

Maitrise d'Énergies et Développement Durable

K.Touafek

Abstract— Après deux siècles de révolution industrielle et de développement énergétique fondé principalement sur les énergies fossiles (charbon, pétrole, gaz, etc.), les années 1970 marquent un retour aux énergies renouvelables et à une meilleure maîtrise de l'énergie grâce à une prise de conscience dans le contexte dramatique des chocs pétroliers. Le recours aux énergies renouvelable est certain et inévitable dans l'avenir très proche pour les raisons des pénuries qui commenceront à apparaître dans les grands stocks ainsi que l'arrivée imminente de la fin de l'ère des énergies fossiles en particulier le pétrole. Quelques pays ont commencé à penser d'arrêter l'exportation du pétrole et le laisser juste pour leur consommations internes. Cette situation n'aurait pas eu si les grands industriels de ce monde ont penser un peut tôt aux générations de future. S'ajoute à cela les problèmes causés à l'environnement par l'utilisation des ces énergies fossiles ces dernières années. Il y'a lieu donc de parler avec insistance sur la nécessité de maitriser la production et la consommation de ces énergies en attendant la généralisation des nouvelles technologies liées aux énergies renouvelables. La maitrise de la production permettra l'approvisionnement durable des énergies nécessaires à l'économie mondiale. La maîtrise de la consommation d'énergie vise à la fois des gains immédiats pour les acteurs économiques et répond à des enjeux de moyen et long terme. Désormais, la réflexion sur la maîtrise de l'énergie et les énergies renouvelables est partout présente, mais tous les acteurs ne sont pas conscients encore de la nécessité de s'engager dans cette voie.

Index Terms— Maitrise, Energie, Energies renouvelables, Consommation mondiale, électricité

I. INTRODUCTION

L'énergie fossile est issue de la fossilisation des êtres vivants, elle s'est faite en plusieurs millions d'années. Les énergies fossiles sont le pétrole, le gaz naturel, la houille et l'uranium. Ce sont des énergies non renouvelables à l'échelle du temps humain et elles sont polluantes lorsqu'elles sont utilisées comme combustible et dont la surconsommation actuelle vide les réserves mondiales, c'est pourquoi qu'un jour, il n'en existera plus ce type d'énergie. Le pétrole sert de

carburant pour les véhicules motorisés, de combustible et de matière première pour les industries chimiques et pour la fabrication du plastique. Le pétrole est l'énergie la plus utilisée dans le monde, elle est à 34,3% de la consommation mondiale des énergies. L'énergie la plus consommée après le pétrole est le charbon avec 25,1% de la consommation mondiale des énergies. Le charbon est utilisé pour le chauffage et la production du courant mais il servait autrefois comme carburant pour les trains et les machines à vapeur. De plus, il est utilisé dans de nombreuses industries, comme la métallurgie ou l'industrie plastique. La troisième énergie la plus utilisée dans le monde est le gaz naturel avec 20,9% de la consommation mondiale d'énergie. Il sert aux usages domestiques, aux industriels et à la production d'électricité. La quatrième énergie fossile est le nucléaire, qui est à 6,5% de la consommation de l'énergie mondiale. Il sert à créer de l'électricité, celle-ci est faite dans une centrale nucléaire en créant de la chaleur, suite à la fission de noyaux nucléaires, cette chaleur permet de faire tourner une turbine qui crée de l'électricité. Le charbon, le pétrole et le gaz naturel sont faits à partir de biomasse, c'est l'ensemble des matière organiques qui peut devenir des sources d'énergies. Les transformations, comme les plantes, qui se transforment en charbon, s'effectuent dans des milieux pauvre en dioxygène. Le pétrole et le gaz se forme par l'accumulation de matières organiques et recouvert par une couche de sédiments. Ils remontent au travers de roches poreuses et sont ensuite piégés par une couche de roche imperméable, cela forme un gisement exploitable. La création des énergies fossiles se fait donc sous terre, il faut attendre deux millions d'années pour qu'un litre de pétrole soit formé. Pourtant, le pétrole arrive à se déplacer dans une structure appelée « piège », c'est un dôme imperméable. Par contre les autres énergies n'arrivent pas à se déplacer, elles restent alors à la place, où elles se sont créés.

