quatre-vingt-dix.

Dans le secteur tertiaire, la consommation d'électricité se stabilise autour de 85 TWh, soit 20 % de la consommation totale. Dans le secteur industriel (40 %), l'électricité est principalement utilisée pour l'alimentation des moteurs (90 TWh).

Le programme national de lutte contre le changement climatique (PNLCC), adopté le 19 janvier 2000, estime que la maîtrise de la demande d'électricité permettrait d'éviter 0,6 MteC par an.

1 - Voir le chapitre « Les transports ».  
2 - Source : Citepa, format Secten.

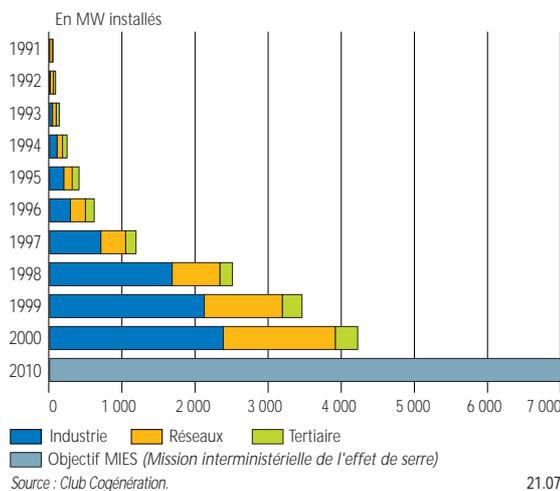
## La cogénération

Production combinée de chaleur et d'électricité, la cogénération fournit, à partir d'un seul combustible, de l'énergie thermique (pour des usages de chaleur ou de froid) et de l'électricité, dans des proportions (environ deux tiers/un tiers) correspondant à de nombreux besoins. Elle est principalement utilisée dans les installations industrielles, les centrales de chauffage urbain (dont les usines d'incinération d'ordures ménagères) et les chaufferies du tertiaire (hôpitaux, services), parfois du résidentiel. Son rendement global est bien supérieur à celui qu'on obtient avec une production séparée : 70 % à 90 % contre 55 % en moyenne. Une unité de cogénération s'amortit sur cinq ou six ans et représente sur la facture énergétique une économie de 20 % à 25 %.

Par ailleurs, la cogénération contribue à réduire les émissions polluantes, en particulier de CO<sub>2</sub>. Dans sa stratégie communautaire pour promouvoir la production combinée de chaleur et d'électricité (1997), la Commission européenne avait calculé que la réduction moyenne des émissions était de 500 kg de CO<sub>2</sub> pour chaque nouveau MWh produit, même si ce ratio dépend fortement du marché de l'électricité.

En France, la puissance installée au cours de l'année 2000 s'est fortement ralentie par rapport

## L'évolution de la puissance installée en cogénération



aux années précédentes. Elle serait quasi nulle en 2001, car les opérateurs attendent la fixation des conditions d'achat de l'électricité, suite à l'adoption de la loi sur la libéralisation du marché de l'électricité du 10 février 2000. Pourtant, selon les estimations de la Mies, la réduction des émissions de CO<sub>2</sub> pourrait être de 4 à 8 MteC/an pour une capacité installée de 7 000 MW en 2010, soit un peu moins du double qu'aujourd'hui.

## Les risques et les impacts sur l'environnement liés à la consommation et à la production d'énergie

Consommation d'énergie	
Air	Rejets de CO <sub>2</sub> , CO, SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , COV, poussières, métaux lourds, HAP (combustion). Libération de CFC et de gaz fluorés (systèmes de climatisation et de réfrigération).
Déchets	Cendres, huiles, boues (appareils de combustion).
Risques	Incendies, explosions, électrocutions, intoxications.
Production d'énergie	
Air	Rejets de SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , CO, COV (extraction de charbon). Rejets de composés organiques, de poussières et de CH <sub>4</sub> (extraction de pétrole et de gaz, raffinage de pétrole, stockage et distribution de gaz). Emissions de COV (stockage, transport et distribution de produits pétroliers, et notamment de carburants).
Eau	Effluents pouvant contaminer les eaux de rivière (centrales électriques, mines de charbon, raffineries). Pollution thermique pouvant altérer l'écosystème d'un cours d'eau (refroidissement des centrales thermiques classiques et nucléaires). Modification du régime des cours d'eau (équipements hydrauliques). Dégazages en mer (pétroliers). Irrigation et pollution par les engrais et pesticides (biocarburants).
Risques accidentels, Risques d'accidents nucléaires (centrale électronucléaire, usine de retraitement, transport de matières nucléaires)	Incendies (plate-formes d'exploitation, sites de stockage ou de raffinage, réseaux de transport d'hydrocarbures). Marées noires (rupture des pétroliers). Explosions, effondrements, glissements de terrain (mines de charbon). Ruptures (barrages hydroélectriques).
Risques de malveillance	Attaque contre les outils de production, de transport ou de stockage (centrale nucléaire, site d'entreposage de matières nucléaires, terminal méthanier, barrage hydroélectrique, etc.). Détournement de matières dangereuses.
Déchets	Stériles (extraction de charbon). Déchets radioactifs (nucléaire). Résidus (raffinage).
Empreinte sur le territoire et la nature	Destruction ou modification d'écosystèmes (hydraulique, éolien, solaire). Fragmentation ou altération du paysage (oléoducs, gazoducs, lignes à haute tension).
Substances chimiques et matières radioactives	Rejets liquides radioactifs (centrales nucléaires, usines de retraitement des combustibles usés). Substances toxiques contenues dans les imbrûlés solides (cendres) ou les poussières provenant de la combustion des combustibles.
Bruit	Installations thermiques (notamment les moteurs).
Sols	Contamination (sites d'extraction de charbon ou d'uranium, anciennes usines à gaz). Friches industrielles.

21.08

## La production et la distribution de l'énergie

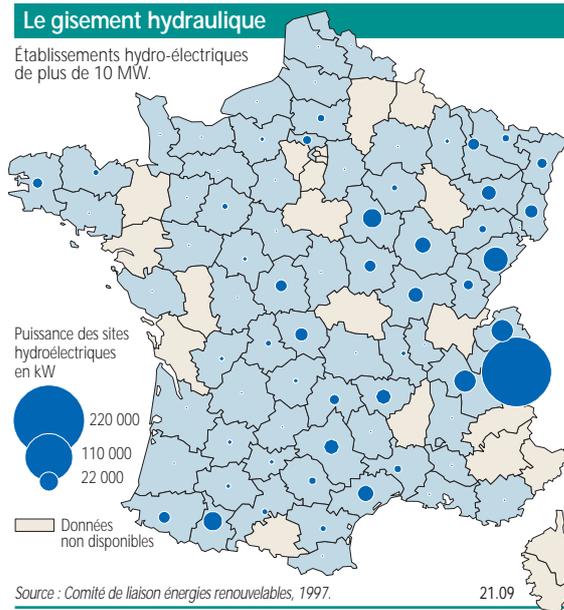
Malgré un rapport énergétique (rapport de la production à la consommation d'énergie par région) très variable d'une région à une autre (de moins de 10 % à plus de 200 %), l'égalité d'accès aux sources d'énergie est réelle et contribue au développement équilibré des territoires. Par ailleurs, la décentralisation des moyens de production permet d'envisager de distribuer plus efficacement l'énergie, avec moins d'impacts sur l'environnement. Le développement des énergies renouvelables, en particulier, donne la possibilité de mettre en adéquation des demandes locales avec des moyens de production qui tirent partie des ressources naturelles, tout en émettant moins de gaz à effet de serre. La logique de la gestion par la demande est aussi une des composantes essentielles des réseaux de distribution d'électricité et de leur équilibrage.

