



Siège de l'UNESCO  
Paris, 5 - 9 juillet 1993

UNESCO Headquarters  
Paris, 5 - 9 July 1993

# World Solar Summit Sommet solaire mondial

High-level Expert Meeting  
Réunion d'experts de haut niveau

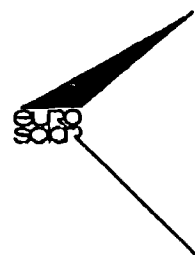
SC.93/Conf.003/5  
Paris, 30 juin 1993  
Original : Français

Énergie solaire, énergies renouvelables  
et sociétés

*Solar Energy, Renewable Energies and  
Societies*



Ademe



# Énergie solaire, énergies renouvelables et sociétés

## *Solar Energy, Renewable Energies and Societies*

Co-ordinator : **Bauby**  
Pierre  
Chargé de L'Observatoire "Électricité et Sociétés",  
Électricité de France (EDF)  
France

The authors are responsible for the choice and the presentation of the facts of this discussion paper submitted to the High-level Expert Meeting of the World Solar Summit, as well as for the opinions which are expressed therein. These do not bind the Organisers of the World Solar Summit. Les auteurs de ce document de discussion soumis à la réunion d'experts de haut niveau du Sommet solaire mondial sont responsables du choix et de la présentation des faits figurant dans leurs contributions, ainsi que des opinions qui y sont exprimées, lesquelles n'engagent pas les organisateurs du *Sommet solaire mondial*.

# **ENERGIE SOLAIRE, ENERGIES RENOUVELABLES ET SOCIETES**

**(SOLAR ENERGY, RENEWABLE ENERGIES AND SOCIETIES)**

**Pierre BAUBY \***

Dans le cadre du « Sommet solaire mondial » organisé par l'UNESCO du 5 au 9 juillet 1993 à Paris, il apparaît important de développer une approche transdisciplinaire de l'ensemble des interactions entre énergie solaire, énergies renouvelables et sociétés.

Le présent Rapport vise à proposer une problématique pour la Table ronde « énergie solaire, énergies renouvelables et sociétés ». Il utilise en particulier largement les ouvrages de François Houtart et Geneviève Lemercinier, *L'Energie et la culture*, réalisé à l'initiative de l'UNESCO (L'Harmattan, 1990) ; Jean-Marie Martin, *Economie et politique de l'énergie* (Armand Colin, 1992).

## **L'énergie (The energy)**

L'énergie est un élément-clé du rapport dialectique entre nature et société. C'est la force matérielle utilisée, mise en oeuvre ou fabriquée par les êtres humains pour le contrôle de la nature et pour la satisfaction de besoins socialement définis.

**Sa production et son usage sont à la fois :**

- conditionnés par les formes sociales du contrôle de la nature,
- conditions de ce contrôle de la nature.

Depuis le début de l'histoire humaine, ce rapport constant jalonne les grandes étapes de l'évolution des sociétés. En effet, les manières d'utiliser la nature influencent l'ensemble de la construction et de la reproduction sociale, parce qu'elles créent des compatibilités et des

---

\* Docteur en science politique, Chargé de l'Observatoire Electricité et sociétés à la Mission prospective d'Electricité de France, Professeur à l'Institut d'Etudes Politiques de Paris, Consultant de l'UNESCO. (Doctor in Political Science, Head of the Electricity and Societies Observatory at the Electricité de France Corporate Planning Unit, Professor at the Institut d'Etudes Politiques de Paris, Consultant to UNESCO).  
Ce document a été rédigé sur la base d'une synthèse documentaire réalisée par Thierry GERBER. (This paper was drafted on the basis of a documentary synthesis produced by Thierry GERBER).

incompatibilités avec les autres formes d'organisation de la société. La production comme la consommation (domestique, publique ou industrielle) d'énergie s'inscrivent dans des rapports sociaux.