II. LES SOURCES D'ENERGIE FOSSILES

On peut classer les sources d'énergie suivantes dans la catégorie des sources d'énergie fossiles :Le pétrole et ses dérivés ; le gaz naturel, que l'on pourrait éventuellement classer comme dérivé du pétrole ; le charbon ;l'uranium et les autres « combustibles » nucléaires.

Les sources d'énergie fossiles sont des formes d'énergie de stock, que la nature a mis un long moment à façonner (à l'échelle Humaine, c'est-à-dire au moins plusieurs centaines d'années). Ainsi, les gisements d'hydrocarbures résultent de la lente décomposition de végétaux durant plusieurs millions d'années, et des caractéristiques géologiques du lieu. De même, la présence d'uranium dans le sol, à des concentrations significatives, dépend des caractéristiques géologiques du lieu.

K.Touafek is with the Unit of Applied Research in Renewable Energy, Ghardaïa, Algeria (corresponding author to phone: +21329870126; fax: +21329870146; e-mail: khaledtouafek@uraer.dz).

C'est la définition même d'une source d'énergie fossile : la ressource primaire est épuisable, et son utilisation implique une « consommation » de cette ressource. Les gisements les plus faciles d'accès ont déjà été exploités, la hausse des prix et l'évolution des technologie permet cependant d'exploiter des gisements non rentables par le passé. Les coûts d'extraction augmentent en réponse à la raréfaction des ressources combinée à une hausse de la demande.

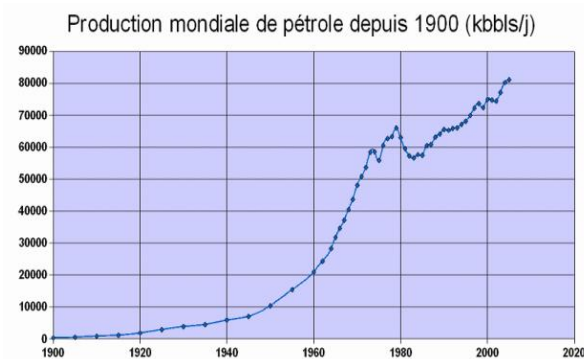


Fig.1. Production mondiale de petrole (Source: Wikipedia)

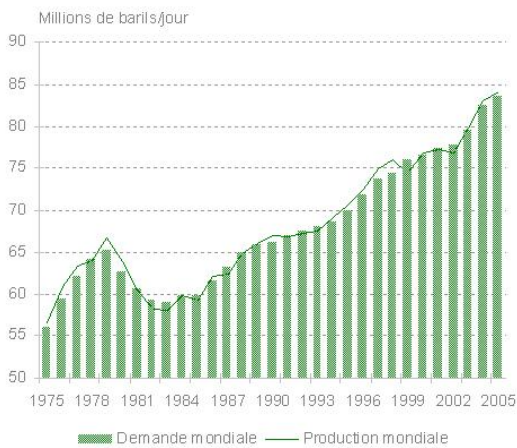


Fig. 2. Production et consommation mondiale du pétrole (Source: Union Française des Industries Pétrolières)

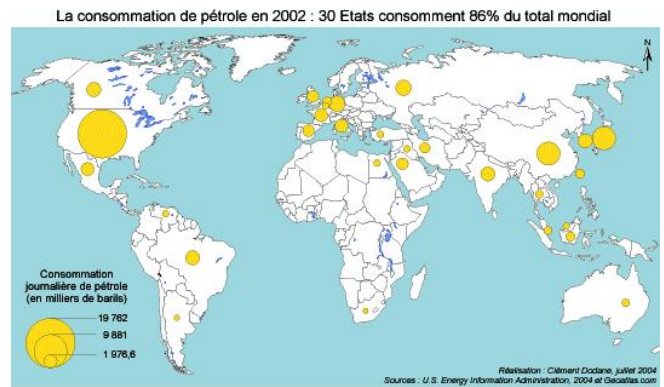


Fig.3. Consommation mondiale du pétrole

L'utilisation en trop grande quantité des énergies fossiles comme le montre les figures précédentes, comme le charbon et le pétrole, produit beaucoup trop de gaz. Ces gaz sont une cause de l'augmentation de l'effet de serre, donc ils créent le réchauffement climatique. De plus, ces énergies nous servent au quotidien, comme pour se déplacer, mais comme elles sont beaucoup utilisées, dans quelques années, elles seront épuisées et on ne pourra plus compter dessus, et il faudra attendre des millions d'années pour qu'elles se renouvellent.