### Les énergies renouvelables

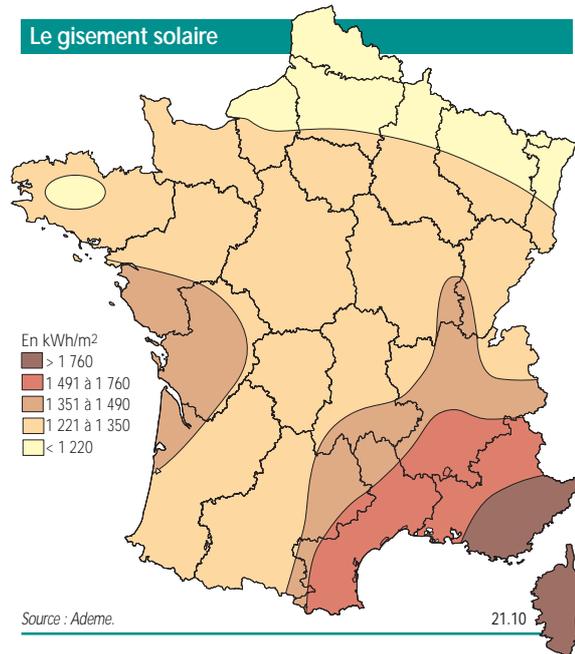
Les énergies renouvelables présentent un avantage non négligeable par rapport aux combustibles fossiles. Elles n'émettent pas de gaz à effet de serre lors de la production ou de l'utilisation d'énergie (solaire, éolien, hydraulique) ou ont un bilan nul (biomasse)

#### Le gisement hydraulique

Établissements hydro-électriques de plus de 10 MW.



#### Le gisement solaire



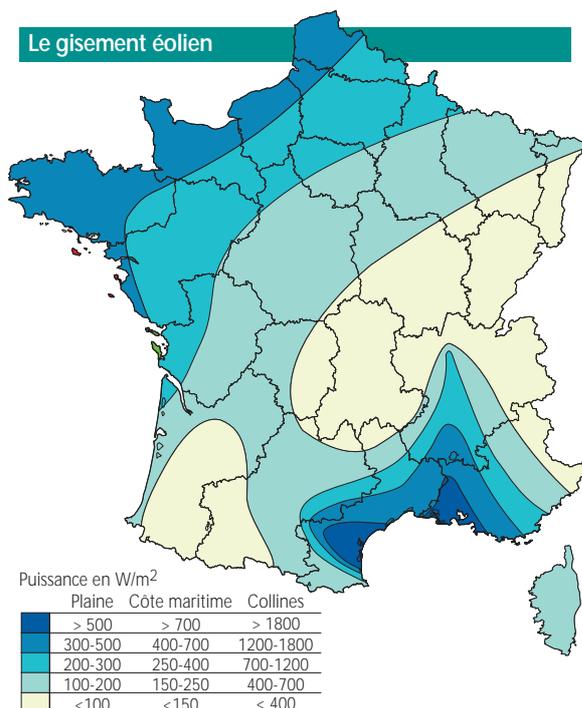
dans la mesure où il est généralement admis que le carbone ainsi brûlé est recyclé par la végétation. Par sa position géographique et l'étendue de son territoire, la France bénéficie de potentiels éolien, solaire et hydraulique parmi les meilleurs d'Europe.

En matière d'hydroélectricité, la majeure partie de la production est assurée par des équipements de plus de 10 MW de puissance, mais moins de la moitié est réalisée dans des équipements faisant appel à des retenues. Le sud de la France compte 70 % des petites centrales hydrauliques (inférieure à 10 MW) produisant 7,3 TWh en 1999. L'installation de micro-centrales (inférieure à 1 MW) permettrait de porter la production raccordée au réseau à 12 TWh en 2010.

Pour l'éolien, 53 MW étaient installés et 0,077 TWh produit en 2000. Les possibilités sont estimées à 66 TWh sur le continent et à 97 TWh en mer, essentiellement dans le Sud-Est et le Nord-Ouest.

Le potentiel du solaire est concentré sur le Sud-Est, la Corse, la vallée du Rhône et le littoral atlantique (Vendée, Deux-Sèvres, Charente, Gironde). L'énergie reçue par mètre carré est en moyenne de 1 200 à 1 700 kWh. Le taux de couverture des besoins varie, mais l'énergie solaire peut servir d'appoint aux besoins thermiques et électriques dans l'ensemble des régions, et constitue un substitut à l'énergie de réseau pour les sites isolés. En 1999, 674 000 m<sup>2</sup> de capteurs thermiques permettaient de produire de l'eau chaude sanitaire, ou de chauffer des locaux, pour environ 25 000 tep. Les capteurs photovoltaïques, installés essentiellement

## Le gisement éolien



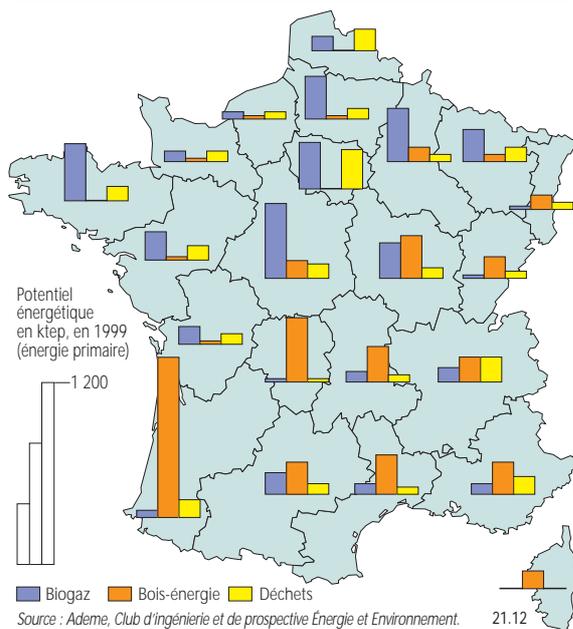
Source : IUP ENVAREM 1996, Ademe.

21.11

en sites isolés, représentaient 10 Mwc \* de capacité.

La biomasse compte pour environ 10 Mtep dans le bilan énergétique de la France en 2000. De plus, l'Ademe et le Club d'ingénierie et de prospective (Clip) Énergie et Environnement ont estimé le potentiel non exploité à près de 15 Mtep supplémentaires,

## Le potentiel énergétique non exploité de biomasse



Source : Ademe, Club d'ingénierie et de prospective Énergie et Environnement.

21.12

notamment par valorisation de biogaz et de bois. Le plan *Bois - énergie 2000-2006* de l'Ademe, qui vise à soutenir la consommation domestique de bois et à développer des chaudières collectives et industrielles au bois, devrait conduire à une économie annuelle de consommation de combustibles fossiles de 570 000 tep, ainsi qu'à une réduction de 700 000 t/an de gaz à effet de serre. La combustion du bois produit 93 % des émissions de HAP et constitue une source importante d'émissions de CO (20%), de COV (8%) et de CO<sub>2</sub> (7%) [3].

## L'énergie dans les Dom-Tom

Leur insularité, leur superficie relativement réduite ainsi que l'éloignement de la métropole, rendent les questions énergétiques cruciales dans les Dom-Tom. Par ailleurs, confrontés à des croissances démographique et économique très élevées, ces territoires doivent se doter rapidement de moyens de production propres.