**Des liens étroits unissent progrès matériel de l'humanité et consommation d'énergie.** La consommation d'énergie est à la base de presque toutes les activités économiques : la totalité des activités productrices agricoles et industrielles et des transports en requièrent, plus ou moins massivement. Aucun progrès matériel de l'humanité n'est actuellement concevable sans elle. Divers auteurs ont comparé l'énergie à l'oxygène ou au sang, car également indispensable à nos activités vitales ; dans notre monde actuel, toute pénurie énergétique serait sans recours et causerait une régression dramatique. En plus de ses fonctions productrices, l'énergie est un facteur déterminant du mode de vie des individus. Presque tout ce qui est impliqué dans le thème de « qualité de la vie » est, directement ou indirectement, consommateur d'énergie. Le recours à l'énergie mécanique contribue à réduire la fatigue des hommes.

**L'énergie entre dans la construction des rapports sociaux.** Ses représentations concourent à leur reproduction. L'énergie provoque souvent des changements sociaux (nouvelle implantation de centres de production, destruction de cultures traditionnelles, etc.).

**L'énergie se trouve au centre de l'existence humaine, de la vie quotidienne comme des enjeux collectifs.** Elle forme un des éléments-clés des bases matérielles. Elle est sans cesse présente dans le mouvement des idées, dans la symbolique et dans les mythes des peuples. Elle est dialectiquement liée aux représentations du monde et occupe une place essentielle dans les rapports entre les hommes.

### **Problématique générale (The general problem)**

Jusqu'ici, en règle générale, dans les pays développés, mais aussi souvent dans les pays en développement, sous l'effet en particulier des grands acteurs internationaux, l'élaboration des stratégies et des politiques énergétiques s'est opérée sur la base de critères technico-économiques ; si les préoccupations d'ordre militaire et géo-stratégique étaient présentes, les aspects liés au développement, à l'espace, à l'environnement, au social, à la culture et aux valeurs n'étaient abordés que comme conséquences, voire comme résidus, ou comme externalités des systèmes énergétiques.

**Il s'agit aujourd'hui de faire intervenir l'ensemble des interactions entre énergie et sociétés en amont des choix, de prendre en compte les dimensions sociales et culturelles**

au même titre que les données techniques et économiques dans les chaînes de décision (2).

L'énergie a souvent été réduite à un facteur de production, alors qu'elle est une composante inséparable de tout système vivant. La « rationalité » d'une économie capitaliste privilégie la reproduction du capital et donc la rentabilité, sans y inclure l'ensemble des coûts sociaux ou la destruction de l'environnement, tant que ces derniers n'ont pas de répercussions sur les coûts de production. Science, technique et économie sont des dimensions de base du problème énergétique, mais quand de partielles elles s'identifient à la totalité, elles perdent leur sens et le discours qui les concerne se transforme en idéologie.

¶

Le point de vue écologique introduit au niveau de toutes les décisions une préoccupation conservacioniste susceptible de favoriser une attitude plus harmonieuse dans le rapport à la nature. La dimension sociologique rappelle que toute politique énergétique débouche sur la reproduction, la destruction ou la création de rapports sociaux. Or ces derniers ne sont pas indifférents en matière de développement, dans la mesure où l'on ne confond pas celui-ci avec la simple croissance économique. Il en est de même des valeurs culturelles qui constituent l'originalité des groupes humains et une des conditions de leur reproduction sociale. Certes, il n'y a aucun avantage à empêcher la réalisation de solutions techniques bénéfiques, pour réduire des groupes humains en conservatoires de coutumes et en musées vivants, mais une préoccupation anthropologique permet de concevoir cette rencontre comme un processus dialectique où l'homme reste le maître de ses propres transformations.

Plus généralement, la science contemporaine devient de plus en plus consciente qu'un angle d'approche segmenté, dans la mesure où, volontairement ou non, on l'absolutise, signifie une attitude « ethnocentriste », voire a-historique. Il faut construire, comme le propose Edgar Morin, « une connaissance organisée globale, seule capable d'articuler les compétences spécialisées pour comprendre les réalités complexes ».

## **Energie solaire et énergies renouvelables (Solar energy and renewable energies)**

Les énergies solaire et renouvelables présentent des avantages essentiels : elles comportent moins de risque d'épuisement, n'ont pas ou peu de coût de combustible, sont, du moins certaines, mieux réparties géographiquement, sont souvent bien adaptées aux zones dont la densité de population est faible, ne présentent, pour la plupart, pas de conséquences négatives pour l'environnement.

