

PARLIAMENTARY ASSEMBLY
OF THE
COUNCIL OF EUROPE

6 June 1991

Doc. 6456

REPORT

**on renewable energy sources
and solar hydrogen**

(Rapporteur : Mr SCHEER,
Germany, Social Democratic Party)

Summary

Everybody is in favour of renewable energies but little has been done to develop them. Most of the energy we use comes from fossil fuels which are responsible for the greenhouse effect. Renewable energies, more environment friendly than fossil fuels, should gradually replace these. Governments should increase their research and their efforts in the field of renewable energy sources. Among other specific measures the Assembly calls for the setting up of an international renewable energy agency (IREA) and for the consideration of taxes on CO₂ emissions.

I. Draft resolution

1. The Assembly notes with concern that world energy supply is heavily dependent on fossil fuels of which there are limited reserves unevenly distributed over the planet. The concentration of nearly 60% of the world's oil reserves in the Middle East is a permanent threat to peace in that region.

2. Among human activities the burning of fossil fuels is the main reason for the increase in the concentration of carbon dioxide in the atmosphere and therefore it is also one of the main contributors to the man-induced greenhouse effect. Burning fossil fuels also releases pollutant gases such as SO₂ and NO_x and mutagenic and carcinogenic particles endangering human health.

3. In theory, the potential of renewable energies is more than enough to meet the needs of mankind. World energy consumption in one year is equivalent to the solar radiation that reaches the earth in only forty-five minutes. This energy can be used either by converting direct solar radiation into heat or electricity or through atmospheric winds, ocean thermal energy, hydropower or biomass

ASSEMBLÉE PARLEMENTAIRE
DU
CONSEIL DE L'EUROPE

6 juin 1991

Doc. 6456

RAPPORT

**sur les sources d'énergie renouvelables
et l'hydrogène solaire**

(Rapporteur : M. SCHEER,
Allemagne, Parti social-démocrate allemand)

Résumé

Nous sommes tous en faveur des énergies renouvelables, mais on ne fait pas assez pour les développer. La plupart de l'énergie que nous utilisons vient des combustibles fossiles qui sont responsables de l'effet de serre. Les énergies renouvelables, moins dangereuses pour l'environnement que les combustibles fossiles, devraient progressivement les remplacer. Les gouvernements devraient accroître leur effort de recherche et de développement dans le domaine des sources d'énergie renouvelables. Entre autres mesures spécifiques, l'Assemblée demande la création d'une agence internationale de l'énergie renouvelable (AIER) et l'examen de taxes sur l'émission de CO₂.

I. Projet de résolution

1. L'Assemblée note avec inquiétude que l'approvisionnement mondial en énergie est fortement tributaire des combustibles fossiles dont les réserves sont limitées et inégalement réparties à l'échelon planétaire. La concentration de près de 60 % des réserves mondiales de pétrole au Proche-Orient est une menace permanente pour la paix dans cette région.

2. L'emploi de combustibles fossiles est la principale activité humaine responsable de la concentration accrue de gaz carbonique dans l'atmosphère et aussi, par conséquent, de l'effet de serre provoqué par l'homme. Il engendre, en outre, l'émission de gaz polluants tels que le SO₂ et les NO_x, et de particules mutagènes et carcinogènes, qui menacent la santé publique.

3. En théorie, les énergies renouvelables ont un potentiel suffisant pour répondre aux besoins de l'humanité. La consommation annuelle d'énergie dans le monde entier équivaut au rayonnement émis sur la terre par le soleil en l'espace de quarante-cinq minutes. On peut exploiter cette énergie en convertissant directement le rayonnement solaire en chaleur ou en électricité, ou bien faire

including biotechnology. Other renewable energy sources are the waves and tides (ocean kinetic energy) and geologic heat (geothermal energy). However, its full development will take several decades in which conventional energies are still necessary. Efforts in research, development and demonstration need to be increased both at the level of the public and industry as the share of renewable energies in the total energy supply will depend to a certain extent on the amount of public and private investments in renewable energy technologies.

4. It should be noted that renewable energies produce less impact on environment and human health. No difficulties arise from waste or reactor accidents and there are no traces of gas which are harmful to the earth's atmosphere. Renewable energy sources should be used only to the extent that they do not damage the "renewability" of the environment; for instance, very large-scale hydro-electrical dams should be excluded as well as the intensive use of biomass whenever its potential cannot be renewed.

5. The Assembly believes that energy policy should be linked to environment policy and that therefore energy conservation, through its efficient use and the gradual replacement of traditional energy sources with renewable energies, should be among the goals of any sound energy policy.

6. It notes, however, that renewable energies have not been a priority in European research and development budgets in the field of energy. Indeed, research and development in renewables have stagnated or decreased in many European countries since 1981, despite their contribution to the solution of many technical problems, the reduction of a number of uncertainties and the establishment of a solid technical basis.

7. Therefore, in order to prepare for a sound long-term energy policy that would secure energy supplies, protect and improve the quality of the environment and ensure a rational utilisation of natural resources, the Assembly calls on member states:

i. to pursue, particularly by continuing present efforts, research, development and demonstration programmes at national and international levels, and periodically assess them from the techno-economic point of view, in relation to market potential;

appel à l'énergie éolienne, thermo-océanique, hydraulique ou tirée de la biomasse, y compris la biotechnologie. Parmi les autres sources d'énergie renouvelables, on peut citer les vagues et les marées (énergie cinétique produite par les océans) et la chaleur de la terre (énergie géothermique). Toutefois, il faudra plusieurs décennies avant que cette énergie puisse être pleinement exploitée. En attendant, les énergies traditionnelles demeureront nécessaires. Il faudra accroître l'effort de recherche, de développement et de démonstration, tant au niveau public qu'au niveau de l'entreprise; en effet, la part de l'énergie renouvelable dans l'offre énergétique totale dépend, dans une certaine mesure, du montant des fonds, publics et privés, investis dans les technologies concernant l'énergie renouvelable.

4. Il faut noter que les énergies renouvelables ont moins d'impact sur l'environnement et la santé de l'homme. Elles n'entraînent pas de problèmes de déchets ou d'accident de réacteurs et ne produisent pas de gaz nocifs pour l'atmosphère. Il ne faudrait exploiter les sources d'énergie renouvelables que dans la mesure où elles ne compromettent pas la «renouvelabilité» de l'environnement. Par exemple, il faudrait renoncer aux barrages hydroélectriques de très grande dimension, ainsi qu'à l'exploitation intensive de la biomasse, à chaque fois qu'on ne peut en renouveler le potentiel.

5. L'Assemblée estime que la politique énergétique doit être liée à la politique de l'environnement et que, par conséquent, la conservation de l'énergie grâce à son exploitation rationnelle et le remplacement progressif des sources d'énergie traditionnelles par des énergies renouvelables doivent figurer parmi les buts de toute politique énergétique viable.

6. Elle note, toutefois, que les énergies renouvelables ne sont guère considérées comme une priorité dans les budgets européens de recherche et de développement en matière d'énergie. En effet, la recherche-développement en matière d'énergies renouvelables stagne ou diminue dans de nombreux pays européens depuis 1981, bien qu'elle ait contribué à résoudre de nombreux problèmes techniques, à réduire plusieurs incertitudes et à établir une solide base technique.

7. En vue d'élaborer une politique énergétique à long terme, saine et de nature à garantir les approvisionnements en énergie, à préserver, voire à améliorer, la qualité de l'environnement ainsi qu'à assurer une utilisation rationnelle des ressources naturelles, il est demandé aux Etats membres:

i. de poursuivre — notamment en maintenant les efforts actuels — les recherches fondamentales et appliquées et les programmes de démonstration institués aux niveaux national et international, ainsi que d'en évaluer périodiquement les résultats du point de vue techno-économique, dans l'optique du potentiel commercial des sources d'énergie considérées;

ii. to review priorities for further development of renewable energy and energy saving technologies, in co-ordination with European and international organisations and focus on those which seem most promising, considering each country's resources and constraints ;

iii. to compile national inventories of renewable energy resources and disseminate these inventories as widely as possible at international, national, regional and local levels ;

iv. to promote co-operation among industries producing equipment for the exploitation of renewable energy sources and promote the transfer of technology and co-operation between small and medium enterprises to facilitate their adjustment to potential demand ;

v. to promote and co-ordinate the transfer, on a non-profit-making basis, of renewable energy technologies from the industrialised countries to the Third World, *inter alia* by :

a. setting up an international renewable energy agency (IREA), for which the International Atomic Energy Agency is a case of reference, as recommended by the United Nations Solar Energy Group on Environment and Development (UNSEGED) and the Austrian Government. Such an agency should work in connection and co-operation with existing United Nations agencies (IDA, Unesco, FAO, WHO, WMO, UNDP, UNIDO, UNCTAD, UNEP, the World Bank and regional development banks) and with the OECD's International Energy Agency ;

b. setting up a network of research institutes on renewable sources of energy as recommended by the United Nations Consultative group of high level experts on new and renewable sources of energy and as it is now implemented by the European Renewable Energy Centres (EUREC) ;

vi. to guarantee tariffs for the supply to the distribution network of energy generated from renewable sources in the light of Italian and German legislation in force since 1 January 1991 ;

vii. to consider the introduction of technologies for the use of renewable energies in private homes, small and medium-sized enterprises, agricultural facilities, etc. through financial subsidies and tax benefits ;

viii. to ensure that in public investment the possibility of using renewable energy and energy saving measures is taken into account ;

ii. de réexaminer l'ordre de priorité attribué au développement des technologies fondées sur l'exploitation des sources d'énergie renouvelables et sur les économies d'énergie, en coordination avec les organisations européennes et mondiales, ainsi que de mettre l'accent sur celles qui semblent les plus prometteuses, compte tenu des ressources et des contraintes propres à chaque pays ;

iii. de dresser des inventaires nationaux des ressources énergétiques renouvelables et de les diffuser le plus largement possible aux niveaux international, régional et local ;

iv. de promouvoir, d'une part, la coopération entre les entreprises produisant des équipements pour l'exploitation des sources d'énergie renouvelables, d'autre part, le transfert de technologie et la coopération entre les petites et moyennes entreprises pour faciliter l'adaptation de celles-ci à la demande potentielle ;

v. de promouvoir et coordonner le transfert — sur une base non lucrative — des technologies concernant l'énergie renouvelable, des pays industrialisés vers le tiers monde. A cette fin, on procéderait notamment à la création :

a. d'une agence internationale de l'énergie renouvelable (AIER), sur le modèle de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), comme l'ont recommandé le Groupe de l'énergie solaire pour l'environnement et le développement des Nations Unies (UNSEGED) et le Gouvernement autrichien. Cette agence devrait coopérer avec les institutions onusiennes existantes (IDA, UNESCO, FAO, OMS, OMM, PNUD, ONUDI, CNUCED, PNUE, la Banque mondiale et les banques régionales de développement), ainsi qu'avec l'Agence internationale de l'énergie de l'OCDE ;

b. d'un réseau d'instituts de recherche sur les sources d'énergie renouvelables, comme l'a recommandé le Groupe consultatif des Nations Unies — composé d'experts de haut niveau — sur les sources d'énergie nouvelles et renouvelables ; c'est, d'ailleurs, un réseau de ce genre qui fonctionne actuellement sous l'égide des Centres européens pour l'énergie renouvelable (EUREC) ;

vi. de garantir les prix de cession de l'énergie produite à partir de sources renouvelables au réseau de distribution à la lumière des législations italienne et allemande en vigueur depuis le 1^{er} janvier 1991 ;

vii. d'envisager l'introduction de technologies pour l'utilisation d'énergies renouvelables dans les habitations, les petites et moyennes entreprises, les exploitations agricoles, etc., par le biais de subventions financières et de mesures fiscales ;

viii. de veiller à ce que, dans les investissements publics, on prenne en compte la possibilité d'utiliser des sources d'énergie renouvelables et d'appliquer des mesures d'économie d'énergie ;

ix. to introduce, where appropriate and necessary, legislation and/or administrative procedures which would help to overcome, on a non-discriminatory basis, obstacles to the exploitation of renewable energy sources ;

x. to consider the increase or the introduction of taxes on the production of fossil energy to take account of the effects of such energy on the environment and human health ; national policies in this respect should be co-ordinated at international level (for example, agreements regarding CO₂ emissions) ;

xi. to ensure that information on renewable energy and energy-saving technologies is widely circulated among those who could best develop their utilisation either as producers or consumers of energy ;

xii. to ensure that the teaching of renewable technologies is included in the curricula of the appropriate university or other post-secondary level studies (for example, solar passive design in architecture).