Pour la production d'électricité, l'alternative proposée par les énergies renouvelables est donc extrêmement intéressante. Des équipements exemplaires ont été réalisés :

- la centrale géothermique à haute température de Bouillante en Guadeloupe devrait à terme fournir 10 % de la consommation électrique de l'île, avec une capacité de 20 MW ;
- le barrage de Petit-Saut en Guyane couvre 47 % de la production ;
- les centrales à bagasse de l'île de la Réunion produisent de la vapeur et de l'électricité à partir de 650 000 tonnes de déchets de canne à sucre ;
- les capteurs photovoltaïques représentent la source essentielle d'électricité en Polynésie.

En matière d'énergie géothermique, 61 gisements sont actuellement exploités en France (dont 41 en Île-de-France et 15 dans le Bassin aquitain), après avoir connu des problèmes techniques et financiers à la fin des années quatre-vingts. L'ensemble chauffe 200 000 équivalents habitants, économisant 170 000 tep et évitant l'émission de 650 000 tonnes de CO<sub>2</sub>. Pour la géothermie profonde (- 2 000 m), un potentiel existe et reste à explorer sur la façade est de l'Hexagone.

Ces potentiels énergétiques sont mobilisés à travers la filière thermique (solaire thermique, combustion de bois et de biomasse, géothermie, etc.) qui produit 10 Mtep par an, et la filière électrique (hydraulique, éolien, solaire photovoltaïque, biomasse) qui produit 76 TWh par an.

3 - Source : Citepa, Format Secten.

En 2000, les énergies renouvelables représentent globalement 12,5 % de la consommation d'énergie finale de la France. La biomasse constitue l'essentiel de la filière thermique. L'énergie hydraulique est avec 73 TWh la deuxième source d'électricité en France. En raison d'un bilan environnemental contesté, la récupération d'énergie par incinération des déchets urbains (0,7 Mtep), ainsi que l'énergie obtenue à partir des grands équipements hydrauliques (65 TWh), ne sont pas toujours prises en compte dans les bilans de la catégorie des énergies renouvelables.

### Energies renouvelables et aménagement du territoire

Prévu par la loi n° 99-533 du 25 juin 1999 d'orientation pour l'aménagement et le développement durable du territoire [a], le schéma de services collectifs (SSC) de l'énergie fixe pour les vingt ans à venir des objectifs en matière d'exploitation des ressources locales d'énergies renouvelables et d'utilisation rationnelle de l'énergie. Il permet de développer la dimension territoriale de la politique de l'énergie. Les collectivités locales jouent un rôle majeur dans ce domaine, en complément des actions de l'État.

Après l'adoption à l'automne 2001 du SSC de l'énergie, le Conseil national de l'aménagement et du développement du territoire se verra confier le suivi des SSC de l'énergie locaux, et veillera à leur articulation avec les contrats de plan État-région (CPER). Le SSC national sera révisé en 2005. Ce sera l'occasion pour les régions de présenter leurs programmes d'action sur le développement des énergies renouvelables et l'utilisation rationnelle de l'énergie au niveau local.

Au titre des CPER 2000-2006, chaque région française a signé avec l'Ademe un engagement d'investissement dans le domaine des énergies renouvelables. Le total des budgets annuels qui y seront consacrés est de l'ordre de trente millions d'euros. Avec 36 % des investissements, le Bois-énergie est la filière la plus soutenue dans l'ensemble des régions. Vient ensuite le solaire thermique, qui totalise 21 % des investissements. La production d'électricité (éolien, photovoltaïque, petite hydraulique, cogénération, biomasse) totalise 21 % des budgets, essentiellement dans six régions (Provence-Alpes-Côte d'Azur, Rhône-Alpes, Languedoc-Roussillon, Midi-Pyrénées, Aquitaine, Alsace). Les projets concernant les dérivés de la biomasse (biocarburants, biogaz) font une timide apparition (4 % des budgets) dans la moitié des régions, tout comme la géothermie, spécialité quasi exclusive de l'Île-de-France.

### La production d'énergies renouvelables en France

Production d'énergies renouvelables en France (estimation 2000).

	Electricité en GWh	Thermique en ktep
Hydraulique	72 744	-
Éolien	77	-
Solaire	3	20
Géothermique	0	117
Déchets urbains solides	1 522	661
Bois et déchets de bois	1 437	8 948
Résidus de récoltes hors bagasse	0	77
Biogaz	346	63
Biocarburants	0	335
<b>Total</b>	<b>76 128</b>	<b>10 221</b>
<b>Total en ktep</b>		<b>27 121</b>

Source : ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie (DGEMP - Observatoire de l'énergie), 2001.

21.13

Le développement accéléré des énergies renouvelables, tel que le préconisent le PNLCC et le rapport Cochet [voir plus loin], permettrait d'éviter 1 MteC par an jusqu'en 2010. Des mesures spécifiques sont déjà mises en œuvre par l'Ademe : *Éole 2005* pour l'éolien, *Helios 2006* pour le solaire thermique, plan *Bois-énergie*. Des mesures fiscales incitatives ont également été décidées pour permettre d'accroître la part de marché des énergies renouvelables dans le résidentiel, le tertiaire, et notamment pour les bâtiments et les équipements gérés par les collectivités locales. Ces mesures sont relayées selon les régions par les conseils régionaux ou généraux.

### La production et la distribution d'électricité

Les équipements électriques doivent répondre à un impératif : produire suffisamment d'énergie et faire correspondre l'offre avec la demande. Autour de cette idée, la libéralisation du marché de l'électricité, engagée par la loi du 10 février 2000, nécessite de trouver un nouvel équilibre entre l'aspiration décentralisatrice – favorable aux moyens de production locaux – et les exigences de la mise en concurrence qui impose de nouveaux critères de rationalisation.

En France, l'électricité dite « de base », qui permet de subvenir aux besoins constants sur toute l'année (environ 1 TWh par jour), est produite en grande partie par le parc électronucléaire. Les variations autour de cette demande (de 0,8 à 1,6 TWh) sont assurées successivement par les centrales électriques placées sur les retenues et par les centrales thermiques classiques, qui fonctionnent lors des pics de demande, généralement l'hiver. Ainsi, en base, la demande requiert un équipement d'environ 30 GW et, en pointe, un équipement d'environ 72 GW.

Le système de production d'électricité se compose de 41 sites thermiques : 19 centrales nucléaires (63 GW de puissance, 395 TWh produits en 2000), et 22 installations brûlant des combustibles fossiles (27 GW de puissance, 50 TWh produits en 2000). La majorité de ces installations se situent dans le nord du pays. Dans le sud, les grands équipements hydro-électriques (puissance supérieure à 10 MW) complètent ces moyens centralisés à hauteur de 23 GW (ils ont produit environ 65 TWh en 2000).

Les moyens de production décentralisés à partir de sources d'énergie renouvelables ou d'énergie de récupération (déchets, cogénération, etc.) représentent une capacité de production inférieure à 10 GW et fourniraient près de 20 TWh par an.

Avec environ 120 GW installés, le parc français connaît aujourd'hui un excédent de capacité tel qu'il reste exportateur d'électricité.

En France, la part de l'électricité produite en cogénération (13,5 TWh) est encore très faible (moins de 5 %) alors qu'elle est de 50 % au Danemark, 40 % aux Pays-Bas et 35 % en Finlande. L'objectif communautaire est de doubler cette part en quinze ans, passant de 9 % en 1994 à 18 % en 2010. Les petites installations (puissance inférieure à 1 MW) sont bien adaptées aux nouvelles contraintes en matière d'aménagement du territoire : elles favorisent la décentralisation des installations et une meilleure sécurité d'approvisionnement du système électrique.

