

Économies d'énergie

1 PRÉSENTATION

Économies d'énergie, réductions des besoins et des dépenses énergétiques par le biais de dispositions techniques — amélioration des rendements des machines — ou politiques — lois, taxes sur la consommation d'énergie. Ces mesures concernent plus particulièrement les pays industrialisés.

2 SOURCES D'ÉNERGIE

Les sources d'énergie sont les matières premières ou les phénomènes naturels employés pour produire de l'énergie. On distingue les énergies non renouvelables — énergies fossiles et fissiles — et les énergies renouvelables.

2.1 Énergies non renouvelables

Les énergies fossiles sont essentiellement les combustibles solides, liquides ou gazeux, comme respectivement le charbon, le pétrole et le gaz naturel. Les réserves de pétrole et de gaz sont difficilement accessibles (fond des océans, par exemple) et mal réparties à la surface de notre planète : **77 p. 100 du pétrole et 39 p. 100 du gaz** disponibles sont concentrés dans les pays de l'OPEP, alors que les États-Unis, l'ex-URSS, la Chine, l'Australie et l'Afrique du Sud possèdent près des trois quarts des réserves mondiales de charbon. Ainsi, ces dernières, plus abondantes et beaucoup mieux réparties que les réserves de pétrole et de gaz naturel, pourront assurer, pendant quelques siècles encore, la relève des combustibles liquides et gazeux, intensément exploités.

Le pétrole et le charbon ne possèdent pas la même valeur énergétique : par combustion, 1 kg de pétrole produit 10 000 kilocalories (kcal), alors que la même masse de charbon cède 7 000 kcal et que 1 kg de gaz naturel fournit environ 8 000 kcal. On définit ainsi la tonne équivalent pétrole (tep), unité permettant de comparer les sources d'énergie au pétrole brut. Par convention, 1 t de pétrole correspond à 1,5 t de charbon ou à 1 000 m³ de gaz naturel. On estime que 1 tep = 4 500 kWh.

La consommation d'énergie sous forme de pétrole représente 44 p. 100 de la consommation en combustibles fossiles, celle du charbon, 31 p. 100 ; celle du gaz naturel, 25 p. 100.

L'uranium, combustible fissile à la base de l'énergie nucléaire, est également une source d'énergie non renouvelable en péril. On le trouve dans un grand nombre de roches, mais en teneurs restreintes. Son exploitation est délicate et coûteuse. Les réserves d'uranium risquent de s'épuiser plus rapidement que celles de pétrole si l'on ne crée pas d'autres techniques pour accéder à l'énergie nucléaire. Le décalage entre les réserves de ces formes d'énergie non renouvelables et leur consommation, toujours croissante, est l'un des problèmes majeurs de la gestion à long terme de ces ressources énergétiques.

2.2 Énergies renouvelables

Les risques réels d'épuisement des sources d'énergie non renouvelables à terme nous font considérer de plus en plus les sources d'énergies renouvelables, les premières à être exploitées par l'Homme. Par exemple, **le bois — ou plus généralement la biomasse** — représente le combustible le plus courant dans les pays en voie de développement ; **l'énergie hydraulique**, jadis utilisée dans les moulins à eau, est actuellement exploitée dans les centrales hydroélectriques ; **l'énergie marémotrice** utilise le mouvement d'importantes masses d'eau lors des marées ; **l'énergie éolienne** tire parti de la force du vent ; **l'énergie solaire**, qui peut être transformée en électricité ou en chaleur, est le plus grand espoir comme source d'énergie inépuisable.

D'après certains spécialistes, en l'an 2000, le potentiel annuel d'énergies renouvelables serait de 3 365 Mtep (mégatonnes équivalent pétrole) pour le monde entier, dont près de 1 650 Mtep provenant du bois, 880 Mtep, de l'énergie hydraulique, 505 Mtep, des déchets industriels, 200 Mtep en énergie solaire, 70 Mtep en combustibles énergétiques et 60 Mtep en énergie éolienne.