II. Draft order

The Assembly, referring to its Resolution 974 (1991) on renewable energy sources and solar hydrogen, instructs its Committee on Science and Technology to consider energy policies and prospects in Europe and the world, to take account of the work of international organisations in the field of energy and to propose guidelines and measures for a comprehensive long-term energy policy.

II. Explanatory memorandum

by Mr SCHEER

Introduction

1. Theoretically, the potential of renewable energies is sufficient to meet the needs of mankind. In just forty-five minutes, the sun radiates as much energy onto the earth as mankind consumes in an entire year. In addition to direct solar energy, the potential for energy is available through hydroelectricity, wind energy, biomasses, geothermal energy and sea energy. All of these energy sources are inexhaustible, that is to say, they are available without limit. Conversion of primary energy into usable secondary energy sources produces no waste or emissions.

2. There is a wide variety of technologies available which enable the conversion of renewable energy sources. The spectrum reaches from the

ix. d'instituer — lorsque c'est approprié et nécessaire — une législation et/ou des procédures administratives de nature à surmonter — en évitant toute discrimination — les obstacles à l'exploitation des sources d'énergie renouvelables ;

x. d'envisager l'augmentation ou l'introduction de taxes sur la production d'énergie d'origine fossile pour tenir compte des effets de cette énergie sur l'environnement et la santé ; les politiques nationales en cette matière devront être coordonnées au niveau international (par exemple par des accords sur l'émission de CO₂) ;

xi. de veiller à ce que l'information sur les sources d'énergie renouvelables et les techniques d'économie d'énergie soit diffusée largement entre tous ceux qui, en tant que producteurs ou consommateurs d'énergie, sont les mieux placés pour développer leur utilisation ;

xii. de veiller à ce que l'enseignement sur les technologies liées aux sources d'énergie renouvelables figure au programme de l'université compétente ou de tout autre établissement d'enseignement postsecondaire (cet enseignement pourrait porter, par exemple, sur la prise en compte par l'architecture de l'énergie solaire passive).

II. Projet de directive

L'Assemblée, se référant à sa Résolution 974 (1991) relative aux sources d'énergie renouvelables et à l'hydrogène solaire, charge sa commission de la science et de la technologie d'étudier les politiques énergétiques et les perspectives en Europe et dans le monde, de s'informer des travaux des organisations internationales œuvrant dans ce domaine et de proposer un cadre et des mesures afin d'arrêter une politique énergétique globale à long terme.

III. Exposé des motifs

par M. SCHEER

Introduction

1. En théorie, les énergies renouvelables ont un potentiel suffisant pour répondre aux besoins de l'humanité. En l'espace de quarante-cinq minutes, le soleil irradie sur la terre autant d'énergie que l'humanité en consomme pendant toute une année. Il existe un potentiel énergétique non seulement dans le rayonnement direct du soleil, mais aussi dans l'hydroélectricité, le vent, la biomasse et les océans. Toutes ces sources d'énergie sont inépuisables, c'est-à-dire que l'on peut en disposer sans limite. D'autre part, elles se caractérisent par le fait que la conversion de leur énergie primaire en énergie secondaire ne produit ni déchets, ni émissions.

2. Il existe un large éventail de technologies permettant de convertir les sources d'énergie renouvelables. Cela va de l'utilisation passive du

passive use of solar radiation in homes to the use of agricultural waste for electricity, heat, combustibles and fuel generation ; from direct conversion of sunlight into electricity (photovoltaic energy), the conversion of solar heat into the generation of warm water and turbines (solarthermal energy), as well as the use of wind, biomass, hydropower, and sea energy for the generation of electricity. The use of geothermal energy for electrical and heat generation also falls within the spectrum of possibilities for the conversion of renewable energies.

3. In the world energy supply, commercial energy conversion is differentiated from non-commercial energy conversion, especially in countries of the Third World. Among the commercial energy carriers (approximately 85% of world wide supply), fossil fuels account for about 88% of the world supply (oil 37%, coal 29%, gas 22%). Both nuclear energy and hydropower contribute 6% each to the world energy supply. Global environmental problems arise with the use of fossil fuels (for example, the greenhouse effect as a result of CO₂ emissions, deforestation, impairment of health in densely populated areas). The use of nuclear energy presents additional serious global environmental and security problems (for example, fallout from reactor accidents, problems of atomic waste disposal, dangers of proliferation of atomic weapons). Of renewable energy sources, only hydropower plays a statistically relevant role in the commercial world energy supply at present, although only about 5% of its potential has been exploited thus far. The use of hydropower, however, often occurs in conjunction with serious consequences for the natural environment (for example, power stations require large spaces for reservoirs).

Background

4. The non-commercial energy supply (total share approximately 15%) contributes a large share to the energy supply in a few countries of the Third World. (According to the last report of the World Resources Institute (1987), the share in some Third World's large countries is as follows: 29% in China, 54% in India and 29% in Brazil, as well as 71% in Bangladesh, 88% in Niger, 95% in Ethiopia, 98% in Nepal, and 84% in Somalia). In the case of non-commercial energy sources, it is largely a matter of renewable energies lacking the

rayonnement solaire dans les domiciles privés à l'utilisation des déchets agricoles pour la production d'électricité, de chaleur et de combustibles, en passant par la conversion directe de la lumière solaire en électricité (énergie photovoltaïque), l'utilisation de la chaleur solaire pour la production d'eau chaude et le fonctionnement des turbines (énergie thermique solaire), ainsi que l'utilisation du vent, de la biomasse, de l'énergie hydraulique et de l'énergie marémotrice pour la production d'électricité. L'exploitation de l'énergie géothermique pour la production d'électricité et de chaleur s'inscrit, elle aussi, dans la gamme des possibilités qu'il y a de convertir les sources d'énergie renouvelables.

3. Sur le marché mondial de l'énergie, on établit une distinction entre la conversion commerciale des sources d'énergie et leur conversion non commerciale, en particulier dans les pays du tiers monde. Parmi les porteurs d'énergie commerciaux (environ 85% du marché mondial), les combustibles fossiles représentent environ 88% du marché mondial (pétrole : 37%, charbon : 29%, gaz : 22%). L'énergie nucléaire et l'énergie hydraulique représentent chacune 6 % du marché énergétique mondial. L'utilisation des combustibles fossiles a dans le monde entier des effets nocifs sur l'environnement (citons par exemple l'effet de serre résultant des émissions de CO₂, la déforestation due aux pluies acides, ainsi que les atteintes à la santé publique observées dans les régions à forte densité de peuplement). L'utilisation de l'énergie nucléaire, quant à elle, pose en outre de graves problèmes de sécurité et d'environnement dans le monde entier (que l'on songe par exemple aux retombées provoquées par les accidents de réacteur, à la difficulté d'éliminer les déchets nucléaires ou au danger de prolifération des armements nucléaires). Parmi les sources d'énergie renouvelables, seule l'énergie hydraulique joue à l'heure actuelle un rôle statistiquement conséquent sur le marché mondial de l'énergie, bien que l'on n'ait réussi à exploiter jusqu'à présent qu'environ 5% de son potentiel. On observe cependant que son exploitation a souvent de graves conséquences pour le milieu naturel (par exemple les stations hydrauliques nécessitent l'aménagement de vastes espaces en lacs de retenue).

Les données du problème

4. Le marché de l'énergie non commerciale (dont la part totale est d'environ 15%) représente un grand pourcentage du marché énergétique dans quelques pays du tiers monde. Selon le dernier rapport de l'Institut des ressources mondiales (1987), sa part dans le marché énergétique total de certains grands pays du tiers monde est la suivante : 29% en Chine, 54% en Inde, 29% au Brésil, 71% au Bangladesh, 88% au Niger, 95% en Ethiopie, 98% au Népal et 84% en Somalie. Cela tient en grande partie au fait que les sources

implementation of technologies or it is a question of the use of forest resources resulting in uncontrolled forest destruction.

5. The environment-political tasks can no longer be separated from the energy-political tasks; energy policy can no longer function without environmental policy. Environmental policy requires a new energy policy. Thus we are faced with the general goal of continuously reducing conventional energy sources through two measures:

- the conservation of energy;
- the replacement of traditional energy sources with renewable energies

The necessity for this results from an ecological challenge no longer solely due to limited resources of conventional energies, as the Club of Rome stated in 1971 in its report "The Limits of Growth".

6. Fossil fuels are finite. At the present rates of consumption, coal will last for more than twenty-five years but gas will last for sixty years only and oil will be exhausted in thirty years time. If we take into consideration the increase in world population and the increase in energy demand in developing countries, these lifetimes could be halved. It is urgent therefore to save oil for transport and chemical industries instead of burning it in power stations. Uranium deposits are also limited. Their potential can only be lengthened through fast-breeder reactors, a sensitive nuclear technology which exposes heightened security problems, generates additional public acceptance problems and moreover can be technologically operated in only a few developed countries. The use of fusion energy still needs decades of research and developmental work. It is doubtful that it will be available before the year 2050. Fusion energy does not present itself as an alternative for the next sixty years and therefore strategies must focus on the use of renewable energy sources, for which the technology is currently available.

7. Fossil fuels are unevenly distributed over the planet. 57% of world's oil reserves and 26% of gas reserves are located in the Middle East. Western Europe has 9% of coal reserves, 6% of gas reserves and only 3% of oil reserves (the latter will be dry by the end of this decade). The present Gulf crisis reminds us that this situation is a serious threat to peace. This threat will grow proportional

d'énergie renouvelables non commerciales souffrent d'un déficit technologique, et l'on remarque que l'exploitation des ressources forestières provoque la destruction anarchique des forêts.

5: Les tâches relevant de la politique environnementale ne peuvent plus être séparées de celles qui ressortissent à la politique énergétique, celle-ci ne pouvant plus fonctionner sans celle-là. En fait, la politique de l'environnement exige l'adoption d'une nouvelle politique énergétique. Il faut donc tout mettre en œuvre pour atteindre l'objectif général qu'est la réduction continue de l'utilisation des sources d'énergie classiques, et cela par deux mesures:

- la conservation de l'énergie;
- le remplacement des sources d'énergie classiques par les sources d'énergie renouvelables.

Il importe de prendre ces deux mesures pour faire face au défi écologique, qui ne tient plus exclusivement au caractère limité des ressources énergétiques classiques que le Club de Rome signalait en 1971 dans son rapport intitulé «Les limites de la croissance».

6. Les réserves de combustibles fossiles sont limitées. Au rythme actuel de consommation, celles de charbon dureront encore plus de 250 ans, mais celles de gaz ne dureront que 60 ans, et celles de pétrole seront épuisées d'ici à une trentaine d'années. Si l'on tient compte de l'accroissement de la population mondiale et de la demande d'énergie des pays en voie de développement, ces durées pourraient être divisées par deux. Il est donc urgent d'économiser le pétrole pour les transports et les industries chimiques au lieu d'en brûler dans les centrales électriques. Les gisements d'uranium sont eux aussi limités. Leur potentiel ne pourra être prolongé que par l'utilisation des surrégénérateurs, c'est-à-dire d'une technologie nucléaire sensible qui pose des problèmes de sécurité particulièrement importants, qui suscite encore plus d'opposition dans l'opinion publique et qui, en outre, n'est technologiquement viable que dans quelques pays développés. L'exploitation de l'énergie produite par la fusion nucléaire exigera encore des décennies de recherches fondamentales et appliquées. Comme il est douteux qu'elle soit réalisable avant l'année 2050, l'énergie de fusion ne pourra se substituer aux autres énergies avant une soixantaine d'années. C'est pourquoi les stratégies de substitution énergétique doivent être axées sur l'exploitation des sources d'énergie renouvelables, pour lesquelles il existe dès à présent une technologie.