Pourtant, elles sont encore relativement peu développées. Sans doute pour des motifs techniques, qui en rendent l'utilisation souvent difficile. Mais aussi en raison de leurs coûts

---

(2) Cf. à propos de l'électricité dans la société française, Pierre Bauby, *Electricité et société*, InterEditions, à paraître, automne 1993.

dans la plupart des cas aujourd'hui encore supérieurs à ceux des énergies plus « classiques ». Il y a là, en fait, nécessité d'ouvrir deux débats :

- Il semble que dans le coût supérieur des énergies renouvelables entre une sorte de « cercle vicieux » : puisque ces énergies en sont pas « rentables » aujourd'hui, les principaux acteurs internationaux des systèmes énergétiques ne procèdent qu'à de faibles investissements ; dès lors, il n'y a aucune raison que leur rentabilité finisse par s'établir. **L'irruption de nouvelles technologies a toujours dépendu d'investissements au départ non rentables, mais dont l'existence a permis la rentabilité ultérieure, en particulier grâce aux économies d'échelle et de taille.**
- **Dans la comparaison des coûts des différentes sources et technologies énergétiques, il est rarement pris en compte les externalités négatives. Or si l'on intégrait ne serait-ce que les effets de chaque énergie sur l'environnement, certaines énergies renouvelables deviendraient sans doute tout à fait compétitives.**

**L'examen des interactions énergies renouvelables-sociétés implique de prendre en compte à la fois ces deux aspects et les données technico-économiques actuelles (cf. Annexe).**

## **Plan (The plan)**

**Aussi le plan proposé consiste-t-il à examiner les différentes interactions entre énergie solaire, énergies renouvelables et sociétés, en les replaçant dans l'ensemble des rapports énergies-sociétés :**

1. Energies et histoire,
2. Energies et développement,
3. Energies et espace,
4. Energies, habitats et architectures,
5. Energies, technologies et économie,
6. Energies et environnement,
7. Energies et social,
8. Energies et pouvoirs,
9. Energies, cultures et valeurs.

## **1. Energies et histoire (Energies and history)**

De tout temps, la quête de chaleur, de lumière, de force a entraîné de la part des acteurs sociaux un ensemble de pratiques sociales.

Tout au long de l'histoire, les énergies ont comporté un fort contenu imaginaire. Depuis la découverte du feu, en passant par les multiples bienfaits du soleil, puis par le pétrole surnommé « or noir », ou l'hydraulique dite « houille blanche », ou encore le kérozène désigné comme « lumière nouvelle », et jusqu'à l'électricité transformée en « fée » (3)... l'énergie a tenu une place importante dans l'univers des mythes et des symboles.

Le soleil est l'astre qui a fait le plus l'objet d'adorations et de cultes de la part d'un très grand nombre de civilisations et de peuples du monde. Il tient une place considérable dans l'imaginaire des peuples. Selon les périodes, les zones géographiques, la place de l'agriculture et d'autres facteurs, le soleil a longtemps été considéré soit comme un dieu suprême, voire unique, soit comme un dieu très puissant, soit comme une divinité importante même si c'est de second rang. Les cultes et les rites solaires participent à la mobilisation de l'énergie humaine et sont en rapport avec de nombreux éléments ayant trait à la vie des hommes. Si la place centrale qu'a occupé le soleil dans les mythes, les religions anciennes et les représentations sociales des peuples trouve sa signification dans la recherche de sens qui mobilise l'homme dans sa quête de l'explication de l'origine du monde, de la vie et de l'être humain, dans l'affirmation de communautés humaines constituées et dans leur désir de composer et transmettre leur histoire... cette place s'inscrit dans les interactions entre l'homme et la nature (4) et souligne une prise en compte du soleil en tant que forme d'énergie naturelle.

Comment comprendre la crise énergétique si, comme le montre J.P. Deléage (5), l'on ne la rapporte pas aux divers modes de fonctionnement énergétique des sociétés du passé, si l'on ne tente pas de repérer dans l'histoire les solutions logiques que les groupes humains ont sans cesse inventées ou réinventées pour assurer les conditions énergétiques de leur survie ou de leur croissance ? Ce n'est que par la connaissance et la compréhension du processus historique de longue durée, qui a débouché sur la double crise de l'énergie aujourd'hui - celle des sociétés industrialisées, celle des sociétés du tiers monde - qu'il devient possible de cerner l'éventail des choix réels.