3 HISTORIQUE DE LA CONSOMMATION D'ÉNERGIE

Autrefois, le bois et le charbon de bois étaient les principaux combustibles, utilisés pour leur pouvoir calorifique. La révolution industrielle, au XVIII^e siècle, entraîna une augmentation de la consommation de combustible, en premier lieu en raison de la généralisation des machines à vapeur. L'invention de ces dernières, remonte à 1615, date à laquelle l'ingénieur français **Salomon de Caus** pensait utiliser la vapeur comme force motrice. En 1707, **Denis Papin** expérimenta un bateau à vapeur à aubes ; entre 1769 et 1785, **James Watt** apporta les améliorations qui permirent de nombreuses applications pour ce type de machines.

Les machines à vapeur, alimentées essentiellement au charbon, conduisirent également à l'avènement du transport par chemin de fer, notamment après l'invention, par George Stephenson, de la locomotive *Locomotion*, construite en 1825, qui se révéla plus efficace que d'autres formes de propulsion. Néanmoins, l'énergie chimique du charbon était convertie en force motrice avec un rendement inférieur à 1 p. 100. Le charbon remplaça donc progressivement le bois en tant que combustible, même si ce dernier représente encore aujourd'hui environ **10 p. 100** des sources d'énergie mondiale.

En 1824, le physicien français Sadi Carnot énonça les deux principes fondamentaux de la thermodynamique, qui se révélèrent incontournables pour parvenir à une amélioration du rendement des machines. Dans une turbine à vapeur, par exemple, si la température d'entrée de la vapeur est T_1 et que la température de sortie après la mise en mouvement est T_2 , le rendement de conversion théorique maximal pour le moteur est :

$$e = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

Où T est mesurée en degrés absolus (kelvins).

Les besoins en énergie s'accrurent considérablement au XX^e siècle, en particulier avant la Première Guerre mondiale. Les pays industrialisés connurent un autre bouleversement majeur à partir de 1973, lorsque les pays producteurs de pétrole multiplièrent par **quatre** le prix du baril de pétrole, le fixant à 12 dollars ; ils réduisirent également de **5 p. 100** leurs ventes aux principaux pays importateurs. En 1979, ils devaient encore augmenter ce prix ; en 1980, le pétrole brut se négociait ainsi à 40 dollars le baril (*voir Crise économique*).

La Communauté européenne mit alors en œuvre une politique privilégiant essentiellement deux pistes : le charbon et l'énergie nucléaire. Priorité fut d'abord donnée à la réduction de l'utilisation des combustibles fossiles, en particulier le pétrole. Face à la hausse du prix des carburants, on entreprit d'utiliser ces combustibles avec parcimonie ; en outre, des améliorations considérables furent réalisées quant au rendement énergétique dans les années 1980. De plus, les choix des consommateurs se portèrent progressivement sur des automobiles plus petites, et par conséquent plus légères ; la vitesse maximale sur les routes fut réduite dans de nombreux pays, permettant également une économie de carburant.

Lorsque le cartel des pays producteurs de pétrole commença à se fissurer et que les prix du pétrole chutèrent, redescendant en dessous de 10 dollars le baril, la réduction de la consommation d'énergie demeura une préoccupation.

4 RÉSERVES DE COMBUSTIBLES FOSSILES

En Europe de l'Ouest, la consommation annuelle de combustibles atteint 3 tep par habitant ; elle est de 8 tep aux États-Unis. La consommation annuelle mondiale en combustibles s'élève à 8 milliards de tep et devrait atteindre 14 milliards de tep vers 2020. Une grande partie de cette nouvelle demande est formulée par les pays en voie de développement. La Chine utilise chaque année 1 milliard de tonnes de charbon mais, au cours des cinq années à venir, elle devrait en employer 1,5 milliard, son économie progressant de 10 p. 100 par an. (Dans un pays en voie de développement, une augmentation de 1,5 p. 100 de la consommation énergétique équivaut à une croissance économique moyenne de 1 p. 100.)