III. PROBLEMES CAUSES PAR LES ENERGIES FOSSILES

Le principal problème de l'utilisation des énergies fossiles c'est qu'elles sont très polluantes, elles rejettent énormément de dioxyde de carbone dans l'atmosphère. Ce qui est en partie la cause du réchauffement climatique.

A. Le réchauffement climatique

Le réchauffement climatique est le phénomène de l'augmentation de la température moyenne de l'atmosphère, mais aussi de l'océan, à l'échelle de plusieurs années. La grande partie des scientifiques disent que le réchauffement climatique a été causé par l'homme. Le réchauffement climatique est causé par l'augmentation de l'effet de serre, en majeure partie créée par l'utilisation des énergies fossiles. Il est en grande partie dû à l'augmentation des gaz dans l'atmosphère. Cette augmentation a été créée par l'activité humaine et surtout depuis le siècle dernier. On a beaucoup utilisé les énergies, surtout les énergies fossiles, qui ont produit énormément de gaz, principalement du dioxyde de carbone (CO₂), à 65%, mais aussi d'autres gaz, comme le méthane (CH₄), à 20%, et de la vapeur d'eau. L'ozone (O₃) est aussi un gaz qui augmente l'effet de serre, tout comme le protoxyde d'azote (N₂O). Avec ces émissions de gaz à effet de serre, l'homme a modifié le climat, comme si le Soleil avait augmenté sa puissance de 1%. L'homme émet le plus de gaz dans le secteur du transport, avec 26%. Il produit aussi des gaz à effet de serre avec l'industrie, 22% et le bâtiment, 20%. Le reste, c'est créé par l'agriculture, 19%, les énergies, 11% et les déchets, 2%.

Au Japon, le 11 décembre 1997, le protocole de Kyoto a été adopté par un grand nombre des pays riches, pas tous, c'est un traité pour que les pays riches prennent conscience du risque du changement climatique et qu'ils s'engagent à stabiliser leurs émissions de gaz. C'est un traité pour les pays riches, car ce sont eux qui produisent le plus de gaz à effet de serre.

B. L'effet de serre

L'effet de serre est un processus naturel de réchauffement de l'atmosphère. Il est dû aux gaz à effet de serre (GES) contenus dans l'atmosphère, qui est principalement créée par la vapeur d'eau, le dioxyde de carbone et le méthane. L'effet de serre permet d'avoir une température d'environ de 15°C au lieu de -18°C sur Terre. Par contre, la combustion des énergies fossiles rejette du dioxyde de carbone en très grande quantité dans l'atmosphère. Seule la moitié du dioxyde de carbone est renouvelé en oxygène par la nature, et que l'autre moitié reste bloqué dans l'atmosphère, ce qui augmente l'effet de serre et qui crée un réchauffement de la Terre.

III. APRES LE PETROLE

La disparition du pétrole ne pourra pas être compensée par des pétroles synthétiques, ni par les agro carburants, l'hydrogène ou l'électricité. cela entraînera la disparition d'une grande partie des voitures et des camions. les agglomérations démesurées devront céder la place à de petites villes autonomes en énergie et en nourriture.

En 2005, le parc automobile mondial était estimé à 888.924.000 véhicules (647.577.000 voitures et 241.347.000 véhicules utilitaires). Dans le monde, 27,2 % des véhicules sont des utilitaires, pour le transport de personnes ou de marchandises ou pour des activités particulières. La proportion de véhicules utilitaires est beaucoup plus faible en Europe, où se trouve le réseau ferré le plus développé.

Tableau. 1. Parc de véhicules dans le monde en 2005
Source : CCFA (France) et SMTT (Grande-Bretagne)

Région du monde	Voitures	Utilitaires	Total véhicules
Europe (avec Russie)		45 186 000	322 519 000
Afrique	14 099 000	7 281 000	21 380 000
Amérique	205 569 000	121 192 000	326 761 000
Asie	136 635 000	64 404 000	201 039 000
Océanie	13 941 000	3 284 000	17 225 000
Monde	647 577 000	241 347 000	888 924 000

La production de pétrole consiste en de nombreux pétroles disparates regroupés sous le terme "tous liquides" dans les statistiques internationales. Les pétroles se distinguent selon leur nature : pétrole brut (crude oil), condensats, pétroles extra-lourds, liquides de gaz naturel et liquides de synthèse, gains de raffinerie - et leur qualité : degré API (densité) et teneur en soufre, mais aussi viscosité et autres paramètres. Les pétroles de meilleure qualité sont ceux de degré API élevé et de faible teneur en soufre.