7. Les combustibles fossiles sont répartis inégalement sur la surface de la planète. 57% des réserves mondiales de pétrole et 26% des réserves mondiales de gaz sont situés au Moyen-Orient. L'Europe occidentale possède 9% des réserves de charbon, 6% des réserves de gaz et seulement 3% des réserves de pétrole (celles-ci seront du reste épuisées d'ici la fin de la décennie). La crise du

to the depletion of resources. Nuclear energy, whose use requires highly advanced technology and administration, is also unevenly distributed. Add to this the fact that nuclear energy is produced in large plants which require an extensive network for electricity distribution. Such a network is, however, not available in a large part of the Third World, which is why nuclear energy is directed to decentrally installed energy conversion plants.

8. The burning of fossil fuels is responsible for 60% of man-made CO₂ emissions and these emissions account for half of the likely greenhouse effects. In addition the combustion of fossil fuels releases SO₂ and NO_x which are also greenhouse gases and at the same time atmospheric pollutants (*inter alia* responsible for acid rain) and carcinogenic and mutagenic particles. The only means of reducing CO₂ emissions without incurring significant economic and social costs are improved energy efficiency and substitution of fossil energy resources.

What are renewable energies ?

9. Renewable energy technologies, like the energy sources they are associated with, vary enormously. Therefore, renewable energy sources and technologies cannot be lumped together under one homogeneous and coherent heading or discussion. But there are a number of characteristics in common, stemming from the similar nature of renewable energy sources, such as the following :

— renewable energy sources are those which, in terms of the human life span, are perpetual and therefore virtually inexhaustible ; these include solar radiation, atmospheric winds, ocean thermal and ocean kinetic energy, geothermal energy, thermal and chemical energy from biomass, and mechanical energy from falling water ;

— renewable energy sources are widely dispersed and, in general, for either physical or economic reasons, they are developed and used at sites where the resource is available ;

— renewable energy sources generally have low power and energy density and, as a result, their technologies often have large space requirements. These requirements can nonetheless be reduced through careful and intelligent planning ;

— renewable energy technologies often have high initial costs, while operating costs are

Golfe nous rappelle que cette situation fait peser sur la paix une grave menace qui ne fera que s'accroître à mesure que s'épuiseront les ressources. Quant à l'énergie nucléaire, dont l'exploitation exige une technologie et une administration hautement avancées, elle se répartit elle aussi d'une façon inégale dans le monde. A cela s'ajoute le fait qu'elle est produite dans de vastes centrales, ce qui exige un réseau non moins vaste de distribution de l'électricité. Or, de tels réseaux font défaut dans une grande partie du tiers monde, et c'est pourquoi l'énergie nucléaire s'oriente actuellement vers la décentralisation des stations de conversion énergétique.

8. L'utilisation des combustibles fossiles est à l'origine de 60% des émissions de CO₂ imputables à l'homme, lesquelles provoquent la moitié de l'effet de serre qui se produit vraisemblablement dans l'atmosphère. En outre, l'utilisation des combustibles fossiles provoque des dégagements de SO₂ et de NO_x qui sont eux aussi des gaz à effet de serre et, en outre, des polluants atmosphériques (responsables, parmi d'autres facteurs, des pluies acides), et de particules carcinogéniques et mutagènes. Le seul moyen de réduire les émissions de CO₂ sans trop d'inconvénients socio-économiques est d'accroître le rendement énergétique et de remplacer les sources d'énergie fossiles.

Quelles sont les énergies renouvelables ?

9. Les technologies des énergies renouvelables varient énormément, comme les sources d'énergie auxquelles elles sont liées. Il n'est donc pas possible de les rassembler en un tout homogène pour en faire, sous le même titre, un examen cohérent. Etant cependant de natures voisines, elles ont des caractéristiques communes :

— les sources d'énergie renouvelables sont perpétuelles par rapport à la vie humaine, donc à peu près inépuisables ; il s'agit du rayonnement solaire, du vent, des énergies thermique et cinétique produites par les océans, de l'énergie géothermique, des énergies thermique et chimique de la biomasse, ainsi que de l'énergie mécanique des chutes d'eau ;

— les sources d'énergie renouvelables sont très dispersées, et, pour des raisons matérielles ou économiques, on les exploite généralement sur les lieux mêmes où elles sont disponibles ;

— les sources d'énergie renouvelables possèdent généralement une faible puissance et une densité énergétique restreinte, et leur exploitation fait donc appel à des techniques exigeant souvent beaucoup d'espace. Cette exigence peut toutefois être réduite par une planification rigoureuse et intelligente ;

— ces techniques présentent fréquemment un coût initial élevé, alors que leur coût de

low and relatively insensitive to fluctuations in conventional energy prices ;

— renewable energy technologies are often modular and can be installed relatively quickly in response to varying demand.

10. Renewable energies already contribute today some 6% to 7% of Europe's energy supply. This represents a sizeable amount, but in Europe it is restricted to the utilisation of hydropower, fuel-wood and some biomass. Most other renewable energy technologies which have emerged more recently are virtually unused at present. The case of electricity networks, where continuous supply is of utmost importance was investigated in detail in 1988/90 in a joint effort of renewable energy and utility experts from the European Community and the United States of America. The study confirmed that even the most intermittent sources, such as wind and photovoltaics, could be used in industrialised countries in very large amounts (up to 10% to 15% of current power capacity) without particular implementation problems :

— need for large land areas for installation: all renewable energies require collecting areas for solar radiation or wind, which are not in excess of the land which is currently employed for the installation of conventional energy systems (mining, transport, fuel storage, conversion, distribution, disposal areas, etc.). An exception is biomass, where the best collection efficiencies of solar energy are only between 1% and 2%. However, biomass must be seen as an agricultural commodity just like food production, for which efficiencies are also in this range. Unlike conventional energy systems, most solar energy collectors — for heating or in the form of photovoltaics — can be easily integrated into existing building structures and in particular the roofs, so that no land requirement is involved at all. Photovoltaics could also be integrated into other existing structures — along highways, etc. — which can otherwise not be used. Dual use is also possible for wind energy. There exist many examples where the land on which wind turbines have been installed is further employed for agricultural use, cattle breeding, etc. ;

— high cost : most of the renewable energies have now entered the range of cost-competitiveness with conventional energy sources. This is the case for solar energy applications in buildings, for biomass, for hydropower, for tidal power and wind. Photovoltaics is so far cost-competitive for remote applications only. Compared to the conventional, renewable energy systems offer

fonctionnement est à la fois modeste et peu sensible aux fluctuations que subissent les prix des sources d'énergie classiques ;

— les équipements techniques nécessités par l'exploitation des sources d'énergie renouvelables sont souvent modulaires et peuvent être installés assez rapidement pour répondre à une demande variable.

10. Les sources d'énergie renouvelables assurent dès à présent 6 à 7% de l'approvisionnement énergétique de l'Europe. Cette quantité non négligeable provient toutefois uniquement de l'utilisation de l'hydroélectricité, du bois fossile et, dans une moindre mesure, de la biomasse. La plupart des autres énergies renouvelables découvertes plus récemment ne sont pas exploitées actuellement. Le cas des réseaux d'électricité, pour lesquels la régularité de l'approvisionnement est capitale, a été examiné avec soin en 1988-1990 par des experts de la Communauté européenne et des Etats-Unis, spécialisés dans les énergies renouvelables et les équipements collectifs. L'étude réalisée confirme que même les sources les plus intermittentes, comme le vent et l'énergie photovoltaïque, pourraient être utilisées en très grande quantité dans les pays industrialisés (jusqu'à représenter 10 à 15% de la capacité énergétique actuelle) sans poser de problème de mise en œuvre particulier :

— la nécessité de vastes espaces pour l'exploitation des énergies renouvelables : les aires de captage du rayonnement solaire ou du vent ne sont pas supérieures à la superficie actuellement utilisée pour les systèmes d'énergie classiques (extraction, transport, stockage du combustible, transformation, distribution, décharge) (la biomasse fait toutefois exception, puisque les meilleurs rendements ne dépassent pas 1 ou 2%. Il est vrai que la biomasse doit être considérée comme un produit agricole au même titre que la production de denrées alimentaires, pour lesquelles les rendements sont aussi de cet ordre). Contrairement aux systèmes d'énergie classiques, la plupart des collecteurs d'énergie solaire — pour le chauffage ou l'alimentation de piles photovoltaïques — s'intègrent facilement dans les bâtiments existants, en particulier sur les toits, et n'ont donc pas besoin de terrain. Les piles photovoltaïques peuvent aussi être intégrées dans des structures existantes — le long des grandes routes, etc. — qui, sinon, ne sont pas utilisées. L'énergie éolienne permet aussi d'autres utilisations. Par exemple, les terres sur lesquelles sont installées des turbines éoliennes sont souvent exploitées à des fins agricoles, pour l'élevage du bétail, etc. ;

— coût élevé : la plupart des sources d'énergie renouvelables deviennent maintenant compétitives par rapport aux sources d'énergie classiques. C'est le cas des applications de l'énergie solaire dans le bâtiment, de la biomasse, de l'énergie hydro-électrique, de l'énergie marémotrice et du vent. Les piles photovoltaïques ne sont pour l'instant compétitives que pour les applications à lon-

additional cost advantages for large-scale implementation. Renewable energies involve easier and faster implementation. Moreover, they are installed close to the consumer, and hence can be more easily adapted to the users' needs and their evolution in time. As a result, the planning of renewable energies becomes more realistic in comparison to conventional power systems. It is well known that energy projections in the 1970s and at the beginning of the 1980s overestimated future consumption. Since construction times for conventional power plants are in the order of 10 years and more, it is difficult to readjust planning once construction has started. As a consequence, a lot of over-capacity of conventional power plants was built. The large cost involved could have been avoided with a type of short-term and realistic planning which is possible with renewable energies. Hence there can be a considerable cost advantage for renewable energies on a macro-economic scale because of this effect.

Renewables as compared to conventionals

11. Compared to fossil fuel and nuclear energy production and use, renewable energy sources can, in general, be considered to produce less impact on environment and human health. Fossil and nuclear energies incur considerable social costs. A quantitative assessment of these costs has been attempted through scientific criteria for quite some time (see for instance *Social Costs of Energy Consumption* by O. Hohmeyer, New York, 1988). Indeed, there are also environmental burdens which arise from the implementation of renewable energy methods (agricultural alterations, agricultural consumption, changes in the local climate) which must be avoided as much as possible. The carelessly considered construction of a large hydropower station could cause problematic changes in natural regions. A strict condition for the use of renewable energy sources would be that these energies should only be used when the renewability of the natural environment from which these sources originate is not endangered. However, the impact on the regional environment which results from the use of renewable energies does not compare to the irreversible global damages which result from the consumption of conventional energies. This is a qualitative fundamental difference between conventional energy carriers and renewable energy sources.

12. There are at least four different types of external costs which should be considered when comparing renewable energies with conventional sources and utilisation schemes. The first one con-

gue distance. Par rapport aux systèmes classiques, les énergies renouvelables offrent des avantages supplémentaires en matière de coût pour les installations à grande échelle. Les énergies renouvelables sont plus facilement et plus vite exploitables. En outre, elles sont installées à proximité du consommateur. Il est donc plus facile de les adapter aux besoins des utilisateurs et à l'évolution de leurs besoins dans le temps. En conséquence, la planification des énergies renouvelables tient davantage compte de la réalité que les systèmes d'énergie classiques. Chacun sait que dans les années 70 et au début des années 80 on a surestimé la consommation future d'énergie. Etant donné que le temps nécessaire à la construction de centrales électriques classiques est de l'ordre de dix ans et plus, il est difficile de procéder à des réajustements après le démarrage des travaux. C'est ce qui explique la surcapacité de beaucoup de centrales. Une planification à court terme et réaliste, qui est possible avec les sources d'énergie renouvelables, aurait évité ce gros gaspillage. A l'échelle macro-économique, les énergies renouvelables peuvent donc présenter un coût-avantage considérable.