L'augmentation rapide de la population des pays en voie de développement rend, bien sûr, ce problème crucial. Selon les Nations unies, la population mondiale, au milieu des années 1990, était légèrement supérieure à 5 milliards d'habitants ; elle pourrait atteindre 10 milliards en 2040. Huit milliards de personnes vivront alors dans des pays à économie en croissance rapide et dont les besoins énergétiques augmenteront.

Au rythme de la consommation actuelle — dans les pays industrialisés, un habitant utilise près de 5 tonnes de pétrole par an —, selon de nombreux experts, les réserves de pétrole et de gaz seraient épuisées dans une cinquantaine d'années ; celles de charbon, dans deux cents ans. Selon le Conseil mondial de l'énergie, les sources d'énergie renouvelables ne pourront couvrir au mieux que 30 p. 100 des besoins mondiaux vers 2020 (même si certains estiment que ce chiffre pourrait être de 60 p. 100 vers 2100).

La demande croissante en combustibles fossiles, ainsi que les risques de pollution qu'elle implique, ont conduit divers groupes d'experts — dont la Commission des Nations unies sur l'environnement et le développement dirigée par Gro Harlem Brundtland (1988) — à lancer des appels en faveur d'une concertation au niveau mondial, visant la régulation de la consommation d'énergie.

Consciente de ces problèmes, l'Union européenne considère que 20 p. 100 d'économie est un objectif raisonnable. Pour sa part, le Conseil mondial de

l'énergie a demandé des réductions considérables de l'« intensité de l'énergie », c'est-à-dire de la quantité d'énergie nécessaire à la production d'une unité de produit national brut (PNB). Les chiffres publiés dans un rapport du Conseil mondial de l'énergie, en 1993, suggèrent un rendement énergétique mondial moyen de 3 à 3,5 p. 100. En Europe de l'Ouest et au Japon, il est de 4 à 5 p. 100, alors qu'il n'est que de 2 p. 100 aux États-Unis.

En Europe de l'Ouest, 40 p. 100 de l'énergie est consommée par les particuliers, 25 p. 100 par l'industrie et 30 p. 100 dans les transports ; près de la moitié de l'énergie totale est consommée dans des locaux d'habitation ou professionnels.

5 RÉDUCTION DE LA CONSOMMATION D'ÉNERGIE

5.1 Chauffage

Pour les particuliers, la consommation énergétique la plus importante est imputable au chauffage. Les pistes à explorer en vue d'une balance énergétique plus favorable concernent les installations de chauffage elles-mêmes et l'isolation thermique des habitations.

Dans ce domaine, des contradictions dues à un ensemble d'intérêts et de paramètres opposables les uns aux autres sont malheureusement à déplorer. Des accords entre les gestionnaires de logements sociaux et Électricité de France ont favorisé la généralisation des convecteurs électriques au début des années 1980, à la suite de l'augmentation du prix du pétrole, et afin de limiter les taux d'émissions nocives dans l'atmosphère dues au chauffage au charbon et au fioul. Malheureusement, ces dispositifs de chauffage accusent un rendement très bas par rapport à d'autres types d'installations.

Les appareils de chauffage électrique par rayonnement, de conception plus récente, offrent un rendement supérieur, mais leur prix d'achat est plus élevé. Les dispositifs à soufflerie avec élément en céramique ont également un très bon rendement, mais nécessitent plus d'attention quant aux risques d'incendie. Les systèmes de chauffage à briques réfractaires présentent, quant à eux, l'avantage de pouvoir consommer de l'électricité en dehors des heures de pointe, ce qui permet une meilleure gestion de la production d'électricité.