---

(3) Cf. Alain Beltran, *La fée et la servante, la société française face à l'électricité XIX<sup>e</sup>-XX<sup>e</sup> siècle*, Belin, 1991.

(4) Cf. l'analyse de Joseph Ki-Zerbo sur les rapports entre l'homme et la nature, dans *Compagnons du soleil, Anthologie de grands textes de l'humanité sur les rapports entre l'homme et la nature*, La Découverte-UNESCO, 1992.

(5) Cf. Jean Paul Deléage, Jean Claude Debeir et Daniel Hemery, *Les servitudes de la puissance, Une histoire de l'énergie*, Flammarion, 1989.

Dans les pays développés, l'énergie s'inscrit dans une représentation du monde reposant sur la maîtrise de la nature. On y trouve les deux conceptions classiques, celle de la courbe exponentielle jalonnée par les découvertes qui marquent l'histoire des sciences et celle, plus dialectique, où l'innovation technologique est associée aux contradictions entre les hommes. Dans cette perspective, comme l'indique M. Delon (6) « *l'histoire n'est pas faite seulement d'enchainements, mais aussi de renversements et de ruptures* ».

Dans l'histoire de l'humanité, on a assisté au passage des énergies naturelles à des énergies produites. A l'origine, les êtres humains emploient le bois ou la tourbe pour alimenter le feu, source de chaleur ou de lumière, captent l'énergie du courant des rivières pour faciliter leurs déplacements ou utilisent le vent pour faire tourner leurs moulins et traverser les mers. Ils font aussi appel à la force animale pour faciliter leur travail et, dans certaines régions du monde, à l'esclavage. La poursuite de ces objectifs les rend ingénieux dans la fabrication d'outils, qui fondés sur les lois de la mécanique, permettent peu à peu de décupler la force humaine. Bref, il s'agit d'une longue étape historique où l'espèce humaine utilise l'énergie naturelle, la sienne propre d'abord, combinée ensuite avec celle des éléments de la nature et accrue considérablement enfin, grâce à son ingéniosité créatrice. Comme l'écrit Fernand Braudel : « *L'homme est prisonnier des siècles durant de climats, de végétations, de populations animales, d'un équilibre lentement construit dont il ne peut s'écarter sans risquer de tout remettre en cause* ».

Mais les énergies naturelles ont leurs limites, dans la mesure, par exemple, où elles associent étroitement les lieux d'exploitation à ceux de l'usage ou à cause de la faiblesse de leurs rendements. Le développement ultérieur des technologies énergétiques provint de la volonté des acteurs sociaux de dominer ces contraintes.

Les révolutions européennes du dix-huitième siècle marquèrent une rupture dans ce domaine. Elles firent non seulement sauter les étranglements sociaux, mais elles favorisèrent aussi le développement scientifique dont l'application ouvrait la route à l'industrialisation. Une de ses composantes, d'ailleurs condition de son essor, fut la production de l'énergie. On utilisa en premier lieu la vapeur dans l'industrie et les transports, puis on passa à la production de l'énergie électrique, produite au départ du charbon, puis des hydrocarbures, pour en arriver aujourd'hui à la fission nucléaire. Dès lors, l'énergie devint un secteur autonome de l'activité humaine. Elle fut introduite dans la logique économique comme marchandise.

Il en résulta des pratiques et des valeurs nouvelles, non seulement au niveau de l'énergie-produit, mais aussi dans les relations entre consommateurs et producteurs. Pendant longtemps, la nature parut inépuisable et les capacités scientifiques des hommes illimitées. Comme le souligne J.P. Deléage (7), jusqu'à l'apparition de l'énergie nucléaire, « *la production sociale de l'énergie consistait à capter une très faible part des effets énergétiques de cycles naturels très complexes et à exploiter de façon très parcellaire*

---

(6) *L'idée d'énergie au tournant des Lumières (1770-1880)*, Littératures Modernes, PUF, 1988.

(7) Cf. *Les servitudes de la puissance, Une histoire de l'énergie*, op. cit.



