

OBJECTIFS

Dans le débat actuel sur l'énergie, il faut :

- Définir des objectifs précis et établir une politique rationnelle et inscrite dans le temps.
- Faire émerger des solutions en s'appuyant sur la science et la technologie, moteurs des innovations.
- Tenir compte de tous les autres facteurs économiques, sociaux, géopolitiques et d'impact sur l'environnement et envisager simultanément la nécessaire indépendance du pays et le besoin de réduction des dépenses d'importations d'énergie.
- Concevoir le futur équilibre entre les énergies fossiles, l'énergie nucléaire et les énergies renouvelables.
- Envisager les difficultés avec lucidité et ne pas se contenter d'incantations.

Ce rapport propose un éclairage des questions de l'énergie abordées principalement sous l'angle des recherches à mener. Les recommandations principales sont données ci-dessous.

RECOMMANDATIONS

- (1) Les **besoins futurs en énergie** ne pourront être assurés que par **une diversification des ressources**. Il faut se préparer à une transition énergétique qui associe une diminution de la consommation des énergies fossiles à une introduction plus importante des énergies renouvelables dans la répartition énergétique évolutive du futur (souvent appelée « mix » énergétique), tout en maîtrisant leurs intermittences. Les difficultés sont grandes car cela implique de trouver des solutions au problème du stockage de l'énergie et à celui de l'extension du

réseau de transport d'électricité, avec des conséquences économiques et sociétales considérables. Dans ce contexte, **l'énergie nucléaire occupe une place particulière**, car elle permet de réduire la dépendance par rapport aux énergies fossiles, d'assurer une continuité de production massive d'électricité irremplaçable par les énergies renouvelables, et cela à un coût compétitif. L'outil industriel est complet, le retour d'expérience et la compétence existent pour assurer la sûreté.

- (2) La « **transition énergétique** » ne pourra être réalisée sans un **effort de recherche, de développement et d'innovation soutenu**. Il devrait être ciblé sur toutes les composantes du mix énergétique futur, incluant une meilleure utilisation des énergies fossiles, l'exploitation des carburants de synthèse, le développement de filières bio-sourcées et les filières nucléaires. Cet effort devrait notamment porter sur le problème majeur du stockage de l'énergie. La capture, le stockage ou la valorisation du CO₂ pourront être des solutions à l'utilisation de ressources carbonées.
- (3) La « **transition énergétique** » ne pourra être réalisée sans engager simultanément un effort important pour augmenter **l'efficacité dans l'utilisation de l'énergie** et réduire la consommation dans tous les domaines et notamment dans celui de l'habitat (isolants à haute performance, matériaux de stockage/restitution de la chaleur... et des transports (nouvelles technologies de combustion et hybridation électrique/thermique) en généralisant les solutions déjà disponibles et en recherchant des solutions innovantes. Les normes édictées récemment seront efficaces pour les nouvelles constructions mais le problème principal est celui de l'habitat existant.
- (4) **L'intermittence des énergies renouvelables** pose les problèmes de la compensation du manque de production et de leur intégration dans le réseau. Il faut les traiter en priorité. Un développement à grande échelle des énergies éoliennes et solaires nécessitera une **interconnexion** plus poussée, pour augmenter des capacités d'échanges, le transport de l'électricité sur des grandes distances par les lignes à haute tension, et l'exploitation du concept de **réseaux intelligents**. Le développement de tous les **moyens de stockage** de l'électricité constitue un des éléments clés pour le développement des sources d'énergies renouvelables.
- (5) Dans la perspective d'une réduction ou d'un plafonnement de la production du pétrole conventionnel, il faut examiner sans retard les possibilités d'exploitation **d'hydrocarbures non conventionnels** et notamment des **gaz de schiste** après une évaluation des réserves et une prise en compte des contraintes d'environnement et de

protection des nappes phréatiques. On pourra dans ce domaine tirer parti de l'expérience déjà disponible pour définir les cahiers des charges et élaborer les réglementations adaptées. L'avenir énergétique est trop incertain pour qu'on puisse se permettre de ne pas faire au minimum une évaluation des potentialités.

- (6) **Les choix de politique énergétique** doivent s'appuyer sur une **analyse scientifique** de l'état des recherches, des possibilités technologiques, des capacités et des atouts industriels, et sur une évaluation raisonnée de l'impact sur l'environnement et des risques associés. Ces choix doivent être guidés par des **objectifs économiques fondamentaux**, la nécessaire réduction des importations de combustibles fossiles (qui pèsent lourd dans la balance commerciale et dont la raréfaction est inévitable) et par la recherche de l'indépendance énergétique.
- (7) La résolution des problèmes énergétiques nécessite une **alliance entre recherche fondamentale, recherche technologique et recherche industrielle**. Tout doit être entrepris pour promouvoir cette coopération capitale, entre les laboratoires de recherche publique et l'industrie. Il paraît tout aussi utile de promouvoir de grands programmes de coopérations et de collaborations scientifiques européens et internationaux sur les nouvelles technologies des énergies qui évitent la compétition stérile et le gaspillage des moyens. Les choix des priorités, les calendriers de développement, les moyens à mobiliser doivent s'inscrire dans la politique énergétique.
- (8) **Une partie des difficultés** dans le développement du mix énergétique futur et de la transition énergétique est associée à **l'acceptabilité sociale**. Pour que les enjeux et les facteurs clés soient compris par le public, il faut développer, dès l'école, et sur internet, **une véritable politique d'éducation**, d'explication et d'information pour augmenter la capacité de compréhension des facteurs scientifiques, économiques et environnementaux. L'objectif est d'accroître la capacité des citoyens à mieux évaluer les avantages et les inconvénients des choix énergétiques.
- (9) La France devrait **focaliser les efforts de recherche et développement sur les sujets où elle dispose d'atouts**, de laboratoires et d'entreprises ayant au moins une taille critique. Elle devrait aussi soutenir des filières de formation professionnelle à tous niveaux, adaptées et actualisées, dans le domaine de l'énergie.