Le chauffage central au gaz est plus économique et offre un confort supérieur aux convecteurs électriques, mais son installation est nettement plus onéreuse. Le chauffage central au fioul engendre des émissions polluantes, et le prix de son installation ne se justifie que pour de grandes surfaces habitables.

Les progrès dans le secteur habitatif sont nécessairement lents, car c'est lors de la construction que les meilleures techniques d'économie d'énergie peuvent être prises en compte. Si l'on appliquait des techniques de construction appropriées, la consommation d'énergie pourrait être réduite de 20 p. 100, la période d'amortissement de l'investissement étant inférieure à cinq ans.

Dans la mesure où le renouvellement du parc des logements n'est que de quelques pour cent par an, il faut encourager l'aménagement rétroactif des systèmes plus performants de chauffage, d'isolation et d'éclairage, ou généraliser l'usage des systèmes informatiques de gestion de l'énergie, l'installation de dispositifs de régulation, de climatisation, de réfrigération de conception récente.

Des systèmes d'aides aux particuliers et aux entreprises qui investissent dans des travaux de ce type ont été mis en place. En France, elles sont distribuées par l'Agence nationale pour l'amélioration de l'habitat (ANAH), et elles comprennent des dégrèvements fiscaux et des subventions.

Voir aussi Chauffage, ventilation et climatisation.

5.2 Isolation

Les travaux d'isolation concernent les murs, les sols, la toiture et les ouvertures.

Le double-vitrage, posé sur un cadre à rupture de pont thermique, permet de pallier le défaut du verre, bon conducteur de chaleur. Ce dispositif est constitué de deux vitres parallèles, séparées par un vide.

Le polystyrène expansé est un bon isolant thermique. Avec ce matériau, on peut recouvrir à peu de frais les murs intérieurs des habitations, ou encore le mélanger au béton afin de réaliser des dalles de sol isolantes. La laine de verre est aussi un excellent isolant thermique, notamment pour l'isolation des combles. Des procédés récents permettent de monter des cloisons au moyen de plaques de plâtre à fixer sur des rails, entre lesquelles on place de la laine de verre, pour ses qualités d'isolant à la fois thermique et phonique.

Voir aussi Isolation.

5.3 Éclairage

L'éclairage est un poste moins important du budget de consommation énergétique que le chauffage. Néanmoins, on peut réaliser des économies

grâce à un matériel plus performant. Des ampoules à basse consommation d'électricité permettent d'obtenir un rendement supérieur de 40 p. 100 par rapport à celui des ampoules à incandescence traditionnelles. Toutefois, la qualité de leur lumière — moindre que celle des ampoules à fil de tungstène — a mis un frein à l'engouement escompté par les fabricants.

Voir aussi Éclairage (théâtre).

5.4 Secteur industriel

Le rendement des chaudières et des fours pourrait souvent être radicalement amélioré par un réglage et un contrôle soignés de la quantité d'air. La récupération des calories excédentaires au moyen d'échangeurs de chaleur, de pompes à chaleur et de programmeurs thermiques pourrait faire l'objet d'évaluations rigoureuses. L'amélioration des systèmes de vapeur et de condensation entraînerait des économies substantielles.

5.5 Production d'électricité

Le rendement de la production électrique est régi par les lois de la thermodynamique. En augmentant la température d'entrée (par l'introduction de nouveaux matériaux et de nouvelles techniques), on a pu obtenir des rendements de conversion de 42 p. 100 pour les turbines à gaz les plus récentes. Si le gaz d'échappement chaud est utilisé pour augmenter la vapeur d'alimentation d'une turbine à vapeur, il s'agit d'un système dit à cycle combiné, dont le rendement approche 60 p. 100. Dans le monde entier, les centrales électriques à cycle combiné au gaz naturel tendent à remplacer les centrales au charbon et au pétrole. Une autre raison de les adopter est leur faible impact sur l'environnement, leurs émissions en dioxyde de carbone étant réduites.