Les énergies renouvelables comparées aux sources classiques

11. Par rapport à la production et à l'utilisation des combustibles fossiles et de l'énergie nucléaire, les sources d'énergie renouvelables ont généralement peu d'incidences sur l'environnement et la santé humaine. L'exploitation des combustibles fossiles et de l'énergie nucléaire entraîne des coûts sociaux considérables. Il y a un certain temps déjà que l'on s'efforce d'évaluer ces coûts quantitativement à l'aide de critères scientifiques (voir par exemple *Social costs of energy consumption* par O. Hohmeyer, New York, 1988). Toutefois, l'exploitation des technologies de l'énergie renouvelable a elle aussi sur l'environnement des effets secondaires (altération de l'agriculture, consommation agricole, changement du climat local) qu'il convient d'éviter autant que possible. En l'absence d'une étude d'impact sérieuse, une grande station hydraulique risque d'entraîner de dangereux changements dans le milieu naturel où elle se situe. On ne devrait pouvoir exploiter les sources d'énergie renouvelables qu'à la condition expresse de ne pas mettre en danger le renouvellement du milieu naturel dont elles sont extraites. Toutefois, les incidences sur l'environnement régional de l'exploitation des sources d'énergie renouvelables ne sauraient être comparées aux dommages planétaires irréversibles provoqués par la consommation d'énergie produite à partir de sources classiques. Il y a là une différence qualitative fondamentale entre les sources d'énergie classiques et les sources d'énergie renouvelables.

12. Il existe au moins quatre types différents de coûts externes à prendre en compte lorsque l'on compare les énergies renouvelables aux sources classiques, ainsi que les programmes d'utilisation.

cerns pollution effects due to SO₂, NO_x, radioactive fall-out or other emissions. The second concerns the greenhouse effect. The third is related to the benefits of a national economy through industrial production of energy in the country which replaces imported fossil fuels. The fourth has to do with the costs involved in the military or other protection measures needed to secure the sources of supply.

i. As to chemical and radioactive pollution, most of the economic consequences have still to be evaluated. A start has been made for electricity production in Germany with the conclusion that the external costs of fossil energy utilisation are in the range of up to four cents/kWh and in the case of nuclear up to eight cents/kWh of electricity produced. For renewable energies, the external costs would be negligible. For the United States, a study from Pace University, in the State of New York, concluded that, for fossil sources, external costs could be up to seven cents/kWh. These external costs depend in any case on local conditions and the detail of electricity networks. It is important to note that, so far, this type of external cost has not yet been internalised into market prices. This lack of action is at the expense of renewable energies which is penalised in terms of macro-economic competitiveness with fossil and nuclear energy.

ii. The second environmental effect entailing external cost of energy production is global warming. 1990 was the warmest year of the globe on record since the time measurements have been taken. The threat of global warming is well realised on international level and is the subject of intense activities to take measures against the further increase of emissions of greenhouse gases. At the 2nd World Climate Conference held in Geneva in October 1990, all 137 participating countries welcomed the CO₂ emission stabilisation commitment which was undertaken by the European Community and nearly all the other major industrialised countries with the exception of the United States. It is estimated that the cost of fossil fuels will have to be increased by 50% to 150% of present energy prices in order to attain a CO₂ emission reduction in the order of 20% solely by relying on price regulations. Hence, the external costs involved in CO₂ emissions are extremely high and may dramatically change economic competitiveness in favour or renewable energies. The Commission has proposed, in a communication to the Council, a global price increase of conventional energy in the order of ten United States dollars per barrel mark-up. Three-quarters of such a new fiscal instrument would represent an energy tax reflecting the thermal equivalent content of fuels. The other quarter would represent a carbon charge modulated according to carbon content. Renewable energy sources would in principle be exempted from these energy taxes and charges. The Commission's paper also expresses the opinion that the development and increased use of renewable

Il faut citer tout d'abord les effets de la pollution due au CO₂ et aux NO_x, aux retombées radioactives ou aux autres émissions toxiques, puis l'effet de serre, en troisième lieu les avantages que représente pour l'économie d'un pays la production industrielle d'énergie sur son territoire en remplacement de combustibles fossiles importés, et enfin le coût des mesures de protection, militaire ou autre, des sources d'approvisionnement.

i. Quant à la pollution chimique et radioactive, la plupart des conséquences économiques restent à évaluer. Une étude préliminaire de la production d'électricité en Allemagne a permis de conclure que le coût externe de l'utilisation d'énergies fossiles peut aller jusqu'à 4 cents/kWh et dans le cas du nucléaire jusqu'à 8 cents/kWh de l'électricité produite. Pour les énergies renouvelables, le coût externe serait négligeable. Aux Etats-Unis, une étude de la Pace University dans l'Etat de New York a conclu que, pour les sources fossiles, le coût externe pouvait aller jusqu'à 7 cents/kWh. Ce coût externe dépend naturellement des conditions locales et des particularités du réseau de distribution d'électricité. Il est à noter que, jusqu'ici, ce type de coût externe n'a pas encore été intégré dans les prix du marché. Cette négligence pénalise les sources d'énergie renouvelables en termes de compétitivité macro-économique avec les énergies fossiles et nucléaires.

ii. Le deuxième effet sur l'environnement entraînant des coûts externes est le réchauffement de la Terre. 1990 a été l'année la plus chaude enregistrée depuis le début des relèvements de température. On est bien conscient, au niveau international, du danger que représente le réchauffement de la planète et cette question fait l'objet d'une activité intense, car des mesures s'imposent pour empêcher l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre. Lors de la 2^e Conférence mondiale sur le climat qui s'est tenue à Genève en octobre 1990, les 137 pays participants se sont félicités de l'engagement pris par la Communauté européenne et presque tous les autres grands Etats industrialisés, à l'exception des Etats-Unis, de stabiliser les émissions de CO₂. On a estimé qu'il faudrait augmenter le prix actuel des combustibles fossiles de 50 à 150 % pour réduire seulement de 20 % les émissions de CO₂, c'est-à-dire en laissant simplement jouer les lois du marché. Le coût externe que représentent les dégagements de CO₂ est donc extrêmement élevé et peut modifier radicalement la compétitivité des énergies fossiles au profit des énergies renouvelables. La Commission des Communautés européennes a proposé dans une communication au Conseil une augmentation du prix de l'énergie classique de l'ordre de dix dollars par baril. Les trois quarts de cette nouvelle mesure fiscale représenteraient une taxe sur l'énergie reflétant l'équivalent thermique de carburant. Le dernier quart représenterait une pénalité sur le carbone, modulée en fonction de la quantité de carbone émise. Les sources d'énergie renouvelables seraient en principe exemptées de ces taxes sur l'énergie.

energy sources could make a significant contribution to the limitation of CO₂ emissions in the medium- and long-term perspective.

iii. The third factor having a macro-economic impact involves the national economy. Renewable energies are produced in the country, new industrial activity and new jobs arise contributing to the gross domestic product and creating tax income. In most European and Third World countries they replace imported fuels which do not have these effects. Furthermore, the balance of payments is relieved accordingly. In quantitative terms it is estimated that both effects add virtually another five United States dollars per barrel equivalent to the advantage of renewable energies.

iv. A fourth aspect involving external costs for conventional energies is the need for protection of conventional resources and their exploitation. This includes, for example, protection of nuclear installations. It would also include, in particular, military expenses for the protection of oil resources in the Gulf region and elsewhere. Unless military activities in the Gulf in 1991 are dramatically expanded, this additional cost of oil would not exceed an extra ten United States dollars per barrel equivalent.

Obviously, all these costs for society have so far not been internalised for the benefit of renewable energies, but they should.

13. An overview of the different renewable energy technologies shows which are the most relevant for each of the four more important sectors of energy consumption in Europe :

— heating (the sector represents about one quarter of Europe's energy consumption at present):
passive solar energy;
active solar energy;
wood and biofuels;

— electricity (approximately one third of present European energy consumption):
hydroelectricity from large and small plants;
biofuels, energy from waste;
wind energy;
tidal energy;
photovoltaics;
(wave energy);

Dans son rapport, la Commission exprime aussi l'avis que le développement et l'utilisation accrue des sources d'énergie renouvelables pourraient réduire sensiblement les dégagements de CO₂ à moyen et à long terme.

iii. Le troisième facteur ayant un impact macro-économique touche à l'économie nationale. Les sources d'énergie renouvelables sont situées dans le pays; elles créent de nouvelles activités industrielles et des emplois, et augmentent ainsi le produit intérieur brut et les recettes provenant de l'impôt sur le revenu. Dans la plupart des pays européens et du tiers monde, elles remplacent les combustibles importés qui n'offrent pas ces avantages. En outre, elles agissent favorablement sur la balance des paiements. En termes quantitatifs, on estime que ces effets combinés représentent encore cinq dollars par baril de pétrole au profit des énergies renouvelables.

iv. Un quatrième aspect influant sur les coûts externes des énergies classiques est la nécessité de protéger les ressources classiques et leur exploitation. Cela comprend par exemple la protection des installations nucléaires, ainsi que les dépenses militaires particulières pour la protection des ressources pétrolières dans la région du Golfe et ailleurs. A moins que les opérations militaires dans le Golfe en 1991 ne prennent une ampleur considérable, cette protection ne ferait pas augmenter le coût du pétrole de plus de dix dollars par baril.

Manifestement, tous ces coûts pour la société n'ont pas encore été pris en compte, alors qu'ils militent en faveur des sources d'énergie renouvelables, mais ils devraient l'être.

13. Un examen rapide des différentes technologies d'énergies renouvelables montre quelles sont celles qui sont les mieux appropriées à chacun des quatre secteurs les plus importants de la consommation d'énergie en Europe :

— chauffage (ce secteur représente environ le quart de la consommation actuelle d'énergie en Europe):
énergie solaire passive;
énergie solaire active;
bois et biocombustibles;

— électricité (environ le tiers de la consommation actuelle d'énergie en Europe):
hydroélectricité provenant de centrales grandes et petites;
biocombustibles, énergie produite à partir de déchets;
énergie éolienne;
énergie marémotrice;
énergie photovoltaïque;
(énergie produite par les vagues);

— transport (approximately one quarter of Europe's energy consumption):
biofuels;
(electricity — see below);
(hydrogen produced from electricity — see below);

— industrie:
biofuels;
(high temperature solar collectors);
(hydrogen produced from electricity — see below).

Solar hydrogen

14. Contrary to conventional energy, most renewable energy technologies cannot be developed anywhere (wind, hydro, geothermal) and do not depend on continuous flows (direct solar radiation, tidal, wind). This poses the problems of storage and transport of energy. A new generation of electric batteries should be developed to store energy and hydrogen could be used to transport it from production sites to consumption areas. The second essential function of hydrogen stems from the fact that it is used as a fuel and is thus capable of replacing oil, coal, and gas. Hydrogen thus serves beyond the generation of electricity as a universal energy carrier.

15. A project of a hydrogen-based energy system was conceived by the Joint Research Centre of the Commission of the European Communities in Ispra. This pilot project on the basis of a 100 MW hydropower plant aims at demonstrating the feasibility of producing electricity in Quebec where a large potential is readily available, then converting it into hydrogen via electrolysis and shipping the hydrogen to Europe where it will be stored and used in different ways (electricity/heat generation, bus fleet operation, aircraft propulsion, etc.). The present study phase, which includes a techno-economic macro-analysis and special study activities, is estimated to be completed in 1991. Blueprint production will last one to two years and hardware realisation another three to four years. It should be noted that twenty-five European companies and eight Canadian companies are associated with the project, together with state organisations and research institutes.

Research, Development and Demonstration

16. Research and development programmes in the field of renewable energies increased in importance (and in public funding) until 1980/81 when IEA member countries spent annually more

— transport (environ le quart de la consommation européenne d'énergie):
biocombustibles;
(électricité — voir ci-dessous);
(hydrogène produit à partir de l'électricité — voir ci-dessous);

— industrie:
biocombustibles;
(collecteurs solaires à haute température);
(hydrogène produit à partir de l'électricité — voir ci-dessous).