Les sables bitumineux ou pétrolifères (tar sands, oil sands) sont un pétrole dégradé dont l'extraction demande beaucoup d'énergie et entraîne des pollutions considérables, pour obtenir du pétrole de synthèse (synthetic crude oil). Les schistes bitumineux (oil shales) qui ne sont ni des schistes, ni constitués de bitume, mais une roche sédimentaire contenant du kérogène (pétrole non encore formé) qu'il faut transformer par pyrolyse, avec un très mauvais bilan énergétique.

D'autres pétroles synthétiques sont obtenus à partir du charbon, du gaz naturel ou de la biomasse. Ces derniers sont les agroc carburants, mal nommés biocarburants car ils n'ont rien de "bio" ni d'écologique.

Tous ces pétroles, y compris ceux extraits en mer très profonde et dans les régions polaires, sont déjà comptabilisés dans la production mondiale de pétrole et il ne faut pas espérer qu'ils pourront suppléer au déclin du pétrole brut conventionnel.

La production de pétrole est proche de son maximum ou a déjà atteint celui-ci. Un recul de quelques années sera nécessaire pour le constater. En fait, la production devrait osciller pendant quelques années autour d'une valeur proche de celle de cette année, en fonction des circonstances économiques et de divers aléas politiques, sociaux et climatiques, avant de commencer à décliner de façon irréversible.

Les véhicules à moteur électrique, en remplacement du moteur thermique, peuvent recevoir l'électricité nécessaire à leur fonctionnement soit d'un accumulateur électrique (batterie) dans lequel est stockée l'électricité sous forme chimique, soit d'une pile à combustible dans laquelle l'électricité est produite selon les besoins. Deux options ne présentent pas d'intérêt : L'une utilise du méthanol (CH₃OH ou MeOH - alcool de bois) dans une pile à combustible, mais celui-ci est produit par reformage du méthane contenu dans le gaz naturel, dont l'avenir n'est guère plus brillant que celui du pétrole. L'autre consiste à brûler de l'hydrogène dans un moteur thermique comme c'est le cas de certaines voitures à hydrogène actuels. Dans les deux cas, la perte d'énergie est bien supérieure à celle provenant de l'utilisation des carburants habituels, essence ou gas-oil, dans un moteur ordinaire.

Le remplacement des moteurs thermiques par des moteurs électriques ne concerne pas seulement les voitures, mais aussi les bus et autocars, les fourgons, camions et poids lourds de tous tonnages, les tracteurs agricoles, les locomotives à moteur diesel, les navires de toutes sortes et de toutes tailles

(du bateau de pêche ou de plaisance, aux péniches, cargos et paquebots). La situation des avions est encore plus problématique.

Pour la même quantité d'énergie mécanique obtenue au niveau de la propulsion, on peut espérer consommer deux fois moins d'énergie électrique que d'énergie utilisée dans les moteurs à essence ou diesel. Mais, à moins d'utiliser les énergies renouvelables, la production d'électricité nécessite l'utilisation d'une quantité trois fois plus grande d'énergie primaire. Le principe de la thermodynamique de Carnot, qui explique le faible rendement du moteur thermique, s'applique aussi à la production d'électricité thermique, qu'elle soit nucléaire ou à base de charbon, pétrole ou gaz naturel, avec un rendement presque aussi faible.

IV. AVENIR DU CHARBON

Les réserves prouvées de charbon sont passées de 227 à 144 années de production entre 1999 et 2005. Le charbon aura-t-il une fin brusque dès 2048, selon la tendance actuelle d'augmentation de la production, ou seulement en 2075 selon une progression plus faible de celle-ci ?

La production mondiale de charbon a augmenté en moyenne de 2,9 % par an de 1996 à 2006 et de 5,1 % par an de 2001 à 2006. Pour la période allant de 2005 à 2030, l'agence internationale de l'énergie (AIE) envisage une augmentation moyenne de 2,2% par an de la production de charbon (World Energy Outlook 2007).