Le développement de la production décentralisée dépendra notamment des conditions de rachat de l'électricité. Après l'aval donné en décembre 1999 par les pouvoirs publics pour l'électricité photovoltaïque, une nouvelle étape a été franchie par l'arrêté du 8 juin 2001 fixant un tarif de 8,4 c€/kWh pour le rachat de l'électricité produite par des éoliennes ; soit sensiblement plus que le coût de production moyen de l'électricité en France (3 c€/kWh), mais moins que le tarif domestique : 11,43 c€/kWh.



C. Couvert - Graphiques

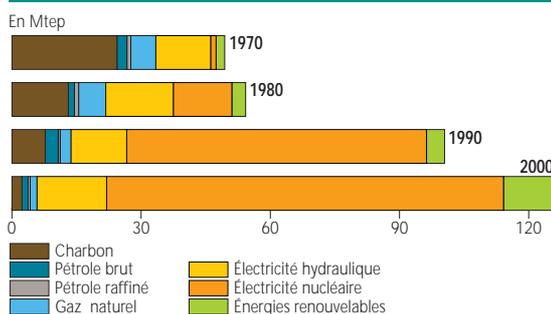
## La production et la distribution des autres énergies

Selon que l'on inclut ou non l'énergie exportée dans le bilan de l'énergie primaire produite, la France produit 50 % ou 35 % de ses besoins énergétiques sur son territoire. La majeure partie (86 %) de la production nationale est assurée par le secteur électrique [ill. 14]. Le solde, hors énergies renouvelables, est constitué de gaz naturel et de pétrole (3,0 Mtep) issus des gisements d'Aquitaine et du Bassin parisien, ainsi que du charbon (2,3 Mtep) produit par les mines de Lorraine et du sud de la France.

L'extraction des combustibles qui représentait près de 70 % en 1970 a vu son importance s'effondrer en trente ans : 40 % en 1980, 13 % en 1990 et 4 % en 2000. L'extraction du charbon sera abandonnée à compter de 2005. Enfin, l'extraction d'uranium a été arrêtée sur le territoire métropolitain depuis 2000.

Pour compléter les besoins en énergie primaire (250 Mtep), 165 Mtep sont importées, composées

### La production d'énergie primaire en France par source



Source : ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie (direction générale de l'Énergie et des Matières premières - Observatoire de l'Énergie), 2001. 21.14

essentiellement de pétrole (112 Mtep), de gaz (35 Mtep) et de charbon (11 Mtep). Ces importations nécessitent des installations de stockage, de traitement (raffinage, transformation) et de distribution, dont les impacts sur l'environnement sont également importants. La France compte treize raffineries pour une capacité d'environ 100 Mt, soit la troisième à l'échelle européenne après l'Allemagne et l'Italie.

En 2000, ces installations ont traité 86,1 Mt de pétrole brut. Elles émettent près de 6 % des émissions nationales de CO<sub>2</sub> et près de 20 % de celles de SO<sub>2</sub>. La modernisation des installations ainsi que la prise en compte des normes environnementales ont conduit à une décroissance régulière des émissions spécifiques : environ 2 kg/tonne traitée pour le SO<sub>2</sub>, 300 kg/tonne pour le CO<sub>2</sub> et 118 g/tonne pour les COV.

Les émissions de vapeurs lors de la distribution de carburants ont, malgré tout, fortement diminué. Elles sont passées de 117 kt à 45 kt, grâce à la mise en œuvre de mesures techniques concernant les opérations de remplissage des citernes et des réservoirs des véhicules.

Enfin, le réseau de distribution des carburants ne comptait plus, en 2000, que 16 000 points de vente pour 40 000 en 1980. La majeure partie des stations-service abandonnées se trouve en zones rurales, et les citernes toujours enterrées risquent de provoquer une contamination des sols.

## Politiques de l'énergie et environnement

Plus encore qu'auparavant, la politique énergétique française doit tenir compte du fait que le caractère limité des réserves, et leur consommation très concentrée, induiront inévitablement des tensions au cours des cent prochaines années. Les mesures d'économies d'énergie, la diversification des sources et des approvisionnements, l'utilisation des mécanismes de marché ainsi que la recherche de sources alternatives sont autant de moyens pour parvenir à relever les défis de la sécurité énergétique et de la préservation de l'environnement.

### La maîtrise de la demande

L'efficacité énergétique est un facteur de développement économique : elle évite d'employer des ressources financières conséquentes dans des équipements de production ou de distribution. Partant du principe que « le kilowattheure qui pollue le moins est celui qui n'est pas consommé », elle prévient des dommages environnementaux parfois coûteux à réparer. Enfin, elle est généralement la moins chère des solutions à mettre en œuvre, puisqu'elle s'autofinance sur les économies réalisées. Le rapport Charpin, Dessus et Pellat préconise l'avantage économique de la maîtrise de la demande d'électricité.

Selon les estimations de l'Observatoire de l'énergie, au rythme actuel, la consommation d'énergie finale de la France pourrait atteindre 250 Mtep en 2010 et 280 Mtep en 2020. Ceci

### Le Livre vert sur la sécurité d'approvisionnement

Présenté par la Commission européenne le 29 novembre 2000 et débattu durant l'année 2001, le Livre vert intitulé *Vers une stratégie européenne de sécurité d'approvisionnement énergétique* analyse les contraintes et les atouts de l'Union européenne, afin de proposer une stratégie énergétique globale pour les prochaines décennies.

Il affiche clairement que le renforcement de la sécurité énergétique et la lutte contre le changement climatique se fondent sur une politique de maîtrise des consommations d'énergie et, en parallèle, sur le développement des énergies renouvelables.

En ce qui concerne l'environnement, le Livre vert met l'accent sur la lutte contre le changement climatique et le respect des engagements du protocole de Kyoto (1997), sans négliger les aspects plus locaux des pollutions, des déchets et des risques d'accidents associés aux activités énergétiques.

Le débat autour du Livre vert devrait se traduire par la définition des composantes de la politique de maîtrise des consommations d'énergie qui est proposée, ainsi que par des actions sectorielles.

porterait les émissions de CO<sub>2</sub> à plus de 30 % en 2010 et 50 % en 2020 au-dessus des objectifs du protocole de Kyoto.

Pour prolonger les efforts réalisés jusque-là et en s'appuyant sur le PNLCC, le plan national d'amélioration de l'efficacité énergétique, présenté le 6 décembre 2000, prévoit 61 Mtep d'économies. Sur la période 2000-2050, la marge de manœuvre économique dont on dispose pour réaliser des opérations de maîtrise de l'électricité est de l'ordre de 106 milliards d'euros, soit 2 milliards d'euros par an.

L'estimation du coût des politiques publiques en matière de maîtrise de l'énergie n'est pas aisée : elle comprend la recherche et le développement, ainsi que la démonstration et la mise en place d'incitations diverses (réglementations, fiscalités spécifiques, éventuellement subventions). Actuellement, l'ensemble des politiques publiques de maîtrise de l'électricité conduites par l'Ademe et EDF mobilise moins de 7,6 millions d'euros par an. Une multiplication par vingt de ces incitations resterait donc négligeable par rapport à la marge de manœuvre estimée.