Hydrogène solaire

14. Contrairement aux sources d'énergie classiques, la plupart des technologies d'énergies renouvelables ne peuvent être exploitées n'importe où (c'est le cas des énergies éolienne, hydraulique et géothermique) et ne se présentent pas en flux continus (c'est le cas de l'énergie produite par le rayonnement solaire direct, les marées et le vent). Ces deux caractéristiques posent le problème du stockage et du transport de l'énergie. Une nouvelle génération d'accumulateurs électriques devra être mise au point pour stocker l'énergie, et l'on pourrait se servir de l'hydrogène pour transporter celle-ci entre les lieux de production et les lieux de consommation. La seconde fonction essentielle de l'hydrogène tient à ce que ce dernier, servant de combustible, peut remplacer le pétrole, le charbon et le gaz; l'hydrogène peut donc servir non seulement à la production d'électricité, mais aussi au transport universel d'énergie.

15. Le Centre commun de recherche de la Commission des Communautés européennes, qui a son siège à Ispra, a conçu le projet d'un système énergétique reposant sur l'utilisation de l'hydrogène. Ce projet expérimental, qui porte sur une centrale hydroélectrique de 100 MW, a pour but de démontrer qu'il est possible de produire de l'électricité au Québec, où existe un fort potentiel aisément exploitable, puis de la convertir en hydrogène par électrolyse et d'acheminer cet hydrogène par bateau vers l'Europe, où il doit être stocké et utilisé de diverses manières (production d'électricité ou de chaleur, propulsion d'autobus ou d'avions, etc.). La phase d'étude actuelle, qui comprend une macro-analyse techno-économique et des études spéciales, devrait s'achever en 1991. La conception des équipements durera un ou deux ans, et leur réalisation devrait prendre encore trois ou quatre ans. Il convient de noter que vingt-cinq entreprises européennes et huit entreprises canadiennes sont associées à la réalisation de ce projet, avec des organismes et des instituts de recherche étatiques.

Recherche fondamentale et appliquée

16. Ces programmes de recherches fondamentales et appliquées ont pris de l'importance et ont coûté de plus en plus cher aux Etats jusqu'à 1980-1981, époque à laquelle les pays membres de l'AIE

than 1 500 million United States dollars. Since 1981, research and development spending on renewables has decreased and in 1989 it amounted to less than 500 million US dollars. If we consider the European members of IEA (the Council of Europe member states with the exclusion of Czechoslovakia, France, Finland, Hungary, Cyprus, Malta, Iceland, Liechtenstein and San Marino), the amounts spent in research and development for renewables increased to 380 million US dollars in 1981, decreased to 200 million in 1986/87 and then increased to 256 million in 1989. As a consequence Europe, which represented only 17% of IEA Government research and development budgets for renewables in 1978, increased its participation to represent 52% in 1989 (see Appendix I). Decreasing research expenditures, which have been sinking since the beginning of the 1980s, are often justified by falling oil prices during this same time — a justification which does not wear well due to the fact that research expenses are not directly related to energy markets. There were no cuts in public programmes of fusion research, for example. The break in the 1980s is more likely explained by the lack of political foresight among political decision-makers.

17. Despite the neglect of political promotion in research policy, noteworthy successes in development have been achieved. The effort in research, development and demonstration for the last fifteen years has led to the solution of many technical problems, the reduction of a number of uncertainties and to the establishment of a solid technical basis. Some technologies have become economic and no longer need intense government research and development funding; others have been deemed to be of lower priority or less appropriate to national energy requirements.

18. Government incentives, information programmes, regulations, leadership activities and international co-operation have also allowed an array of renewable energy technology industries to emerge sooner than they would have done, without government involvement. Appendix II gives a brief overview of national policies in the field of renewable energies in some Council of Europe member states.

19. Private industry is beginning to show its interest and has started putting money into renew-

leur ont consacré chaque année plus de 1,5 milliard de dollars. Après 1981, les dépenses consenties dans les recherches fondamentales et appliquées sur les sources d'énergie renouvelables ont diminué, et en 1989 elles représentaient moins de 500 millions de dollars. Dans l'ensemble des pays européens membres de l'AIE (c'est-à-dire les États membres du Conseil de l'Europe, sauf la Tchécoslovaquie, la France, la Finlande, la Hongrie, Chypre, Malte, l'Islande, le Liechtenstein et Saint-Marin), les sommes dépensées dans les recherches fondamentales et appliquées sur les sources d'énergie renouvelables, qui étaient passées à 380 millions de dollars en 1981, ont reculé à 200 millions de dollars en 1986-1987, pour remonter à 256 millions de dollars en 1989. Par conséquent, l'Europe, qui ne représentait que 17 % des budgets nationaux de l'AIE consacrés aux recherches fondamentales et appliquées sur les sources d'énergie renouvelables en 1978, a accru sa participation au point de la porter à 52 % en 1989 (voir annexe I). La diminution des dépenses consenties dans la recherche, qui n'ont cessé de reculer depuis le début des années 80, est souvent justifiée par la chute des prix du pétrole observée pendant cette période, mais cette justification ne tient pas, car les dépenses de recherche ne sont pas directement liées aux marchés énergétiques. Il n'y a pas eu, par exemple, de restriction des programmes nationaux de recherche fondamentale sur la fusion nucléaire. La baisse constatée pendant les années 80 s'explique plus vraisemblablement par le manque de clairvoyance politique des décideurs nationaux.

17. Malgré la désaffection des milieux politiques pour la promotion de la recherche fondamentale, des résultats dignes d'intérêt ont été obtenus dans le domaine de la recherche appliquée. Les efforts accomplis dans la recherche fondamentale, la recherche appliquée et la démonstration au cours des quinze dernières années ont permis de résoudre de nombreux problèmes techniques, de réduire plusieurs incertitudes et de mettre en place une solide assise technique. Certaines technologies sont passées dans le domaine économique et n'exigent plus de l'État de lourds investissements dans les recherches fondamentales et appliquées; d'autres ont été considérées comme possédant un ordre de priorité moins élevé ou comme répondant moins aux besoins énergétiques nationaux.

18. D'autre part, les mesures de stimulation prises par l'État, les programmes d'information, les règlements, l'action des décideurs et la coopération internationale ont permis à toute une série d'industries basées sur les technologies des sources d'énergie renouvelables d'apparaître plus tôt que cela n'aurait été possible sans l'intervention de l'État. L'annexe II propose un bref survol des politiques nationales conduites dans le domaine des énergies renouvelables par certains États membres du Conseil de l'Europe.

19. L'industrie privée s'est intéressée, elle aussi, à la question et a commencé à investir dans

able energy technology as it becomes technically and economically viable under certain conditions.

20. Nonetheless, technical development potential remains at an early stage. Therefore, commonly heard prognoses regarding the supposedly limited possibilities of the use of renewable energy sources are false. Despite the benefits of renewable energies for the environment and the central relevance of the energy issue, the funds given for research and development in this field have been less than those given for the development of a new fighter jet, significantly less than those given for nuclear energy or space research and less than those given for fusion energy as well. The extent of scientific development potential exposes itself, for example, in the fact that, in nature, the organic membranes in plants generate energy at local temperatures when they are converted by solar energy. In comparison, the material of solar cells functions only under very high temperatures. In addition, natural membranes are about one thousand times thinner than our solar cells today. Since the same physical laws apply both to nature and to technology, there is an immeasurably large potential for the use of solar energy. The need to make this accessible is so great, that a change in research priorities for the use of solar energy is indispensable.

21. The extent to which renewable energy sources will contribute to the energy supply cannot be determined. The contribution depends upon the size of state research expenditures, the outlook of investment advances, the level of investment, and the price development of traditional energies. In any case, it is necessary to increase the contribution of renewable energy sources as quickly as possible.

Promotion of renewable energies

22. There are substantial price differences between renewable energies. Whether the method of conversion, under the given circumstances, is competitive with conventional energy carriers is also dependent on geographic factors. For example, solarthermal electrical production plants in California are already competitive (electricity price: 6 cents per kWh). In Europe they are not.

23. Competitiveness increases according to the market which can, through political incentives,

la technologie des sources d'énergie renouvelables à mesure que celles-ci devenaient techniquement et économiquement viables dans certaines conditions.

20. Néanmoins, le potentiel de progrès technique n'a été qu'entamé. C'est pourquoi les pronostics que l'on entend couramment quant aux possibilités prétendument restreintes qu'il y a d'exploiter les sources d'énergie renouvelables sont dénués de tout fondement. Et pourtant, malgré les avantages des sources d'énergie renouvelables pour l'environnement et malgré l'importance considérable de la question énergétique, les crédits octroyés pour l'ensemble des recherches fondamentales et appliquées dans ce domaine ont été inférieurs à ceux débloqués pour la mise au point d'un nouvel avion de combat, très inférieurs à ceux mobilisés par l'énergie nucléaire et la recherche spatiale, et inférieurs enfin à ceux qui ont été consacrés à la recherche sur l'énergie de fusion. On mesure l'importance du potentiel de progrès scientifique existant dans le domaine des sources d'énergie renouvelables au fait, par exemple, que dans la nature les membranes organiques des plantes produisent de l'énergie à la température ambiante lorsqu'elles sont converties par l'énergie solaire. Par comparaison, les matériaux dont sont faits les capteurs solaires ne fonctionnent qu'à des températures très élevées. Si l'on songe que les membranes naturelles sont à peu près mille fois plus fines que les capteurs solaires actuels, et compte tenu du fait que les mêmes lois physiques s'appliquent dans la nature et dans le domaine de la technologie, on voit quelles sont les extraordinaires potentialités de l'énergie solaire. La nécessité de rendre cette énergie accessible rend indispensable la modification de l'ordre de priorité des recherches sur l'exploitation de l'énergie solaire.

21. On ne saurait déterminer dans quelle mesure les sources d'énergie renouvelables contribueront à satisfaire les besoins énergétiques. Cela dépend des investissements consentis par l'Etat dans la recherche, de leur rentabilité prévisible, de leur niveau, ainsi que de l'évolution des prix liés aux énergies classiques. En tout état de cause, il convient d'accroître le plus vite possible la part des sources d'énergie renouvelables.

Promotion des énergies renouvelables

22. Il existe de nettes différences de prix entre les diverses sources d'énergie renouvelables. Etant donné les circonstances, la compétitivité de la méthode de la conversion par rapport aux porteurs d'énergie classiques dépend également de facteurs géographiques. Par exemple, les stations californiennes de production d'électricité par l'énergie thermique du soleil sont d'ores et déjà compétitives (prix de l'électricité: 6 cents/Kwh). En Europe, ce type de centrale ne l'est pas.

23. La compétitivité s'accroît en fonction du marché qui, sous l'effet d'encouragements poli-

stimulate mass production. There are no such mass productions taking place at present, which reveals a vicious circle — small market leading to high prices ; high prices due to a small market.

24. Lack of information also plays an important role in preventing a wider use of renewable energy technology, for instance in the field of passive solar design. It should be the role of governments, in co-operation with international organisations, to make such information readily available while sweeping aside any legal or administrative barriers to their development.

25. Renewable energy, with the exception of fuel wood and large hydroelectricity, is virtually not yet utilised at all in Europe. Since these energies are socially desirable and will have to play an important role in Europe's future energy mix, it is important to stimulate acceleration of market uptake. Otherwise, our society will not be able to benefit from its environmental and social advantages : under normal conditions lead time for new energy sources is in the order of several decades.

26. In our free market economy, new products are accepted by the market only if they are cheaper and/or more convenient than conventional products. In recent times there was a fuel switch for heating of buildings from coal to oil and currently from oil to gas mostly for reasons of convenience. Oil is easier to bring into buildings than coal, and gas requires no storage in the building.

27. Conventional energy systems involve long development and construction times. The introduction of solar devices into the building market will also depend heavily on the construction rate of new buildings which, compared to the total building stock, is very low. Renewable energies therefore need a long-range planning process.