Le charbon n'en a pas pour deux siècles, comme on l'entend souvent dire, mais pour beaucoup moins longtemps. En six ans, entre 1999 et 2005, les réserves prouvées de charbon ont diminué de 14 %. Exprimé en années de production, ces réserves sont passées de 227 à 144 ans, soit une diminution de durée de 83 ans (- 36 %) en six ans.

Tableau.2. Réserves prouvées et production de charbon (toutes catégories) En millions de tonnes, charbon bitumineux, sous-bitumineux et lignite (Source : World Energy Council - Survey of Energy Resources 2001, 2004, 2007)

Millions de tonnes	1999	2002	2005
Réserves prouvées	984 453	909 064	847 488
Production annuelle	4 343	4 823	5 901
Ratio R / P	227 ans	188 ans	144 ans

Entre 1999 et 2005, les réserves ont diminué quatre fois plus vite (4,4 fois) que le cumul de la production au cours des six années. La diminution est surtout due à un affinement des

évaluations antérieures. Les réserves sont celles à la fin de l'année indiquée.

Alors qu'une étude trop générale indique une disparition du charbon en 2070 ou en 2048, selon le taux de croissance de la production (2,2 % ou 5,0 %), une étude plus précise montre que le charbon bitumineux aura été épuisé en 2056 ou en 2040 pour les mêmes taux de croissance. La production de lignite, un charbon de faible qualité, pourra se maintenir plus longtemps, mais cela présente peu d'intérêt. Son seul usage est la production d'électricité dans les centrales thermiques, électricité qui sera produite sans pollution et à moindre coût par les énergies renouvelables dans moins de vingt ans. Les réserves de charbon n'ont pas augmenté malgré un prix qui a doublé entre 1999 et 2005, comme le voudrait une théorie économique simpliste selon laquelle "les réserves augmentent avec les prix". Au contraire, les réserves "prouvées" de charbon ont diminué de 14 % en tonnage. Les réserves réelles sont sans doute bien inférieures. Par exemple, sans aucune découverte nouvelle et malgré une production très importante, les réserves n'ont pas été ajustées depuis 1996 en Russie et depuis 1990 en Chine.

En réalité, la production de charbon passera par un maximum vers 2030, avec une production proche de 8.000 millions de tonnes par an, puis entrera en déclin. Comme pour le pétrole et le "peak oil", la production charbonnière passera par son "peak coal".

V. NECESSITE DE LA MAITRISE DE LA CONSOMMATION D'ENERGIE ET RECOURS MASSIVE A L'UTILISATION DES ENERGIES RENOUVELABLES

Les énergies renouvelables sont celles provenant de l'énergie produite par le soleil, l'eau des fleuves ou de la mer, le vent, la biomasse. Ce sont des sources d'énergie qui se renouvellent en permanence dans le temps, soit de façon continue, soit selon un cycle dont la durée varie du jour à l'année ou à plusieurs années (bois des arbres). L'énergie hydraulique est la plus importante énergie renouvelable dans le monde. Elle permet de produire de l'électricité à partir de l'énergie cinétique de l'eau, le plus souvent retenue derrière un barrage pour en augmenter la puissance.

L'énergie solaire est le plus souvent utilisée de façon passive. Elle permet de chauffer une maison ou tout autre bâtiment, plus ou moins selon les saisons, au moyen de l'énergie thermique produite par les rayons du soleil.

L'énergie solaire active se rencontre sous trois formes :

thermique, la chaleur est utilisée pour produire de l'eau chaude ou pour chauffer un bâtiment au moyen d'un plancher solaire direct (PSD) ou de radiateurs classiques, photovoltaïque, pour produire de l'électricité à partir de la lumière (photons), thermodynamique, dans des centrales solaires à concentration où le rayonnement du soleil est concentré par des miroirs pour chauffer un fluide à haute

température. La chaleur de celui-ci entraîne la production de vapeur à haute pression, utilisée pour produire de l'électricité comme dans une centrale thermique classique. L'énergie éolienne utilise la force du vent pour produire de l'électricité au moyen des éoliennes. Cette énergie est d'autant plus importante que le vent est puissant. L'énergie de la mer et de l'océan commence à être utilisée. L'usine marémotrice de la Rance est cependant ancienne et bien connue. Son réservoir se remplit et se vide au rythme des marées, de forte amplitude à cet endroit.