*certains moments de fonctionnement de chaînes énergétiques très longues. Ce qui caractérise, en effet, les durées écologiques, c'est l'infiniment court et l'extrêmement long, d'où l'impression de très forte stabilité qui fonde la perception que toutes les générations ont eue de leurs relations au milieu qui les entourait ».*

Aujourd'hui, les questions du rapport à la nature, des équilibres naturels et de la protection de l'environnement sont devenues des tendances lourdes.

**Dans le Tiers-Monde, l'objet de la préoccupation est plutôt l'épuisement des ressources naturelles traditionnelles, le bois surtout. On a peine à croire, dans le monde industrialisé, qu'il reste la ressource énergétique la plus importante pour la majorité de la population de la planète. Pour des millions de gens des campagnes et des villes, l'utilisation de l'énergie sous sa forme la plus élémentaire, passe par la prédation des forêts. L'approvisionnement énergétique conjugué au développement de certaines formes d'agrosystèmes ruinent les équilibres naturels primaires. Certes, la prédation des forêts n'est pas un phénomène nouveau dans l'histoire des sociétés pré-industrielles. Ce qui change, c'est le rapport entre une démographie galopante, particulièrement en régions rurales, et les ressources forestières qui vont en s'amenuisant.**

L'exode des populations vers les villes fait de ces dernières des consommatrices de bois, non seulement à des fins domestiques, mais aussi pour l'alimentation de la petite industrie et de l'artisanat. L'énergie-matière, le bois, devient marchandise, soumise, elle aussi, aux lois du marché. Dans ce contexte, s'installent une prédation sauvage et un gaspillage des ressources traditionnelles, avant même que ces sociétés ne parviennent au stade de l'énergie produite.

**Par ailleurs, les effets destructeurs sur les éco-systèmes, d'énergies importées se multiplient. Si l'on tient compte de l'état de pauvreté de la majorité des populations du Tiers-Monde, de leurs conditions de vie dans des lieux naturels hautement vulnérables, la destruction des éco-systèmes les place dans une situation qui frise souvent la catastrophe.**

**La distance semble devoir se creuser plus encore, si l'on en juge par les perspectives d'avenir des pays du Tiers-Monde en matière énergétique. Il est tout à fait irréaliste de s'exprimer en termes de retard dans la comparaison entre les pays du Nord et ceux du Sud. En effet, on ne peut imaginer que les populations du Tiers-Monde puissent jouir un jour des formes et de la quantité de consommation énergétique que l'on connaît actuellement dans les pays industrialisés. Diverses considérations entrent en ligne de compte à ce sujet. Il y a d'abord le constat des limites des ressources mondiales en hydrocarbures face à une population en croissance. La structure même des coûts place les pays économiquement forts en position privilégiée et ne permet pas un partage équitable. Par ailleurs, une solution nucléaire apparaît généralement utopique, parce qu'elle comporte une centralisation des unités de production, exigeant en contrepartie une infrastructure de distribution incompatible avec la dispersion des entités sociales villageoises. Le Tiers-Monde est donc acculé à produire sa propre technologie fondée sur les centrales électriques de petite**

dimension et utilisant les sources locales, de même qu'il est contraint de développer de nouvelles formes énergétiques, à partir notamment de l'énergie solaire ou de la géothermie.

Mais cela entre en contradiction, d'une part avec de nombreux intérêts immédiats, aussi bien locaux qu'extérieurs, étroitement articulés entre eux et d'autre part avec une certaine image de la puissance nationale. De plus, la plupart des pays ne disposent pas des ressources nécessaires aux investissements, leur dette pesant lourdement sur leurs économies, dette en partie causée par l'adoption de technologies lourdes d'origine exogène. **Le Tiers-Monde n'est-il donc pas sur le point de rater le passage des énergies naturelles aux énergies produites, pour des raisons qui avant d'être techniques, sont surtout d'ordre social, économique et politique ?**