Vincent Fristot

## Les choix énergétiques

Le choix du gouvernement français, en 1974, de lancer le programme électronucléaire a pu rendre l'économie française moins dépendante des combustibles fossiles, et a sans doute permis d'améliorer localement les niveaux de pollution. On avance bien souvent l'avantage du nucléaire en matière d'effet de serre. Il faut pourtant le nuancer, dans la mesure où le nucléaire ne produit que de l'électricité : il ne permet pas à lui seul de régler toutes les questions énergétiques, notamment celles qui concernent les besoins de chaleur et de mobilité.

La loi du 10 février 2000 sur l'électricité prévoit qu'avant la fin 2002, une loi d'orientation sur l'énergie exposera les lignes directrices de la programmation annuelle des investissements de production. Celle-ci fixera notamment des objectifs de répartition des capacités de production par source d'énergie

## La lutte contre le changement climatique

Le résultat des négociations sur les modalités d'application du protocole de Kyoto fait appel à deux catégories de mesures :

- les plans et programmes permettant dans chaque pays un premier niveau d'action, basé sur des orientations nationales et des mesures sectorielles ;
- les mécanismes de flexibilité complétant les mesures nationales par des outils économiques (permis d'émissions négociables\*) ou des mesures d'entraide (mécanisme de développement propre\*, mise en œuvre conjointe\*) pour lesquelles le recours au nucléaire est exclu.

En France, le programme de lutte contre le changement climatique (PNLCC), présenté par le Premier ministre le 19 janvier 2000, fixe en détail les mesures susceptibles de stabiliser les émissions de gaz à effet de serre en 2010, en anticipant notamment un accroissement de 16 MteC. Les mesures sectorielles, en partie déjà initiées par l'Ademe, permettraient de réduire de 50 % cet écart. Des mesures fiscales sont envisagées pour le kérosène, le gazole, ainsi qu'une éco-taxe touchant aussi bien le transport que les consommations finales d'énergie dans le tertiaire et le résidentiel. L'extension envisagée de la TGAP aux consommations intermédiaires d'énergie dans l'industrie a été ajournée le 29 décembre 2000, en raison de la censure du Conseil constitutionnel. Enfin, des mesures structurelles à plus long terme (développement des énergies renouvelables, aménagement du territoire) sont destinées à compléter ce dispositif en assurant la pérennité de l'ensemble des efforts. Selon les différents scénarios de référence [a], la France ne parvient pas à respecter ses engagements de Kyoto

(stabiliser à l'horizon 2010 ses émissions au niveau de 1990) sans un recours plus ou moins massif aux mécanismes de flexibilité.

Après l'échec de la sixième conférence des Parties à la convention Climat en novembre 2000 à La Haye (Pays-Bas), les négociations ont repris à Bonn (Allemagne) le 16 juillet 2001 et un accord a pu être trouvé le 23 juillet 2001, et ce malgré l'opposition déclarée des États-Unis. Les principaux éléments de l'accord sur les modalités d'application du protocole de Kyoto sont les suivants :

- l'utilisation des mécanismes flexibles devra être « complémentaire » aux politiques et mesures nationales mises en œuvre dans le cadre des efforts de réduction des émissions ;
- les puits de carbone peuvent être pris en compte sous certaines conditions par les pays industrialisés pour atteindre les objectifs de réduction des émissions ;
- trois nouveaux fonds sont créés pour financer l'aide aux pays en développement ;
- un système dit d'« observance » est mis en place, avec notamment une branche chargée de surveiller le respect des engagements (*Enforcement Branch*) pris par les Parties. Pour chaque tonne de gaz à effet de serre qu'un pays émet au-delà de son objectif, il devra réduire une tonne supplémentaire pendant la deuxième période d'engagement du protocole qui commence en 2013.

Le protocole entrera en vigueur après ratification par 55 Parties de la convention Climat. Au 26 octobre 2001, 43 pays l'avaient ratifié [b].

a - Source : ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie (DGEMP), Commissariat général du Plan, MIES.

b - Source : UNFCCC.

## La durée de vie des centrales nucléaires françaises

La période 1998 à 2001 a été marquée par le couplage au réseau du réacteur n° 2 de la centrale de Civaux (Vienne). Les cinquante-huit réacteurs à eau légère couplés au réseau totalisent 63 GW de puissance.

En raison du poids du nucléaire dans le bilan énergétique français, la question de la durée de vie des installations est un enjeu particulièrement crucial pour la politique énergétique du pays.

Deux éléments principaux conditionnent la durée de vie technique d'une centrale nucléaire : la cuve du réacteur et l'enceinte du bâtiment réacteur. Les autres équipements peuvent potentiellement être changés selon leur vieillissement, leur obsolescence ou les demandes des autorités de sûreté. Les rapports définitifs de sûreté des réacteurs 900 MWe et 1 300 MWe préconisent des durées d'irradiation maximale de quarante ans à 80 % de la puissance nominale, soit trente-deux ans à pleine puissance. En tenant compte de l'accroissement du taux de

production du parc actuel (limité à 70 % en 2000), ainsi que d'aménagements techniques (sur les combustibles chargés ou la cuve du réacteur), les experts estiment que cette durée de vie peut être portée à quarante ans, voire quarante-cinq. Les options ouvertes pour la durée de vie du parc vont de l'arrêt anticipé à une durée de vie portée pour les réacteurs les plus performants à cinquante ans, en passant par un arrêt des tranches après trente ou quarante ans.

Le rapport Charpin, Dessus et Pellat a examiné l'impact environnemental de différents scénarios de durée de vie et de renouvellement du parc nucléaire pour la période 2020-2050 (dans toutes les hypothèses, aucun remplacement de réacteur n'est nécessaire avant 2020). Selon les scénarios, le nucléaire est abandonné après trente ou quarante-cinq ans ou maintenu dans une fourchette allant de 47 GW à 85 GW.

primaire et, le cas échéant, par technique de production et par zone géographique.

Aujourd'hui, le concept de sécurité énergétique se traduit par le choix de diversifier les sources d'énergie et d'approvisionnement. La promotion d'un *mix* énergétique est ainsi devenue un des piliers de la politique française, au sein de laquelle la production d'électricité et d'énergie thermique à partir de sources renouvelables a un grand rôle à jouer.

### La taxation de l'énergie

La fiscalité sur l'énergie permet de donner des signaux monétaires aux différents acteurs économiques. Elle les incite ainsi à modérer leur consommation ou à orienter leur choix sur des sources d'énergie plus propres.

Bien que le PNLCC préconise des mesures fiscales et que l'extension de la TGAP aux consommations intermédiaires d'énergie ait été tentée en 2000, il n'existe pas encore en France d'outils fiscaux orientés spécifiquement sur l'énergie. Cependant, la taxe intérieure sur les produits pétroliers (TIPP), première taxe sur l'énergie en France, introduit par son importance un premier élément de différenciation des combustibles (fossiles) importés : 25,6 milliards d'euros en 2000, soit environ 50 % du produit de l'impôt sur le revenu des particuliers. D'autres taxes, conçues dans des objectifs divers, s'appliquent à l'énergie.

Actuellement, le « contenu en carbone » de l'énergie ne fait pas l'objet d'une taxation homogène : ainsi, un utilisateur de gaz de pétrole liquéfié (GPL) « paye » son carbone beaucoup moins cher qu'un utilisateur d'essence sans plomb, mais cependant plus cher qu'un utilisateur de gaz naturel pour le chauffage. Dans le cadre d'une réelle volonté de maîtrise des émissions de gaz à effet de serre, on peut s'interroger sur la logique de ces taxations : ne pas taxer – ou taxer très faiblement – le gaz naturel et le fioul domestique, sans parler du kérosène dont la consommation en France se monte à 50 % de celle de supercarburant sans plomb.