En mai 2006, l'Agence internationale de l'énergie a publié une étude sur la rentabilité énergétique de l'électricité photovoltaïque dans 41 villes de 26 pays, européens pour la plupart. Le calcul du temps de retour sur l'énergie investie et celui du facteur de rentabilité énergétique prend en compte toutes les dépenses d'énergie pour la fabrication, l'installation, le démontage et le recyclage des systèmes photovoltaïques.

Le résultat varie selon le type d'installation, en toiture ou en façade, et selon la situation géographique (latitude, climat local).

Pour une installation en toiture, il suffit de 1,6 à 3,3 années d'utilisation pour avoir un bilan positif et l'énergie produite est de 17,9 à 8 fois plus importante que celle consommée pour tout le cycle d'utilisation.

Pour une installation en façade, il faut de 2,7 à 4,7 années pour rendre le bilan positif et la production est de 10,1 à 5,4 fois celle de l'énergie consommée.

La durée de vie moyenne des modules photovoltaïques est de 30 ans (dont 25 ans garantis). Les modules actuels ont une durée de vie supérieure à 30 ans. Les rendements seront environ du double d'ici 5 à 10 ans et le temps pour rentabiliser l'installation réduit de moitié (soit moins de 2 ans à Paris)

Tableau. 3. Solaire photovoltaïque : temps de retour sur énergie investie et facteur de gain

Ville	Irradiation / an kWh/m2	Energie annuelle kWh / kWc	
		Toit	Façade
Paris	1 057	872	595
Lyon	1204	984	632
Marseille	1540	1317	878
Barcelone	1446	1193	759
Madrid	1660	1394	884
Séville	1754	1460	895
Lisbonne	1682	1388	858

Milan	1251	1032	676
Rome	1552	1315	861
Athènes	1563	1278	774
Berne	1117	922	620
Vienne	1108	906	598
Budapest	1198	988	656
Amsterdam	1045	886	611
Bruxelles	946	788	539
Luxembourg	1035	862	582
Berlin	999	839	584
Cologne	972	809	561
Munich	1143	960	660
Prague	1000	818	548
Londres	955	788	544
Edimbourg	890	754	547
Dublin	948	811	583
Copenhague	985	850	613
Oslo	967	870	674
Stockholm	980	860	639
Helsinki	956	825	602

Comme le montrent les études citées, les énergies renouvelables peuvent fournir la moitié des ressources du monde en énergie en 2050 (les deux tiers pour l'électricité), dans le cadre d'un usage responsable de l'énergie et d'une meilleure efficacité énergétique, permettant ainsi de réduire de moitié les émissions de CO2 sans nuire à notre confort.

C'est la seule façon d'éviter le changement climatique, dont la cause est une utilisation croissante des énergies fossiles, productrices de CO2. La poursuite des tendances actuelles, comme l'envisage l'Agence internationale de l'énergie, serait catastrophique pour le climat. A titre d'exemple, voici l'évolution possible de la production mondiale d'électricité selon le Conseil européen de l'énergie renouvelable, tenant compte du développement économique des différentes parties du monde.

Tableau.4. Production d'électricité dans le monde de 2010 à 2050 (Scénario de référence de l'AIE - selon WEO 2004 (extrapolé pour 2040 et 2050). En TWh / an - téraWatt heures par an.

TWh / an	2010	2020	2040	2050
Production totale	20 030	25 617	38 245	46 501
Energies fossiles	13 226	17 778	28 574	36 206
Nucléaire	2 984	2 975	2 797	2 730
Energies renouvelables	3 821	4 864	6 875	7 564
Consommation finale d'énergie	16 568	21 279	31 951	39 008

Tableau. 5. Scénario alternatif - émission de CO2 en 2050 réduite de moitié par rapport à 1990 En TWh / an - téraWatt heures par an Source : EREC - European Renewable Energy Council (Conseil européen de l'énergie renouvelable) - Etude "Energy revolution - A sustainable world energy outlook"

TWh / an	2010	2030	2040	2050
Production totale	17 308	23 292	27 018	30 935
Energies fossiles	11 110	10 624	10 003	9 491
Nucléaire	2 094	65	0	0
Energies renouvelables	4 104	12 603	17 015	21 444
Consommation finale d'énergie	14 188	19 189	22 516	26 009

Certaines publications indiquent une part de 6% de nucléaire dans l'énergie primaire, mais il s'agit de l'énergie nucléaire dont un tiers seulement (33%) est transformé en électricité nucléaire. Les deux tiers de l'énergie produite par les réacteurs nucléaires est perdue en chaleur, ce qui pose de sérieux problèmes de pollution thermique des fleuves.