GOALS

In the ongoing debate on energy challenges and related issues, one must:

- Identify precise objectives and set up a long-term rational policy.
- Promote solutions based on science and technology, which are the driving forces of innovation.
- Take into account all other relevant economic, social, geopolitical and environmental impact factors and, simultaneously, integrate the necessary search for energy independence and the need to reduce costs of energy imports.
- Design a future balance (or mix) between fossil, nuclear and renewable energy sources.
- Difficulties and obstacles have to be addressed with adequate lucidity and not be invocations.

This Academic report proposes to throw light on energy challenges, mainly from the point of view of research. The principal recommendations are set out in what follows.

RECOMMENDATIONS

- (1) **Future energy requirements** will only be satisfied by implementing **a diversified mix of energy resources**. We have to prepare ourselves for a forthcoming energy transition, combining a lower consumption of fossil fuels and a greater use of renewable energies in the changing energy mix, while at the same time controlling/compensating for their intrinsic intermittent characteristics. The difficulties raised by this transition are serious since they imply that we have to seek and find solutions to two major problems: energy storage and extension of the electric grid, with notable economic and societal consequences. In this context, **nuclear power generation has a special role to play**, it reduces the dependence on fossil fuels, it ensures a massive base supply of electricity, which cannot be replaced by renewable sources and it allows a competitive per kilowatt-hour production cost.

The associated industrial facilities and plants exist and the feedback received from fuel cycle implementation as well as the available skills and competence of staffs guarantee the required safety of operations.

- (2) **The energy transition** will only be possible if **sustained investments are engaged in terms of research, development and innovation**. Such efforts should be directed to all components of the future energy mix, including that of making a better (*viz.* more efficient) use of fossil fuel, improved processes for synthetic or bio-fuels production, development of renewable and nuclear energies. One main objective will be to seek solutions to the important question of energy storage. Technologies should be sought for CO₂ capturing and sequestration or recycling which could prove useful in relation to the large scale use of carbon intense resources.
- (3) **The energy transition** will only be possible if one simultaneously engages on paths chosen to promote efficiency in all uses of energy and reduction of energy consumption in every area, notably housing (high performance insulation materials, heat storage and restitution processes...), and in transportation (new combustion technologies and hybrid assemblies of electric motors/thermal engines). This would require follow-on implementations of existing solutions and research on innovative solutions. Building standards which have been issued recently will allow effective improvements of new buildings, but will not solve the problem of existing housing.
- (4) **The highly intermittent nature of renewable energies** raises issues that relate both to compensation for electric power production lack and to their integration in the electric network system. These questions require priority handling. Any large-scale development of wind turbines and solar power generation calls for a high-level interconnection with the grid in order to enhance transfer capacity, and transportation of power produced over large distances, while making full use of so-called **smart grid** techniques. Development of **all forms of electric power storage** must be seen as one of the key elements to securing satisfactory development of renewable energy sources.
- (5) With the prospect of seeing a reduction (or a peaking out of crude oil extraction), one must not delay in engaging analyses to look at the possibility of exploiting non-conventional hydrocarbon products, notably shale oil and gas. This will lead to assess the existing reserves, taking into account the environmental constraints, in particular, the issue of protecting natural water tables. In this field, one could usefully draw on experience gained thus far in other countries and on this basis, devise technical operational specifications and associated regulations

and standards. The energy future is too uncertain that one would be able to ignore what potential these sources might have; the minimum here would consist in proceeding with an assessment of potential reserves.

- (6) **Choices among possible energy policies** should be based on a scientific assessment of the current status of research, technology, of industrial capacities and assets and on a reasoned evaluation of the environmental impact and associated risks. These choices must be guided by **fundamental economic objectives**, including the necessary reduction of the amount of imported fossil fuels (the cost of which corresponds to an important fraction of France's balance of payments, and for which one can anticipate an inevitable future rarefaction) and the national objective of energy independence.
- (7) Solving energy-related issues calls for **a combination between basic, technological and industrial research and development**. Every effort should be undertaken to promote this primordial cooperation, between public research laboratories, research and industrial R&D. It likewise would prove useful to promote major scientific cooperation programmes and collaborations at both European and international levels, on novel energy technologies, with the aim to avoid sterile competition and waste of means. The definition of priorities and the agreement on development programmes and allocation of support should be integral parts of any future energy policy.
- (8) **Some of the difficulties** encountered while seeking to develop a future energy mix lies in the degree **of social acceptability** of the possible solutions. In order for the issues and key factors to be fully understood by the public at large, efforts should be deployed in both early education and via Internet links, in a general policy aimed at educating, explaining and informing people about issues thus increasing their capacity to better assess the advantages and drawbacks of energy options.
- (9) France should be **focussing its R&D efforts in areas where it has clear assets**, with at least critical-mass laboratories and industrial enterprises. France should also support updated and adapted professional training at all levels focusing on energy-related questions.