À travers des mesures fiscales (éco-taxes sur les consommations domestiques, extension de la TGAP, etc.), le PNLCC estime à près de 7 MteC les émissions évitables par une taxation sur le carbone.

### Les programmes d'intervention et les mesures technologiques

La politique d'efficacité énergétique élaborée en France, et animée notamment par l'Ademe, s'organise autour de trois axes : recherche et développement pour mettre au point des technologies plus efficaces, promotion et diffusion des équipements les plus avancés, information des décideurs et des usagers, formation des techniciens et des gestionnaires.

La recherche technologique porte sur les systèmes de production et sur les appareils de

conversion : véhicules électriques, piles à combustible, moteurs à vitesse variable, échangeurs thermiques, etc. Les crédits publics de recherche et de développement de la France représentaient 617 millions d'euros en 1999 [4] et notre pays occupait la troisième place derrière les États-Unis et le Japon qui cumulent 75 % de l'effort consacré par les pays de l'AIE.

Les programmes d'intervention sont axés sur la rénovation ou la modernisation des installations existantes, mais aussi sur la conception et la réalisation d'installations et infrastructures nouvelles, en utilisant des procédés, matériaux et équipements plus efficaces en énergie. Sur le long terme, le potentiel le plus important d'efficacité énergétique réside dans les installations et les équipements neufs (logements, appareils ménagers, usines, bureaux, moyens de transport, etc.). Les mesures structurelles liées en particulier à l'aménagement du territoire, bien qu'elles ne soient pas technologiques, ont un potentiel important : plus de 2 MteC par an dans le PNLCC. Sur le moyen terme néan-

moins, la rénovation des équipements existants, qui fournit des gains énergétiques non négligeables, se révèle parfois plus économe, mais surtout plus acceptable socialement.

En 2000, les subventions de l'Ademe ont porté sur 540 dossiers industriels, 100 000 logements et 2 200 bâtiments tertiaires. Pour l'industrie, ce sont des soutiens financiers à des opérations de démonstration, des aides à l'investissement [5] et à la décision. Dans le secteur des bâtiments, elles se focalisent autour de la nouvelle réglementation thermique concernant les bâtiments résidentiels et tertiaires [voir hors-texte page suivante]. De 1998 à 2000, le montant de ces aides est passé de 28,5 à 88,4 millions d'euros. Dans le secteur des transports, les programmes d'évaluation de l'Ademe portent sur les performances des véhicules en matière d'émissions polluantes et d'efficacité énergétique.

Même si les effets des actions de sensibilisation, d'éducation et d'information sont difficilement mesurables, on reconnaît à celles-ci un rôle essentiel. L'affichage des consommations d'énergie des appareils ménagers, l'information sur les consommations d'énergie des bâtiments et plus généralement la

4 - Source : AIE.  
5 - Voir le chapitre « L'industrie ».

## La production d'électricité à partir des sources d'énergie renouvelables : les objectifs de la France

Dans le cadre de la stratégie et du plan d'action communautaires de 1997 sur les sources d'énergie renouvelables (SER), la directive 2001/77/CE sur la promotion de l'électricité produite à partir des SER a été adoptée le 27 septembre 2001. À l'horizon 2010, la Commission européenne souhaite en effet voir doubler leur part dans le bilan énergétique de l'UE. Les États membres sont invités à fixer dès 2002 leurs objectifs nationaux annuels de consommation d'électricité produite à partir de SER.

D'après les simulations de la Commission, la France devrait ainsi faire passer la part d'électricité renouvelable de 15 % en 1997 à 21 % en 2010, pour aboutir à une production de 112,9 TWh. Les statistiques disponibles en France indiquent que l'électricité produite à partir de SER représentait en 2000 moins de 17 % de la consommation intérieure, grand hydraulique compris. Les actions déjà engagées en France, notamment sous l'animation de l'Ademe, permettraient de multiplier les productions par un facteur 2 pour la petite hydraulique, 20 pour le biogaz et 300 pour l'éolien.

Néanmoins, cette envolée ne suffirait vraisemblablement pas à permettre de dépasser 15,5 % de la production d'électricité, la consommation intérieure devant augmenter de 20 % entre 2000 et 2010.

Seule la combinaison de mesures d'économie d'énergie et d'un programme ambitieux de promotion des énergies renouvelables, comme celui proposé par Yves Cochet dans le rapport qu'il a remis au Premier ministre le 14 septembre 2000, permettrait à la France de contribuer de façon significative à l'essor communautaire de production d'électricité à partir de SER.

Production d'électricité d'origine renouvelable, en France métropolitaine, en GWh.

	1997	1998	1999	2000	Scénario 2010	Objectif 2010
Hydraulique (>10 MW)	56 205	55 570	65 745	72 744	59 000	
Hydraulique (<10 MW)	6 647	7 131	7 284		12 000	
Eolien	25	31	37	77	8 000	
Solaire	0	2	3	3	17	
Bois	927	1 500	1 466	1 437	1 500	
Biogaz	144	146	146	346	3 000	
<b>Total E-SER*</b>	<b>63 948</b>	<b>64 380</b>	<b>74 681</b>	<b>74 607</b>	<b>83 517</b>	<b>112 900</b>
Consommation intérieure	410 310	423 849	430 000	447 600	537 900	537 619
<b>Pourcentage E-SER *</b>	<b>15,6%</b>	<b>15,2%</b>	<b>17,4%</b>	<b>16,7%</b>	<b>15,5%</b>	<b>21,0%</b>

\* E-SER : électricité issue des sources d'énergie renouvelables.

Source : Ifen d'après ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie (DGEIMP / Observatoire de l'Énergie, PNLCC, CGP) et Commissariat général du plan.

21.15

politique d'étiquetage des produits au niveau européen, ont pour objectif de conduire à des comportements de consommation plus économes en énergie.

Le « verdissement » des marchés publics, autorisant le maître d'ouvrage à intégrer des critères environnementaux dans les appels d'offres, devrait également orienter les investissements publics vers des solutions plus économes en énergie. Les campagnes de communication sur les économies d'énergie, relancées depuis 2001 par l'Ademe, les journées de

l'Énergie de mai 2001 et la création des « points Info-Énergie » auprès des délégations régionales de l'Ademe, sont autant d'actions qui tendent à accroître la connaissance et à favoriser l'aptitude des agents économiques (en particulier des consommateurs) à orienter leurs choix vers les solutions les plus économes et répondant au mieux à leurs besoins.

### La nouvelle réglementation thermique du bâtiment

La réglementation thermique du bâtiment, dite RT 2000, adoptée le 29 novembre 2000, vient moderniser les normes en vigueur depuis 1985. Elle s'applique à tous les permis de construire déposés depuis le 2 juin 2001, et porte à la fois sur les bâtiments neufs résidentiels et tertiaires. Elle vise à réduire la consommation d'énergie de 20 % dans les logements et de 40 % dans le tertiaire, ainsi qu'à limiter l'inconfort d'été dans les locaux non climatisés. Elle permettra d'économiser 1,7 Mtep par an d'ici 2020, soit 1 MteC/an.

Elle impose trois exigences : la consommation d'énergie doit être inférieure à une consommation de référence ; la conception du bâtiment doit permettre une climatisation naturelle ; des performances minimales sont requises pour une série de composants (isolation, ventilation, système de chauffage, etc.).

De plus, la RT 2000 prend en compte de manière plus large la consommation d'énergie, en imposant une limitation de la consommation globale d'énergie d'un bâtiment. Elle impose également la réversibilité des sources d'énergie. Concernant l'isolation, les professionnels sont incités à traiter les ponts thermiques, qui peuvent représenter jusqu'à 40 % des pertes de chaleur par les parois.