Le rendement des centrales thermiques à flamme (charbon, pétrole, gaz) est meilleur et entraîne moins de pertes de conversion d'énergie. La chaleur peut aussi plus facilement être utilisée pour des usages industriels ou de chauffage urbain. Cela est impossible avec les centrales nucléaires qui, pour des raisons de sécurité, doivent être éloignées des centres urbains ou d'activité.

Les potentiels de maîtrise de l'énergie sont plus considérables dans les usages thermiques liés aux bâtiments résidentiels et tertiaires. Progressivement depuis 1973, la qualité de la construction a permis de diviser par 2,5 la consommation d'énergie moyenne de chauffage d'une maison neuve identique (isolation thermique, modulation électronique du chauffage, optimisation des chaudières, pose de double vitrage). Une nouvelle division par deux apparaît encore à portée grâce à la conception de vitrages peu émissifs, le

traitement des ponts thermiques, la mise au point d'isolants de faible épaisseur et la valorisation des apports solaires directs. Mais la réhabilitation du parc bâti ancien constitue une tâche considérable. Les besoins d'électricité liés à l'électroménager, à l'informatique et aux appareils de communication sont eux davantage en forte croissance. Les enjeux d'amélioration de l'efficacité énergétique dans la conception des appareils grand public sont d'autant plus décisifs que les consommations d'électricité sont presque insensibles à l'usage.

VI. CONCLUSION

Le développement des énergies renouvelables est l'autre composante décisive de la politique de maîtrise de l'énergie. Les avis les concernant sont exagérément contrastés. Certes certaines filières nécessitent des progrès techniques encore importants pour connaître une diffusion massive à bas coût : le photovoltaïque (réduction du coût des cellules, intégration dans les composants du bâtiment), la géothermie grande profondeur pour la production d'électricité comme de chaleur, la fabrication de biocarburants à partir des plantes entières ou de matières ligneuses ; ce qui est alors déterminant, c'est la constance dans l'effort de recherche et le soutien dans la phase d'expérimentation.

Mais d'autres filières sont technologiquement matures et nécessitent plutôt une optimisation des matériels et l'intégration dans des productions industrielles en grandes séries : le chauffage au bois, l'éolien, le solaire thermique, l'habitat bioclimatique, la micro hydraulique et le biogaz issu des déchets. Il en résultera d'autant plus une réduction décisive des coûts que seront résolues des disparités économiques vis-à-vis des combustibles fossiles et de l'électricité (primes commerciales, récupération de TVA sur les investissements, taxation sur les abonnements,

Bibliographie

- [1] J-F BERNARD, « L'évaluation de la mise en oeuvre de la loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie » du 30 décembre 1996
- [2] B. DESSUS, " Penser l'avenir pour agir aujourd'hui : rapport du club Energie, prospective et débats ", Commissariat général du plan, 2001.
- [3] INSTITUT D'ÉVALUATION DES STRATEGIES SUR L'ENERGIE ET L'ENVIRONNEMENT EN EUROPE.- " La Demande d'énergie en 2050 ", Commissariat général du plan, 1996.
- [4] L. TACCOEN, "Le pari nucléaire français , histoire politique des décisions cruciales", Editions de l'Harmattan, 2003.
- [5] www.protegeonslaterre.com
- [6] www.lexique-energie.com
- [7] www.techno-science.net
- [8] www.planete-energies.com
- [9] www.futura-sciences.com

- [10] www.socgen.com
- [11] Key World Energy Statistics 2007 de l'Agence internationale de l'énergie (AIE ou IEA : International Energy Agency)
- [12] World Energy Outlook 2006 de l'Agence internationale de l'énergie
- [13] Energy, electricity and nuclear power estimates for the period up to 2030, édition 2007 de l'Agence internationale de l'énergie atomique.