28. As a result, it will not be sufficient that, in the market place, renewable energy products are as good and as cheap as conventional products. This can only be achieved by a number of particular promotional measures. The following measures would all be necessary :

— on a national and international level, in particular on a European level, policy decisions have to be taken and market goals defined in order to set a general frame and express the willingness of the decision-makers to foster the development and market introduction of renewable energies ;

— a first prerequisite of market introduction is the development of well designed products

tiques, peut évoluer d'une manière stimulant la production de masse. On n'observe pas à l'heure actuelle de production de masse, ce qui révèle l'existence d'un cercle vicieux : à marché étroit, prix élevés ; à prix élevés, marché étroit.

24. Le manque d'information constitue lui aussi un obstacle important à l'utilisation plus large des technologies liées aux sources d'énergie renouvelables, par exemple à l'énergie solaire passive. C'est aux gouvernements, agissant en coopération avec les organisations internationales, qu'il incombe de mettre ces informations à la portée de chacun, non sans éliminer tout obstacle juridique ou administratif à l'exploitation des sources d'énergie en question.

25. Les sources d'énergie renouvelables, à l'exception du bois fossile et des grandes centrales hydroélectriques, ne sont pratiquement pas du tout exploitées en Europe. Dans la mesure où elles sont souhaitables pour la société et devront occuper une grande place dans la production future d'énergie en Europe, il importe d'accélérer leur introduction sur le marché. Autrement, notre société ne pourra pas profiter de leurs avantages pour l'environnement et pour son propre bien-être. Ces nouvelles sources d'énergie n'atteindront dans des conditions normales leur plein développement que dans plusieurs décennies.

26. Dans notre économie de marché, les nouveaux produits ne sont acceptés que s'ils sont moins coûteux et/ou plus commodes que les produits classiques. A une époque encore récente, on est passé du charbon au fuel pour chauffer les immeubles, puis du fuel au gaz, essentiellement pour des raisons de commodité. Le fuel est plus simple à amener dans les immeubles que le charbon, et le gaz n'y est même pas stocké.

27. La mise au point et la construction de systèmes d'énergie classiques nécessitent beaucoup de temps. L'introduction de dispositifs solaires sur le marché du bâtiment dépendra aussi largement du rythme de la construction qui, comparée à l'ensemble du stock existant, est très faible. Les sources d'énergie renouvelables nécessitent donc un processus de planification de longue portée.

28. Il ne suffit pas que, sur le marché, les produits d'énergie renouvelable soient aussi satisfaisants et aussi bon marché que les produits traditionnels. Diverses mesures d'encouragement spécifiques s'imposent :

— aux niveaux national et international, notamment européen, des décisions politiques devront être prises et des objectifs définis pour établir un cadre général marquant la volonté des décideurs d'encourager le développement et l'introduction sur le marché des sources d'énergie renouvelables ;

— une première condition préalable à l'introduction sur le marché de ces sources d'éner-

already industrially and commercially available for easy utilisation and integration. For complete production systems, in particular if they involve a high degree of complexity, demonstration projects are needed to give the example ;

— regulations are necessary to make the existing energy networks accessible for this new type of decentralised and renewable energy sources. This is, in particular, the case for feeding renewable electricity into utility networks. It has to be recognised that much progress has been realised in the last few years in Europe to achieve co-operation with the utilities for the rising renewable electricity input to the grid and to reimburse the supplier at an appropriate rate. For renewable fuels, and in particular biofuels, the same requirements have to be fulfilled concerning integration into the conventional oil and gas networks, including refineries etc. ;

— financial support is most critical to improve market competitiveness of renewable energies. Direct subsidies for development, manufacturing and utilisation of renewable energy products have to be considered. A second instrument for the same objectives is tax deductions and cost shifting in favour of renewable energies through charges for conventional energies. It is important to note that these measures are not to develop unfair competition at the expense of public budgets. On the contrary, these subsidies should reflect and be quantitatively in accordance with the macro-economic cost benefits of renewable energies for society, that is to say these subsidies are the result of the internalisation of external costs. They are in the financial interest of society and not at their expense ;

— well-designed products which are user-friendly can be successfully developed only if norms and standards are agreed on to speed up widespread energy market uptake and stimulate competition between European manufacturers. It is particularly important in view of the single European market of 1993 ;

— upstream of the market, research and development remains an essential instrument of promotion. Pre-normative research and development and scientific and technological promotion are the basis to improve performance and reliability of products and systems and to further decrease their cost.

Prospects for the future

29. For Europe only, little information is available on the role of renewable energies in today's production and consumption systems and

gie est la mise au point de produits bien conçus déjà disponibles sur le plan industriel et commercial, faciles à utiliser et à intégrer. En complément des systèmes de production, surtout s'ils sont d'une haute complexité, il faudra réaliser des projets expérimentaux à titre d'exemple ;

— des mesures devront être prises pour que les réseaux classiques actuels soient accessibles à ce nouveau type de sources d'énergie décentralisées et renouvelables. C'est en particulier le cas de l'alimentation des réseaux de distribution d'électricité par des sources d'énergie renouvelables. Il faut reconnaître que des progrès importants ont été accomplis depuis quelques années en Europe sur le plan de la coopération avec les services publics pour augmenter la part de l'électricité produite à partir de sources d'énergie renouvelables et participer aux frais des pourvoyeurs d'énergie douce dans une juste proportion. Pour les combustibles renouvelables, notamment les biocombustibles, les mêmes exigences d'intégration dans les réseaux classiques utilisant le fuel ou le gaz s'appliquent (raffineries, etc.) ;

— l'amélioration de la compétitivité des énergies renouvelables est largement tributaire du soutien financier. Il faut envisager des subventions directes pour la mise au point, la fabrication et l'utilisation de produits utilisant les énergies renouvelables. Un autre instrument servant les mêmes objectifs consiste à recourir aux déductions fiscales et à un glissement du coût en faveur des énergies renouvelables par l'alourdissement des coûts des énergies classiques. Notons que ces mesures ne sont pas destinées à fausser la concurrence aux dépens des budgets publics. Au contraire, ces subventions doivent refléter quantitativement les coûts-avantages macro-économiques des sources d'énergie renouvelables pour la société ; autrement dit, elles résultent de l'intégration des coûts externes. Elles servent l'intérêt financier de la société, elles ne pèsent pas sur elle ;

— des produits bien conçus et facilement utilisables nécessitent au préalable l'établissement de normes en vue d'accélérer leur introduction sur le marché et de stimuler la concurrence entre les fabricants européens. C'est un point particulièrement important dans la perspective du Marché unique européen de 1993 ;

— en amont du marché, la recherche fondamentale et appliquée reste un instrument essentiel de promotion. La recherche fondamentale et appliquée et la promotion scientifique et technologique sont à la base de l'amélioration de la performance et de la fiabilité des produits et des systèmes, et de la diminution de leur coût.

Perspectives d'avenir

29. Pour la seule Europe, on ne dispose guère d'informations sur la place qu'occupent les énergies renouvelables dans la production et

their projection into the future. For the United States, the official figure for renewable energies contribution today is 8% of total consumption. This includes mostly hydroelectricity and some heat for households. It also includes 8 GW of bioelectricity, mostly from wood, and 1 GW from landfill gas. With a 6% to 7% contribution, the European Community employs only a little less renewable energies than the United States. There is in particular less utilisation of large-scale bioelectricity production. As to the future potential of renewable energies in the United States, a remarkable report was issued about one year ago. This report looks at three different scenarios (business as usual, market incentives, research and development intensification) and at various time horizons. Research and development turns out to be a very critical parameter of the obtainable market share. For the year 2010, the share of renewable energies in the United States could more than double compared to the present level to 18% in the case of research and development intensification. In the case of business as usual, it would increase less than half to 11%. It is interesting to note, in this scenario of 18% in 2010 in the United States, that biomass would take approximately twice the share of hydroelectricity and wind energy would increase as high as half of all hydroelectricity. Photovoltaics would remain small but acquire an encouraging 0,5% of the market. After 2010, biomass and wind would continue to increase very rapidly compared to hydroelectricity and, by 2020, photovoltaics would achieve a market penetration of almost half of total hydro capacity.

30. In Europe, a more superficial analysis has been made earlier on the occasion of "Euroforum New Energies" of the European Community in 1988. It is possible to attain a total energy consumption of 1 350 Mtoe in the year 2010. The Euroforum report estimates that renewable energies could represent 15% of this figure in that year. This compares very well with the United States estimate for the scenario involving market incentives but no research and development intensification. In the European estimate, bioenergy would slightly exceed hydroelectricity in 2010, whereas passive and active solar heating in buildings would achieve about the same importance as hydroelectricity. The latter is confirmed by a more detailed study published in 1991. Photovoltaics would still remain below 0,1% while wind energy would develop to one-half of the share of hydroelectricity. In another study of the European Wind Energy Association, performed for the Commission of the

la consommation d'aujourd'hui, et sur celle qu'elles occuperont demain. En ce qui concerne les Etats-Unis, la part des énergies renouvelables aujourd'hui représente officiellement 8% de la consommation totale. Ce chiffre recouvre essentiellement la production d'hydroélectricité et le chauffage pour des ménages. Sont inclus aussi 8 GW (gigawatts) de bioélectricité, essentiellement produits à partir du bois, et 1 GW à partir du gaz de décharge. Avec une contribution de 6 à 7% de la consommation totale, la Communauté européenne utilise à peine moins d'énergies renouvelables que les Etats-Unis. Elle produit surtout beaucoup moins de bioélectricité à grande échelle. Quant au potentiel futur des énergies renouvelables aux Etats-Unis, un excellent rapport a été publié sur la question il y a environ un an. Ce rapport envisage trois scénarios différents à différentes échéances, selon que la situation ne change pas, que des mesures incitatives sont prises et que la recherche fondamentale et appliquée est intensifiée. La recherche fondamentale et appliquée apparaît comme un paramètre très sensible pour la conquête du marché. D'ici à l'an 2010, dans le cas d'une intensification de la recherche aux Etats-Unis, la part du marché des énergies renouvelables pourrait plus que doubler et atteindre même 18%. Dans le cas contraire, elle augmenterait de moins de la moitié pour atteindre au maximum 11%. Il est intéressant de noter que, dans ce scénario de 18% en l'an 2010 aux Etats-Unis, les biomasses représenteraient environ deux fois la part de l'hydroélectricité et l'énergie éolienne jusqu'à la moitié de toute l'énergie hydroélectrique. La part de l'énergie photovoltaïque resterait faible, mais atteindrait le niveau encourageant de 0,5% du marché. Au-delà de 2010, la production d'énergie à partir de la biomasse et du vent continuerait d'augmenter très rapidement par rapport à celle de l'hydroélectricité, et, d'ici à 2020, l'énergie photovoltaïque pénétrerait le marché au point de représenter près de la moitié de la capacité totale de l'énergie hydraulique.

30. En Europe, une analyse plus superficielle avait déjà été faite à l'occasion de l'Euroforum «Nouvelles énergies» de la Communauté européenne, organisé en 1988. Il est possible d'atteindre une consommation totale d'énergie de 1 350 millions de tonnes équivalent pétrole en 2010. Le rapport d'Euroforum estime que les énergies renouvelables pourraient représenter 15% de ce chiffre cette année-là. Ces chiffres sont à comparer avec l'estimation faite aux Etats-Unis pour le scénario impliquant les mesures incitatives, mais non l'intensification de la recherche fondamentale et appliquée. Dans l'estimation européenne, d'ici à l'an 2010, la bioénergie dépasserait légèrement l'énergie hydroélectrique, et le chauffage solaire passif et actif des bâtiments aurait à peu près la même importance que l'hydroélectricité. Cela est confirmé par une étude plus détaillée publiée en 1991. L'énergie photovoltaïque resterait inférieure à 0,1%, tandis que l'énergie éolienne se développe-

European Community, possible wind penetration for twenty years later — 2030 — would be 10% of European electricity production.

31. The World Watch Institute in the US has estimated for the year 2030 a share of 50% for all renewables worldwide. For this figure, it has to be borne in mind that, already today, renewable energies contribute approximately 16% of the average worldwide energy consumption and the potential for renewables in some developing countries is even greater than that in the northern hemisphere.