## **2. Energies et développement (8)** **(Energies and development)**

**Tous les Etats se préoccupent de l'approvisionnement énergétique, chacun selon ses traditions, ses ressources, sa puissance. Les politiques de l'énergie ne se réduisent pas à des interventions sectorielles. Les solutions aux problèmes que soulève l'approvisionnement d'une économie nationale peuvent être trouvées dans la réorganisation du système industriel, dans de nouvelles relations internationales ou dans la maîtrise et la diversification des sources d'énergie. Ces choix ne sont évidemment pas sans conséquences sur la croissance et la compétitivité, l'évolution des échanges internationaux, la division internationale du travail et le changement technologique.**

**De quelle quantité d'énergie une économie a-t-elle besoin pour fonctionner normalement et pour se développer ? Cette question occupe une place centrale, surtout depuis que les chocs pétroliers ont mis en lumière les possibilités et les limites du découplage entre la croissance économique et la consommation d'énergie. Les réponses qui lui ont été apportées servent de soubassement aux politiques d'utilisation rationnelle ou de maîtrise de l'énergie, ainsi que d'exploitation des énergies renouvelables - biomasse, hydraulique, géothermie, éolienne, solaire. Utiliser rationnellement l'énergie renvoie à l'évolution des prix, car il serait économiquement peu rationnel d'économiser un facteur de production promis à l'abondance et à la baisse des prix.**

**En 1950, le charbon a perdu la prédominance absolue qui était la sienne au début du siècle mais il arrive encore largement en tête (45%) des sources d'énergie commerciales. Il est le combustible sur lequel la révolution industrielle du XIX<sup>e</sup> siècle a construit le système technique qui prévaut encore dans nombre de pays industrialisés. En Europe occidentale, au Japon, en Union soviétique, il sert à produire le gaz manufacturé et une grande partie de l'électricité ; au lendemain de la Seconde Guerre mondiale, il occupe encore 80% du bilan énergétique de ces pays. Mais un nouveau modèle de développement a émergé et gagné du terrain aux Etats-Unis. Le « fordisme » y triomphe et avec lui, la production de masse de**

---

(8) Cf. en particulier Jean-Marie Martin, *Economie et politique de l'énergie*, Armand Colin, 1992.

biens qui ont besoin de produits pétroliers et d'électricité. La prépondérance du charbon commence à être sérieusement menacée. Cette prépondérance, ne s'étend pas aux pays en développement. Les 1,7 milliard d'habitants qui les peuplent en consomment peu. Sur les 456 Mtep qu'on leur attribue (22% de la consommation mondiale, toutes sources confondues), 70% au moins proviennent du travail des animaux (agriculture et transport), du bois et des déchets végétaux ou animaux (cuisson des aliments, fusion des métaux, quelquefois chauffage des habitations). Le charbon n'est utilisé en quantités significatives que dans quelques pays (Chine, Inde). En Amérique latine, la modernisation s'effectue plutôt par les produits pétroliers.

Entre 1950 et 1973, la consommation mondiale de pétrole est multipliée par 5,4 et celle de gaz naturel par 6,3. L'impulsion vient des pays industrialisés (OCDE) où le modèle fordiste se diffuse. Déjà élevées en 1950, les consommations d'énergie par habitant font plus que doubler, car l'automobile se démocratise, les maisons sont mieux chauffées et équipées, les industries chimiques en pleine expansion. La croissance s'accompagne d'importants changements structurels : de 1950 à 1973, la part du charbon dans la consommation d'énergie tombe de 40% à 17% aux Etats-Unis, de 80% à 20% ailleurs. Les combustibles liquides et gazeux se substituent massivement aux combustibles solides. Dans la consommation finale, la place de l'électricité croît rapidement. Le reste du monde ne reste pas à l'écart de ce mouvement. En Union soviétique et en Europe centrale, l'industrialisation extensive multiplie la consommation d'énergie commerciale par 4, d'abord à partir du charbon, puis du pétrole, du gaz naturel et de l'hydroélectricité, au cours des années 1960. Dans les autres régions du monde, le démarrage du développement industriel et l'explosion du transport automobile, principalement urbain, poussent la consommation d'énergie commerciale : elle est multipliée par 10 en Afrique et au Moyen-Orient, par 9,5 en Asie du Sud-Est, par 4,8 en Amérique latine et par 4 en Asie du Sud. A l'exception de l'Inde et de la Chine, cette croissance s'opère partout sur la base du pétrole.