Afin d'orienter les professionnels, des solutions techniques seront élaborées pour les différentes familles de bâtiments, définies par leur finalité et leurs matériaux de construction (gymnase en bois, maison individuelle en maçonnerie...) [a]. Elles indiqueront les combinaisons de produits et d'équipements, repérés par leurs caractéristiques thermiques, qui garantissent le respect de la consommation d'énergie de référence et du confort d'été. Le ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement va notamment produire une solution technique applicable aux maisons individuelles.

a - Voir le chapitre « La construction ».

## Perspectives

Dans un monde où la croissance démographique est importante, où le progrès social et économique ne peut s'entrevoir sans un partage équitable de ressources finies entre les régions ainsi qu'entre les générations, le rôle de l'énergie est central. La combinaison des questions liées à l'énergie et à l'environnement illustre la notion de développement durable. Un des enjeux du XXI<sup>e</sup> siècle est de concrétiser ces deux composantes du développement à l'échelle locale comme à l'échelle globale. L'État français est garant d'une prise en compte harmonieuse de ces dimensions dans ses outils de politique énergétique et environnementale.

L'effet de serre ou la géopolitique de l'énergie sont traités au niveau mondial ou international. D'autres sujets sont d'une dimension locale et directement ressentis par le citoyen, telles la pollution atmosphérique urbaine ou les pannes d'électricité conjoncturelles (comme en France après les tempêtes de décembre 1999). La production décentralisée ainsi que la desserte de l'énergie sont également des composantes indispensables au développement local.

L'efficacité énergétique peut être doublement et durablement payante. Les pays industrialisés doivent ainsi pouvoir réduire notablement leurs consommations d'énergie et leurs émissions de gaz à effet de serre, tout en conservant le même niveau de croissance. Les progrès réalisés en matière d'efficacité devraient aussi bénéficier aux autres pays (pays en développement...). ■

## Une étude prospective

Les éclairages de prospective constituent une première dans le rapport sur l'état de l'environnement en France : il ne s'agit que d'une ébauche reposant sur une méthodologie particulière et indiquant, le cas échéant, des ouvrages de référence.

### L'énergie selon deux scénarios divergents

La comparaison des différents travaux prospectifs dans le domaine de l'énergie montre que deux visions contrastées sont sous-jacentes :

- l'une considère que « *le développement est intimement lié à la croissance énergétique qui en est l'un de ses fondements* » ; elle met l'accent sur l'accroissement de la production énergétique, c'est donc la logique de l'offre qui prévaut ;
- l'autre considère que « *les objectifs du développement sont bien distincts de ceux de la croissance énergétique* » et que la sobriété énergétique « *peut être un facteur positif du développement économique et social* ». Cette logique est fondée sur l'analyse de la satisfaction des besoins au moindre coût énergétique, économique et environnemental.

Les premiers types de scénarios proposent plutôt une vision construite sur un modèle productiviste de « *développement par l'abondance d'énergie* », avec des alternatives contrastées de contribution des différentes énergies pour satisfaire la demande. C'est notamment le cas des travaux du Conseil mondial de l'énergie, qui regroupe les producteurs d'énergie d'une centaine de pays, et qui réalise des scénarios énergétiques mondiaux tous les trois ans, très largement fondés sur les expertises disponibles dans les firmes productrices d'énergie.

Les seconds types de scénarios proposent plutôt un « *développement par l'efficacité énergétique* » qui « *rééquilibre les politiques énergétiques en accordant une priorité forte à la maîtrise*

*de l'évolution de la demande d'énergie, en partant d'une analyse détaillée des besoins du développement en termes de services requérant de l'énergie* ». Ces travaux sont le plus souvent menés par des spécialistes de la maîtrise de l'énergie, des universitaires ou des associations actives dans le domaine de l'environnement et du développement durable. Ils font le plus souvent l'hypothèse d'une généralisation (plus ou moins rapide selon les auteurs) à l'ensemble des acteurs, d'arbitrages en faveur des technologies ou des comportements les plus efficaces ou les plus économes en énergie.

À l'horizon 2050, les scénarios du type « *abondance énergétique* » aboutissent à des consommations énergétiques mondiales annuelles trois fois supérieures à celles d'aujourd'hui (22 à 25 milliards de tep, contre 9 en 1998), alors que les scénarios de type « *sobres* » aboutissent à un niveau de seulement 12 à 15 milliards de tep à la même date.

En ce qui concerne les coûts, les scénarios sobres montrent qu'il est moins coûteux de développer des mesures et des actions d'efficacité énergétiques plutôt que de dépenser pour la production et la distribution des quantités considérables d'énergie nécessaires dans les scénarios d'abondance. Enfin, en ce qui concerne les risques, notamment environnementaux, les scénarios sobres apparaissent à l'évidence comme les seuls capables d'éviter les risques majeurs (effet de serre, pollutions, risques industriels, déchets, etc.).

Sources : « *Énergie et développement durable : l'avenir est ouvert* », B. Laponche, ICE, février 2001.

Voir aussi : « *Énergie 2010-2020. Les chemins d'une croissance sobre* », Commissariat Général du Plan, Paris, La Documentation Française, 1998 ; « *Énergie, un défi planétaire* », B. Dessus, Ed. Belin, 1999 ; et les travaux du Conseil mondial de l'énergie.

« *Transport, énergie et contraintes environnementales à l'horizon 2030* » EnerData (Commissariat général du plan, Ademe, OCDE, 2001) et « *Un scénario alternatif de réduction des gaz à effet de serre dus aux transports* » Eco-dev (pour l'Ademe et la DRATS/CPVS, 2001).

## Pour en savoir plus...

### Sites Internet

- Commission européenne (DG Énergie et Transports) : europa.eu.int
- Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie : www.ademe.fr
- Autorité de sûreté nucléaire : www.asn.gouv.fr
- Association technique énergie et environnement : www.atee.fr
- Commissariat à l'énergie atomique : www.cea.fr
- Électricité de France : www.edf.fr

- Gaz de France : www.gdf.fr
- Agence internationale de l'énergie : www.iea.org
- Institut français du pétrole : www.ifp.fr
- Agence internationale de l'énergie atomique : www.iaea.org
- Ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie : www.minefi.gouv.fr
- Observatoire des énergies renouvelables : www.observ-er.org
- Conseil mondial de l'énergie : www.worldenergy.org

## Glossaire

**Énergie primaire** : énergie brute non transformée après extraction (énergies fossiles) ou production.

**Facture énergétique** : correspond au solde en valeur monétaire entre les importations et les exportations.

**Mécanisme de développement propre** : mécanisme qui permet aux pays en développement de transférer des crédits d'émission vers les pays industrialisés qui ont financé, dans ces pays, des projets visant à y réduire le niveau d'émissions de gaz à effet de serre.

**Mise en œuvre conjointe** : mécanisme permettant à un pays industrialisé qui finance un projet visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre dans un autre pays développé de recevoir, en contrepartie de ce financement, des crédits d'émission. Ces unités sont ajoutées au quota d'émissions du pays investisseur et déduites du quota du pays hôte du projet.

**Permis (ou crédit) d'émissions négociables** : mécanisme permettant de distribuer et d'échanger entre les pays les quotas d'émissions relatifs aux objectifs fixés. Ainsi, un pays parvenant à dépasser ces objectifs pourrait faire profiter un autre pays de ses « droits » restants. À l'inver-

se, un pays n'atteignant pas les siens pourraient « acheter des droits » aux pays bénéficiant d'un crédit.