32. Compared to other energy technologies, the technical risk of research and development in renewable energies is low because the wide variety of options allows to spread the risk and improves the probability of further success. Furthermore, systems are comparatively small, and can be developed on a small scale. A "small step approach" is inherent for research and development in this field. It provides an opportunity for continuous control of success and permanent readjustment of strategies if necessary. These factors and the relatively small uncertainties concerning techno-economical viability will make the implementation of renewable energies easier than that of other "monocultural" energy systems which can only be developed in very large single units such as nuclear breeder reactors or nuclear fusion plants.

33. There is tremendous hope of further research and development to improve the technical quality of products and to decrease their cost. This situation results from the fact that research and development efforts on renewable energies are only very recent and include very modest budgets compared to other energy sources for large-scale utilisation. Hence many technological routes have so far remained unexplored. The performance of most products and systems can be improved. Some research and development goals should be achievable by the year 2000:

— for photovoltaics, the target is to achieve competitiveness with conventional grid power. To this end, a production cost of photovoltaic modules of 1 000 ecus/kW has to be demonstrated by the year 2000;

— for wind energy, the challenge is to develop commercial machines in the MW power size; only smaller ones are available today. The target is to achieve a cost of 1 000 ecus/kW per installed operational 1 MW machine for sites with more than 5,5 m/s average wind speed;

rait jusqu'à atteindre la moitié de la part de l'énergie hydroélectrique. Une autre étude de l'Association européenne de l'énergie éolienne, réalisée pour la Commission des Communautés européennes, indique que l'énergie éolienne pourrait représenter vingt ans plus tard — en 2030 — 10% de la production d'électricité en Europe.

31. Aux Etats-Unis, le World Watch Institute a estimé qu'en l'an 2030 les énergies renouvelables dans le monde représenteraient 50% de la production d'énergie. A cet égard, il faut savoir qu'aujourd'hui déjà les énergies renouvelables représentent environ 16% de la consommation moyenne mondiale d'énergie et que le potentiel des énergies renouvelables dans certains pays en développement est même plus grand que dans l'hémisphère Nord.

32. Par rapport à d'autres technologies énergétiques, les risques techniques de la recherche et du développement en matière d'énergies renouvelables sont faibles, car la vaste gamme d'options permet de les répartir et renforce les chances de succès. En outre, les systèmes sont relativement restreints et peuvent être mis en œuvre à une petite échelle. Une stratégie «à petits pas» s'impose pour la recherche et développement dans ce domaine. Elle permet d'évaluer en permanence les progrès et de réajuster les stratégies si nécessaire. Ces facteurs et la marge d'incertitude relativement faible concernant la viabilité techno-économique rendent l'exploitation des énergies renouvelables plus facile que celles d'autres systèmes énergétiques «monoculturels», qui ne peuvent être mis en œuvre que dans de très grandes unités monolithiques tels que les réacteurs régénérateurs ou les centrales thermonucléaires.

33. On place d'immenses espoirs dans la recherche et développement pour améliorer la qualité technique des produits et en diminuer le coût. Cette situation s'explique par le fait que les travaux de recherche et développement sur les énergies renouvelables n'ont été entrepris que très récemment et ne représentent que des budgets très modestes par rapport à d'autres sources d'énergie destinées à une très large exploitation. C'est pourquoi de nombreuses voies technologiques sont restées jusqu'ici inexplorées. On peut améliorer le rendement de la plupart des produits et des systèmes. Certains objectifs de recherche et développement devraient être atteints d'ici à l'an 2000:

— en matière d'énergie photovoltaïque, le but est de parvenir à la rendre compétitive avec l'électricité de source classique au niveau du réseau de distribution. A cette fin, il faut que d'ici à l'an 2000 le coût de production des modules photovoltaïques diminue jusqu'à 1 000 ECU/kW;

— en ce qui concerne l'énergie éolienne, on doit viser la construction de machines commerciales dans la gamme des MW; le but est de parvenir à un coût de 1 000 ECU/kW par machine MW opérationnelle installée dans des sites où la vitesse moyenne du vent atteint 5,5 m/s;

— biofuels derived from agricultural biomass plantations have to become cost competitive with conventional fuels and in particular coal and oil. C4-plants (sweet sorghum is a good example) are promising to achieve sufficiently high yields in northern and southern Europe alike for producing bio-oil at a cost competitive with heavy fuel oil, whilst providing the farmer with an attractive yearly income. Crude bio-oil could then be produced at 125 ecus/toe. The absence of sulphur and external cost benefits are not yet included in this cost.

— in the building sector, it is difficult to put forward cost figures for solar energy products. In this field, the problem to be solved is a combination of technical criteria, on the one hand, and the aesthetical and design aspect, on the other. Cost aspects are less critical than in other energy markets. Active and passive solar collectors have the potential to replace conventional building elements and therefore their integration does not necessarily lead to any extra cost. Moreover, additional comfort benefits have to be included in the potential assessment of solar energy in buildings.

Conclusions

34. Implementation of renewable energies requires a well thought-out organisation. The political and the many macroeconomic and research and development facets must be integrated in view of the support of a decentralised utilisation scheme. On top comes the political message from governments and parliaments. From there, regulations, planning elements, information and incentives have to be interwoven in a co-ordinating structure of several levels, feeding a basis of implementation: the market and the users who actually decide on projects and investments.

a. Policies and financial measures

35. To speed up implementation of renewables in Europe, there is a need for national and European governments, parliaments and other decision-making bodies to declare their intention to promote renewable energies, to define strategies and policies, define overall goals for development and implementation and to decide, without any further delay, on the necessary laws and regulations. Policies should in particular focus on a sizeable increase of research and development funding, the encouragement of European industry, the setting up of regulations favouring penetration of renewable energies in utilities, municipal systems, the building sector, etc., the encouragement to

— les biocombustibles issus des plantations de biomasse agricole doivent avoir un prix de revient compétitif par rapport aux combustibles conventionnels, notamment le charbon et le pétrole. On peut raisonnablement espérer que la culture des plantes C4 (le sorgho à sucre en est un bon exemple) permettra d'obtenir des rendements suffisamment élevés, tant en Europe septentrionale que méridionale, de manière à produire une bio-huile à un coût concurrentiel par rapport au mazout, tout en apportant à l'agriculteur un revenu annuel confortable. On pourra alors produire de la biohuile brute à 125 ECU/tep. Cette estimation du coût ne prend pas en compte l'absence de soufre et les coûts et rendements externes ;

— dans le secteur du bâtiment, il est difficile d'évaluer le coût des produits de l'énergie solaire. Dans ce domaine, le problème à résoudre met en jeu, d'une part, des critères techniques et, d'autre part, des considérations artistiques et architecturales. Les aspects financiers sont moins importants que dans d'autres marchés énergétiques. Les capteurs solaires actifs et passifs peuvent remplacer les éléments de construction traditionnels et leur intégration n'entraîne donc pas nécessairement un surcoût. En outre, il faut prendre en compte des avantages supplémentaires comme l'augmentation du confort lorsque l'on fait une estimation de l'énergie solaire dans le bâtiment.

Conclusions

34. L'exploitation des énergies renouvelables exige une organisation rigoureuse. Il faut intégrer les considérations politiques, les nombreux aspects macro-économiques et les multiples facettes de la recherche et du développement en vue de soutenir un programme d'exploitation décentralisé. Du sommet, d'où émane le message politique des gouvernements et des parlements, il faut combiner les règlements, les éléments de planification, les informations et les incitations en une structure de coordination à plusieurs niveaux, alimentant la base d'exploitation, à savoir le marché et les usagers qui décident concrètement des projets et des investissements.

a. Politiques et mesures financières

35. Afin d'accélérer l'exploitation des énergies renouvelables en Europe, il faut qu'aux échelons national et européen les gouvernements, les parlements et les autres organes de décision affirment leur volonté de promouvoir les énergies renouvelables, d'arrêter des stratégies et des politiques, de fixer des buts généraux pour l'installation et l'exploitation, et qu'ils se prononcent sans plus attendre sur les lois et règlements nécessaires. Les politiques doivent s'attacher tout particulièrement à promouvoir une augmentation substantielle des fonds consacrés à la recherche et au développement, à stimuler l'industrie européenne, à favoriser le recours aux énergies renouvelables dans les ser-

include biofuel in non-food agricultural production schemes.

36. Financial measures must be taken to include macro-economic effects in market prices of all forms of energies. It can be estimated that internalisation of all external costs together would result at least in a doubling of current prices of conventional energies through additional taxes and charges. Consequently, renewable energies would improve their market competitiveness by the same factor.

37. Furthermore, renewable energies should benefit from loan guarantees and low interest allowances. A major cost factor in current pricing of renewable energies is the discount rate. Due to their very nature, renewable energy systems are comparatively small and are financed through private budgets. Their cost will decrease considerably if the lower discount rates which are normally employed for public investments are employed (there are countries where this may be a 5% discount rate instead of the normal 14% bank rate). There could be, everywhere in Europe, special investment credits for installing photovoltaic systems at 70% of cost until 1995. After that time, it could become 50%. For wind, biofuels and hydroelectricity, this investment credit could be 20%.

38. The electricity buy-back rate should be 100% of the average selling price to the customer for electricity fed into networks from wind or photovoltaic systems. For hydroelectricity and electricity from biofuels, it should be 70% of that price.

b. Regulations

39. The feeding into electricity utility networks must be regulated, not only from a financial but also from a technical point of view, to avoid disturbance of the networks and provide and guarantee security of the systems.

40. For oil and gas companies, the acceptance of bio-oil and biogas in the refinery and distribution systems also needs regulation. These regulations include financial aspects and product quality standards and their control.

c. Product development, demonstration and market introduction

41. There is still a lack of well-designed renewable products and systems. So far, develop-

vices publics, les collectivités locales, le secteur du bâtiment, etc., et à encourager l'introduction des biocombustibles dans les programmes de production agricole non alimentaire.

36. Il faut prendre des mesures financières pour que les cours du marché de toutes les formes d'énergie tiennent compte des effets macro-économiques. On peut estimer que l'intégration de tous les coûts externes fera au moins doubler le prix actuel des énergies conventionnelles du fait des taxes et des charges supplémentaires. Les énergies renouvelables amélioreraient donc leur compétitivité sur le marché dans les mêmes proportions.

37. En outre, les énergies renouvelables doivent bénéficier de garanties de prêt et de crédits à faible taux d'intérêt. Le taux d'escompte est un facteur de coût essentiel dans l'évaluation actuelle des énergies renouvelables. Compte tenu de leur nature même, les systèmes d'énergie renouvelable sont relativement restreints et financés grâce à des budgets privés. Leur prix de revient diminuerait considérablement si l'on pratiquait les faibles taux d'escompte qui ont généralement cours dans les investissements publics (il y a des pays où le taux d'escompte peut être de 5% au lieu du taux bancaire habituel de 14%). Partout en Europe, on pourrait accorder aux installateurs de systèmes photovoltaïques des crédits d'investissement spéciaux représentant 70% du coût jusqu'en 1995. Au-delà de cette période, le taux pourrait être réduit à 50%. Pour l'énergie des éoliennes, des biocombustibles et de l'hydroélectricité, ce crédit d'investissement pourrait s'élever à 20%.

38. Le taux de rachat de l'électricité pourrait représenter 100% du prix moyen de vente à l'utilisateur pour l'électricité alimentant les réseaux et produite grâce aux éoliennes ou au système photovoltaïque. Pour l'hydroélectricité et l'électricité tirée des biocombustibles, le taux devrait représenter 70% de ce prix.

b. Réglementation

39. L'alimentation des réseaux distributeurs d'électricité doit être réglementée non seulement d'un point de vue financier mais aussi technique, pour éviter de perturber les réseaux et assurer la sécurité des systèmes.

40. Pour les compagnies de pétrole et de gaz, il faut aussi réglementer l'homologation de la bio-huile et du biogaz dans les raffineries et les systèmes de distribution. Ces règlements comportent des aspects financiers et des normes de qualité et de contrôle des produits.

c. Conception des produits, démonstration et commercialisation

41. Il y a toujours une pénurie de produits et de systèmes bien conçus dans le domaine des

ment effort has focused on technical improvement and cost reduction. Additional effort has to be devoted in the future to industrial design and standardisation of products, their user-friendliness and their integration into existing energy systems, building structures, agricultural schemes, etc. Other incentives are needed for industrial investments, in particular in small and medium-size industries and for competition on the market.