Depuis la forte augmentation des prix du pétrole intervenue à partir de 1973, la croissance de la consommation mondiale d'énergie se poursuit, mais à un rythme redevenu modéré et de nouveaux changements structurels s'opèrent. Dans les pays de l'OCDE, la faible croissance de la consommation explique le fort recul de ce groupe de pays dans la consommation mondiale : de 62% à 49%. L'industrie, plus sensible que les transports et les ménages à la hausse des prix relatifs de l'énergie en porte la principale responsabilité. La consommation de pétrole est la plus affectée : elle tombe de 47 à 42% aux Etats-Unis, de 60 à 45% en Europe occidentale, de 67 à 47% au Japon. Les principaux bénéficiaires en sont le charbon aux Etats-Unis et au Japon, le gaz naturel en Europe et au Japon, l'énergie nucléaire dans les trois régions. Au cours de la même période, la part des pays en développement passe de 17 à 28% de la consommation mondiale d'énergie commerciale. La croissance des consommations reste forte, en effet, dans les pays exportateurs de pétrole, en Chine et en Asie du Sud-Est, où le développement industriel est vigoureux. En revanche, crise économique et endettement entravent la croissance économique en Amérique latine et en Afrique, où la consommation d'énergie croît peu depuis le début des années 80. La prédominance du pétrole demeure, mais quelques signes

d'érosion se manifestent au profit du gaz naturel et de l'hydroélectricité. En Union soviétique et en Europe centrale, la consommation d'énergie continue de croître aux taux de 2,6% par an en moyenne jusqu'aux bouleversements politiques de 1989-1990. En l'absence d'adaptation aux changements des prix de l'énergie dans le reste du monde, la structure de cette consommation évolue peu.

**Les changements de relations entre la croissance économique et la consommation d'énergie sont indissociables des substitutions inter-énergétiques et des évolutions de prix des principales sources d'énergie. Ces dernières ont été influencées par des coûts croissants locaux (du charbon européen, par exemple), mais elles s'expliquent surtout par l'internationalisation des industries de l'énergie et l'essor des échanges internationaux qui a suivi. Par sa précocité et son ampleur, celle de l'industrie pétrolière domine toutes les autres. Elle s'appuie évidemment sur l'inégale répartition spatiale des ressources, mais ses modalités, ses rythmes et ses conséquences ne se comprennent qu'à la lumière des conditions technico-économiques et des structures initiales de cette industrie. Sa crise, qu'expriment les chocs pétroliers des années 1970, donne une forte impulsion à l'internationalisation des industries du gaz naturel et du charbon. L'essor des échanges internationaux qui en résulte contribue à la diversification des approvisionnements énergétiques et à la restructuration de l'industrie pétrolière. Les liens entre les trois marchés (pétrole brut, gaz naturel, charbon) débouchent sur le concept de prix directeur du pétrole.**

Tant à l'est (ex-Union soviétique, Chine) qu'à l'ouest (Etats-Unis) et au sud (Australie, République d'Afrique du Sud, Colombie), les ressources en charbon minéral sont abondantes et très bon marché. L'industrie charbonnière conserve donc, dans ces pays, un dynamisme qu'elle a perdu dans les vieux pays charbonniers. Ces derniers, en outre, éprouvent au lendemain du premier choc pétrolier un besoin de diversifier leur approvisionnement énergétique. Le charbon-vapeur (par opposition au charbon à coke) en tire bénéfice. Depuis, les échanges internationaux croissent régulièrement.

**Les pays du Tiers-Monde se caractérisent par une structure duale de la production et de l'utilisation énergétique, d'une part celle des énergies dites traditionnelles et d'autres part celles dites modernes. Comme le souligne Joseph-Marcellin Degbe, Directeur des Etudes, du Contrôle et de la Programmation du Centre Béninois de la Recherche Scientifique et Technique, : « On devrait élargir la notion d'énergie traditionnelle à l'énergie humaine et à l'énergie animale. Elle ne sont pas prises en compte, parce que non-quantifiées. Or tout le monde sait la somme d'énergie définie en terme d'effort et de temps de travail que représente dans la majorité des villages la corvée de l'eau pour les femmes et les enfants en Afrique. Ailleurs ce sont des animaux qui sont utilisés pour puiser l'eau ou mouler le grain. Pour rassembler le bois de chauffe, il faut aussi dépenser beaucoup de temps et d'énergie. Si tout cela était quantifié, on verrait que dans les pays du Tiers-Monde, l'apport des énergies traditionnelles à la satisfaction des besoins énergétiques dépasserait les quatre vingt dix pour cent, ce qui diminuerait d'autant les chiffres sur la part des hydrocarbures et l'électricité ».**