**Tonne d'équivalent carbone (teC)** : indicateur utilisé pour quantifier les émissions des gaz à effet de serre ramenées à leur équivalent carbone : 1 tonne CO<sub>2</sub> = 44/12 teC, soit 3,66 teC.

**Tonne d'équivalent pétrole (tep)** : unité de mesure de l'énergie consistant à rapporter les quantités d'énergie, quel que soit le combustible, à l'énergie libérée par la combustion d'une tonne de pétrole. Les multiples de la tep sont le ktep (1 000 tep) et le Mtep (1 million de tep).

**Watt (W)** : unité de puissance énergétique correspondant à la libération de 3 600 joules (J) pendant une heure. Multiples : mégawatt (1 MW = 1 million de watts) ; gigawatt (1 GW = 1 milliard de watts) ; terawatt (1 TW = 10<sup>12</sup> W).

**Watt crête (Wc)** : unité de puissance maximale du panneau solaire lorsque le soleil est au zénith.

**Wattheure (Wh)** : unité d'énergie correspondant à l'utilisation à plein régime d'un appareil de 1 watt (W) pendant une heure, soit à 3 600 joules (J).

## Pour en savoir plus...

■ Charpin J.M., Dessus B., Pellat R., 2000. *Étude économique prospective de la filière électrique nucléaire*. Paris, Commissariat général du Plan, 127 p.

■ Commissariat général du Plan, Criqui P., Boisson P., 1998. *Énergie 2010-2020 : les chemins d'une croissance sobre*. Paris, La Documentation Française, 536 p.

■ Commission européenne, 2000. *Livre vert - Vers une stratégie de sécurité d'approvisionnement énergétique - COM (2000) 769 final*. Luxembourg, Office des publications officielles des Communautés européennes, 110 p.

■ Commission européenne, 2000. *Plan d'action relatif à l'efficacité énergétique*. Luxembourg, Office des publications officielles des Communautés européennes.

■ Direction générale de l'Énergie et des Matières premières, 2001. *Rapport annuel 2000 - Énergie et matières premières*. Paris, ministère de l'Économie des Finances et de l'Industrie, 92 p.

■ Direction générale de l'Énergie et des Matières premières, Observatoire de l'énergie, 2000. *Les chiffres clés - L'énergie - Édition 1999/2000*. Paris, ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie, 186 p.

■ Gouvernement français, 2000. *Programme national de lutte contre le changement climatique*. Paris, Premier ministre.

■ Ifen, 2001. *Électricité d'origine renouvelable : ressources et enjeux pour la France*. Orléans, Ifen, 4 p. (coll. *Les Données de l'environnement*, 66).

■ Levi J.D., 1998. *Énergie 2010-2020 : quelle politique pour la France ?* Paris, Commissariat général du Plan, 194 p.

■ Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement, 2000. *Plan national d'amélioration de l'efficacité énergétique*. Paris.

■ Ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie, 2000. *Stratégie et moyens de développement de l'efficacité énergétique et des sources d'énergie renouvelables en France*. Paris, 184 p.

■ Moisan P., 1998. *Énergie 2010-2020 : trois scénarios énergétiques pour la France*. Paris, Commissariat général du Plan, 310 p.

## Références juridiques

### ■ Niveau communautaire

- Directive n° 2001/77/CE du Parlement européen et du Conseil du 27 septembre 2001 relative à la promotion de l'électricité produite à partir de sources d'énergie renouvelables sur le marché intérieur de l'électricité (JOCE L 283 du 27 octobre 2001).
- Décision n° 2001/546/CE de la Commission du 11 juillet 2001 portant création d'un comité consultatif intitulé « Forum européen de l'énergie et des transports » (JOCE L 195 du 19 juillet 2001).
- Décision n° 646/2000/CE du Parlement européen et du Conseil du 28 février 2000 arrêtant un programme pluriannuel pour la promotion des sources d'énergie renouvelables dans la Communauté (Altener) (1998-2002) (JOCE L 79 du 24 octobre 2000).
- Décision n° 647/2000/CE du Parlement européen et du Conseil du 28 février 2000 arrêtant un programme pluriannuel visant à promouvoir l'efficacité énergétique (Save) (1998-2002) (JOCE L 79 du 24 octobre 2000).
- Décision n° 1999/170/CE du Conseil du 25 janvier 1999 arrêtant un programme spécifique de recherche, de développement technologique et de démonstration dans le domaine « Énergie, environnement et développement durable » 1998-2002 (JOCE L 64 du 12 mars 1999).
- Communication de la Commission du 14 octobre 1998 : renforcer l'intégration de la dimension environnementale dans la politique énergétique européenne (COM (98) 571 final, non publié au JOCE).

### ■ Niveau national

#### Généralités

- Loi n° 2000-108 du 10 février 2000 de modernisation et de développement du service public de l'électricité (JO du 11 février 2000).
- Décret n° 2001-365 du 26 avril 2001 relatif aux tarifs d'utilisation des réseaux publics de transport et de distribution d'électricité (JO du 28 avril 2001).
- Décret n° 2000-456 du 29 mai 2000 relatif à l'éligibilité des consommateurs d'électricité (JO du 30 mai 2000).
- Décret n° 2000-381 du 2 mai 2000 relatif à l'organisation et au fonctionnement de la Commission de régulation de l'électricité (JO du 4 mai 2000).
- Décret n° 2000-30 du 11 janvier 2000 portant publication du traité sur la charte de l'Énergie, fait à Lisbonne le 17 décembre 1994 (JO du 15 janvier 2000).
- Décret n° 99-360 du 5 mai 1999 relatif aux économies d'énergie et à l'utilisation de la chaleur (JO du 12 mai 1999).
- Décret n° 98-833 du 16 septembre 1998 relatif aux contrôles périodiques des installations consommant de l'énergie thermique (JO du 18 septembre 1998).
- Arrêté du 3 juillet 2001 fixant les caractéristiques techniques des installations de cogénération pouvant bénéficier de l'obligation d'achat d'électricité (JO du 24 juillet 2001).

### Les énergies renouvelables

- Arrêté du 25 juin 2001 fixant les conditions d'achat de l'électricité produite par les installations utilisant l'énergie hydraulique des lacs, cours d'eau et mers (JO du 21 novembre 2001).
- Arrêté du 11 juin 2001 relatif au crédit d'impôt pour dépenses d'équipements de production d'énergie utilisant une source d'énergie renouvelable (JO du 16 juin 2001).
- Instruction du 26 juin 2001 relative à l'application du taux réduit de TVA pour les équipements de production d'énergie utilisant une source d'énergie renouvelable (BO Industrie n° 119 du 3 juillet 2001).



Olivier Sebart - Ademe

### Les caractéristiques techniques des équipements et des bâtiments

- Décret n° 2000-1153 du 29 novembre 2000 relatif aux caractéristiques thermiques des constructions (JO du 30 novembre 2000).
- Décret n° 98-817 du 11 septembre 1998 relatif aux rendements minimaux et à l'équipement des chaudières de puissance comprise entre 400 kW et 50 MW (JO du 13 septembre 1998).

### La desserte gazière

- Loi n° 98-546 du 2 juillet 1998 portant diverses dispositions d'ordre économique et financier et prévoyant l'élaboration d'un plan de desserte en gaz (JO du 9 juillet 1998).
- Décret n° 99-278 du 12 avril 1999 relatif à la desserte en gaz (JO du 14 avril 2000).
- Arrêté du 3 avril 2000 établissant le plan national de desserte gazière (JO du 11 avril 2000).