42. Market introduction and promotion should include sales campaigns of new and well-conceived renewable products of established quality and reliability through conventional commercial channels. On the system level, pilot and demonstration projects are necessary. They must be full scale and well adapted to regional, climatic and social conditions.

d. *On-site operators*

43. Large-scale implementation of renewable energies will not be possible without the firm commitment of local authorities. Their sometimes negative attitudes based on the interpretation of existing regulations must be changed into positive promotional commitments. Those concerned include regional authorities and in particular the municipalities and their services for local electric and gas utilities, building permits, etc. Also concerned, in view of biomass utilisation, are the local services established to give guidance to farmers for crop cultivation and marketing. These existing bodies should be given the responsibility of planning guidelines for renewable energy projects and on-site promotion. As the implementation of renewable energies involves the occupancy of new areas for installing solar collecting devices or agricultural plantations, it would make a tremendous change if the bodies in charge of planning and acceptance of the utilisation of land and building structures in this way turned from passive control structures into active promoters.

44. These bodies should be in charge of fixing short- and medium-term goals for the introduction of renewable energies schemes in their field of responsibility. They should be responsible for the achievement of these goals.

e. *European centres for information, testing and training*

45. A widespread network of small European centres for information, testing and training on renewable sources of energy should be set up as

énergies renouvelables. Jusqu'à présent, on a axé la recherche sur les améliorations techniques et la réduction des coûts. Il faut à l'avenir faire porter les efforts sur la conception industrielle et la normalisation des produits, leur commodité d'utilisation et leur intégration dans les systèmes énergétiques actuels, les constructions, les programmes agricoles, etc. Il faut aussi prendre d'autres mesures incitatives pour favoriser les investissements industriels, notamment dans les petites et moyennes entreprises, et accroître la compétitivité des produits sur le marché.

42. La commercialisation et la promotion doivent se faire grâce à des campagnes publicitaires employant les moyens commerciaux traditionnels et présentant de nouveaux produits renouvelables bien conçus, d'une qualité et d'une fiabilité reconnues. Au niveau du système, il faut mettre en œuvre des projets d'essai et de démonstration. Il faut les réaliser à une échelle réelle et dans des conditions bien adaptées au contexte régional, climatique et social.

d. *Opérateurs sur le terrain*

43. L'exploitation à grande échelle des énergies renouvelables n'est pas possible sans le ferme engagement des collectivités locales. Il faut transformer leur attitude parfois négative, fondée sur l'interprétation des règlements en vigueur, en une détermination positive à promouvoir ces produits. Les instances en cause sont les collectivités territoriales et notamment les municipalités et leurs services de distribution d'électricité et de gaz, de délivrance de permis de construire, etc. Sont aussi concernés, étant donné l'exploitation de la biomasse, les services locaux chargés de conseiller les agriculteurs sur les cultures et la commercialisation des produits. Il faut confier à ces organismes la responsabilité d'élaborer des directives pour les projets d'énergies renouvelables et la promotion sur le terrain. Etant donné que l'exploitation des énergies renouvelables suppose l'occupation de nouvelles zones pour l'installation de capteurs solaires ou de plantations agricoles, on ferait un énorme pas en avant si les organismes chargés de l'aménagement du territoire et de la construction devenaient des promoteurs actifs au lieu de contrôler passivement les installations.

44. Ces organismes devraient être chargés de fixer des objectifs à court et à moyen terme pour l'établissement de programmes d'énergies renouvelables dans leur domaine de compétence. Ils doivent être responsables de la réalisation de ces objectifs.

e. *Centres européens d'information, d'essai et de formation*

45. Il faut créer un réseau diffus de petits centres européens d'information, d'essai et de formation sur les sources d'énergie renouvelables,

recommended by the United Nations consultative group of high level experts on new and renewable sources of energy and as it is now implemented by the European Renewable Energy Centres (EUREC). Each centre would in particular provide the necessary support to the on-site operators and planners described above. To start with, it would organise workshops for the operators to introduce them to the new subject.

46. It has been noticed that in the past, regional centres played a major role in the promotion of products and systems, namely in the field of biogas, wind and others. A concrete example is the Risø Centre in Denmark which was one of the keys for the success of wind turbine development and world-wide Danish leadership for wind energy. These centres should have the task of performing acceptance tests for new products and qualify them for the market. They should also be in charge of the acceptance of new types of renewable energy systems and of training manpower and organising seminars on a regular basis.

47. Furthermore, these centres should be given a new role in view of the stimulation of competition within the broad European single market, to become effective in 1993. The centres should actually have a complete record of products and systems produced in all European countries and their market price. These records should be frequently updated and published in the local language and widely made available to all possible customers. By this means, users will have the opportunity to choose the most convenient product at the best price.

f. International Renewable Energy Agency

48. The establishment of an International Renewable Energy Agency (IREA) within the framework of the United Nations is necessary. The United Nations Solar Energy Group on Environment and Development (UNSEGED) recommended such an institution. The argument in favour of this agency draws partly on the fact of the existence of the IAEA for nuclear energy, which, in addition to its tasks of promoting nuclear safety and supervising the fuel cycle, serves the purpose of helping to overcome the technological barriers to the introduction of nuclear energy.

49. The International Renewable Energy Agency is to help each country, mainly in the Third World, to eliminate existing disparities between states and national economies and build up an independent infrastructure for the use of renewable energies — from training and research to the production of technical components and the construction and operation of installations. It should work in connection and co-operation with

comme l'a recommandé le Groupe consultatif des Nations Unies — composé d'experts de haut niveau — sur les sources d'énergie nouvelles et renouvelables; c'est d'ailleurs un réseau de ce genre qui fonctionne actuellement sous l'égide des Centres européens pour l'énergie renouvelable (EUREC). Chaque centre devra notamment fournir le soutien nécessaire aux opérateurs et aux planificateurs sur le terrain, mentionnés ci-dessus. Il devra pour commencer organiser des stages d'initiation pour les opérateurs.

46. Il faut noter que, par le passé, les centres régionaux ont joué un rôle essentiel dans le domaine, entre autres, du biogaz et de l'énergie éolienne, en assurant la promotion des produits et des systèmes. On peut citer l'exemple concret du centre danois de Risø qui a été l'une des clés du succès du développement des turbines éoliennes et de la suprématie mondiale danoise en matière d'énergie éolienne. Ces centres doivent procéder à des tests d'homologation des nouveaux produits et donner leur agrément pour la commercialisation. Ils doivent aussi se charger de l'homologation des nouveaux types de systèmes d'énergie renouvelable, de former la main-d'œuvre et d'organiser régulièrement des séminaires.

47. En outre, il faut donner à ces centres un nouveau rôle en vue de stimuler la concurrence au sein du grand Marché unique européen qui sera instauré en 1993. Ils doivent établir un catalogue complet des produits et systèmes fabriqués dans l'ensemble des pays européens et de leur prix sur le marché. Ce catalogue doit être fréquemment actualisé, publié dans la langue du pays et mis à la disposition des éventuels acheteurs. Les usagers pourront ainsi choisir le produit qui leur convient le mieux au meilleur prix.

f. Agence internationale de l'énergie renouvelable

48. Il faut créer une agence internationale de l'énergie renouvelable (AIER) dans le cadre des Nations Unies, comme l'a recommandé le Groupe de l'énergie solaire pour l'environnement et le développement des Nations Unies (UNSEGED). L'argument en faveur de cette agence repose en partie sur l'existence de l'AIEA pour l'énergie nucléaire, qui, outre sa mission de promotion de la sécurité nucléaire et de contrôle du cycle du combustible, contribue à supprimer les obstacles technologiques à l'introduction de l'énergie nucléaire.

49. l'agence internationale de l'énergie renouvelable doit aider chaque pays, notamment du tiers monde, à abolir les disparités actuelles entre les Etats et les économies nationales, et à instaurer une infrastructure indépendante pour l'exploitation des énergies renouvelables, la formation et la recherche à la production de composants techniques en passant par la construction et l'exploitation des installations. Cette agence

existing UN agencies such as IDA, Unesco, FAO, WHO, WMO, UNDP, UNIDO, UNCTAD, UNEP, the World Bank and regional development banks and also with the International Energy Agency of the OECD.

APPENDIX

**National policies in the field
of renewable energies
in some Council of Europe member states**

*(Extracts from Energy Policies and Programmes
of IEA Countries
(1989 Review))¹*

Reporting committee: Committee on Science and Technology.

Budgetary implications for the Assembly: none.

Reference: Doc. 5961 and Reference No. 1713 of 28 January 1991.

Draft resolution adopted by the committee with one abstention on 27 May 1991.

Members of the committee: Mr Bassinet (*Chairman*), Lord Rodney, Mr Aarts (*Vice-Chairmen*), Mrs Arnold, MM. Atasever, Berger, Bohl, De Bondt, Borderas (*Alternate: Palacios*), Brecht (*Alternate: Scheer*), Brito, Fulvio Caccia, Dees, Dimmer, Mrs Falcucci, MM. Fourré (*Alternate: Birraux*), Gudnason, Guizzi, Olof Johansson, Kalos, Kitt, Albrecht Konecny, Koulouris, Lambie, Lenzer, López Valdivielso, Lotz, Martino (*Alternate: Mezzapesa*), Mészáros, Moreira, Mrs Nybakk, MM. Portelli, Probst, Schädler, Schmid, Sedlak, Seeuws, Svensson, Donald Thompson, Tiuri, Vuralhan.

N.B. The names of the members who took part in the vote are printed in italics.

See Order No. 469 and Resolution 974 (Standing Committee, 25 November 1991).

devrait coopérer avec les institutions onusiennes existantes (IDA, Unesco, FAO, OMS, OMM, PNUD, ONUDI, CNUCED, PNUE, la Banque mondiale et les banques régionales de développement) ainsi qu'avec l'Agence internationale de l'énergie de l'OCDE.

ANNEXE

**Politiques nationales
de plusieurs États membres
du Conseil de l'Europe
vis-à-vis des sources d'énergie renouvelables**

*(Extrait de Politiques et programmes énergétiques
des pays de l'AIE
(Bilan de 1989))¹*

Commission chargée du rapport: commission de la science et de la technologie.

Implications budgétaires pour l'Assemblée: néant.

Référence: Doc. 5961 et Renvoi n° 1713 du 28 janvier 1991.

Projet de résolution adopté par la commission avec une abstention, le 27 mai 1991.

Membres de la commission: M. Bassinet (*Président*), Lord Rodney, M. Aarts (*Vice-Présidents*), M^{me} Arnold, MM. Atasever, Berger, Bohl, De Bondt, Borderas (*Remplaçant: Palacios*), Brecht (*Remplaçant: Scheer*), Brito, Fulvio Caccia, Dees, Dimmer, M^{me} Falcucci, MM. Fourré (*Remplaçant: Birraux*), Gudnason, Guizzi, Olof Johansson, Kalos, Kitt, Albrecht Konecny, Koulouris, Lambie, Lenzer, López Valdivielso, Lotz, Martino (*Remplaçant: Mezzapesa*), Mészáros, Moreira, M^{me} Nybakk, MM. Portelli, Probst, Schädler, Schmid, Sedlak, Seeuws, Svensson, Donald Thompson, Tiuri, Vuralhan.

N.B. Les noms des membres qui ont pris part au vote sont indiqués en italique.

Voir Directive n° 469 et Résolution 974 (Commission Permanente, 25 novembre 1991).

1. See *Energy Policies and Programmes of IEA Countries (1989 Review)*, OECD, Paris, 1990. For further information please contact OECD, 2, rue André-Pascal, F-75775 Paris Cedex 16.

1. Voir *Politiques et programmes énergétiques des pays de l'AIE (Bilan de 1989)*, OCDE, Paris, 1990.

Pour plus d'informations, veuillez contacter l'OCDE, 2, rue André-Pascal, F-75775 Paris Cedex 16.