Pour exploiter l'énergie des combustibles fossiles de façon encore plus rentable, on peut utiliser des systèmes de cogénération, ou systèmes dits combiné chaleur et électricité (CHP). Dans ce cas, la chaleur issue de la turbine est utilisée pour actionner le générateur électrique, qui permet le chauffage ou la climatisation des locaux. Ces systèmes ont un rendement global énergétique supérieur à 80 p. 100.

Voir aussi Électricité, production et distribution de l'.

5.6 Transports routiers

Quelque 625 millions de voitures particulières et de véhicules utilitaires sont actuellement en circulation dans le monde ; on prévoit que leur nombre dans les pays industrialisés double d'ici 2020. Dans les pays en voie de développement, l'augmentation devrait même être plus rapide. Bien que le rendement des moteurs à explosion se soit nettement amélioré grâce à de nouveaux systèmes d'allumage, on construit encore des voitures dont les performances sont supérieures à ce qu'autorisent les réseaux routiers.

Afin de lutter contre la pollution, la recherche concernant le développement des véhicules électriques a pris un nouvel essor. Grâce à des améliorations techniques, les voitures ont une plus grande autonomie et atteignent des vitesses qui, tout en restant moindres que celles des automobiles à moteur à explosion, répondent mieux qu'auparavant aux exigences de la circulation urbaine. Des initiatives publiques ont permis la mise en place de sites-pilotes, en équipant des villes de bornes pour recharger les batteries.

La circulation automobile croissant, et par conséquent les embouteillages se généralisant dans la plupart des villes, de nombreuses municipalités ont pris des mesures favorisant l'usage des transports en commun : aménagement de couloirs strictement réservés aux bus et aux taxis, stationnement payant généralisé et à des prix très élevés en centre ville, construction de parcs de stationnement aux portes des villes, ou encore interdiction de circuler les jours de pics de pollution. Malheureusement, ces mesures sont le plus souvent dissuasives pour les automobilistes, qu'incitatives par le biais d'améliorations notables des services de transport urbains. Il existe néanmoins quelques exceptions, telle la ville de Zurich, en Suisse, dont les transports urbains sont exemplaires quant à la fréquence, la densité du réseau, la couverture horaire étendue et la propreté (atmosphérique — le réseau fonctionnant pour l'essentiel à l'électricité — et des voitures), facteurs auxquels il convient d'ajouter le prix de l'abonnement, compétitif par rapport au prix de l'utilisation d'une voiture particulière.

Voir aussi Automobile, industrie ; Automobile, pollution.

5.7 Carburants

Les taxes françaises sur les carburants pour les véhicules à moteur représentent plus de la moitié de leur prix pour les consommateurs. Le choix politique d'un prix inférieur pour le gazole a été récemment remis en question, à la suite notamment des déclarations de nombreux experts quant à la pollution atmosphérique qu'il engendre. De nombreux pays encouragent ou rendent

obligatoires les pots catalytiques, dispositifs permettant, tout en utilisant une essence dont la teneur en plomb est très basse par rapport à l'essence traditionnelle — donc nettement moins polluante que cette dernière —, de bénéficier d'un bon rendement.

5.8 Politique énergétique

Afin de favoriser les économies d'énergie, les gouvernements ont recours à des incitations fiscales combinant subventions et impôts. Un impôt carbone énergie a ainsi été suggéré pour l'Union européenne, de 10 dollars par baril d'équivalent pétrole, partagé de manière égale entre énergie et carbone. De telles mesures sont déjà appliquées dans certains pays comme le Danemark.

Les ressources énergétiques mondiales devront être utilisées de façon plus rentable à l'avenir, si nous souhaitons faire face à la demande accrue en énergie. La limite même des ressources mondiales en combustibles non renouvelables ainsi que la progression constante du nombre d'habitants sur notre planète exigent une réponse urgente.

Voir aussi Agence internationale de l'énergie de l'OCDE ; Charbon ; Combustibles, gaz ; Crise économique ; Pétrole.