On entend par énergie traditionnelle tous les combustibles issus de la biomasse : le bois, le charbon de bois, les déchets de scieries les sous-produits de l'industrie agro-alimentaire, les résidus agricoles, les déchets d'animaux. utilisés à l'état brut. Cette énergie, est mise à profit à la fois par les ménages pour la cuisson et le chauffage, par la petite industrie, comme celle de la pêche et dans les transports, mais avec un rendement réduit. D'une manière générale, à l'aube des années 90, la part des énergies traditionnelles dans la consommation énergétique totale a diminué de 11% depuis 1973, mais elle constitue encore 23% de la consommation en Amérique latine, 41% en Asie et 60% en Afrique. Si l'énergie traditionnelle peut prendre de multiples formes, c'est le bois qui est le plus utilisé. Sa consommation devrait progresser dans les années à venir, malgré les dangers de désertification et de mauvaise gestion des plantations qu'elle fait courir aux pays concernés. Le bois répond à 10% des besoins énergétiques mondiaux, et prend ainsi la quatrième place dans l'échelle des ressources énergétiques, après le pétrole, le charbon et le gaz naturel. **L'importance du bois croît proportionnellement avec la pauvreté des pays (9).** Dans les régions sahéennes, le bois fournit 90% de l'énergie. Les énergies naturelles (comme le bois) permettant la survie du plus grand nombre des habitants de la planète, on mesure l'écart économique qui se reproduit non seulement entre les sociétés développées et les autres, mais aussi, au sein de ces dernières entre les populations qui ont accès aux énergies et aux moyens importés et les autres. D'où, la recherche, dans les sociétés en développement, de ressources d'énergie alternatives peu coûteuses par le biais d'une technologie appropriée.

La part des énergies modernes a tendance à s'accroître. Le niveau actuel de développement et la poussée démographique conduisent à une augmentation de la consommation d'énergie. Or, en comparaison avec les pays industrialisés, la consommation des pays du Tiers-Monde reste faible. En 1985, elle s'élevait à 0,34 tep par tête, tandis qu'en Europe de l'Ouest elle était de 3,24 et aux Etats-Unis, de 7,34.

Aujourd'hui, et quelle que soit la faiblesse de leur consommation, ce sont les pays en voie de développement qui contribuent à la croissance de la demande énergétique mondiale. Les deux facteurs qui permettent d'expliquer cette évolution sont l'urbanisation et l'industrialisation. L'urbanisation, liée à une démographie galopante et à l'exode rural, augmente, par les besoins qu'elle génère (logement, transports, etc.), la demande d'énergie. Les sociétés du Tiers-Monde qui ne possèdent pas de ressources énergétiques comme le pétrole ou le gaz naturel sont contraintes à l'importation, ne fut-ce que pour répondre aux exigences de leurs moyens de transport, mais aussi, bien souvent, pour assurer leur production électrique. Cette dépendance énergétique a non seulement pour conséquence de rendre le Tiers-Monde très vulnérable aux fluctuations des marchés internationaux, mais elle freine aussi le développement industriel local par le seul fait de la correspondance qui existe, dans les pays industrialisés, entre les formes énergétiques et les moyens de production. Mais d'autres sociétés du Tiers-Monde ne manquent pas de ressources naturelles d'énergie, comme la géothermie, l'hydro-électricité ou des réserves de gaz naturel. Faute de moyens, cependant, ces ressources restent souvent non exploitées ou sous-

(9) Cf. M. Vanderkam, *Energie et rapports Nord-Sud*, Centre Tricontinental de Louvain-la-Neuve, 1989.

exploitées. Cet état de choses oblige les populations locales, soit à dépendre des importations énergétiques pour les besoins domestiques en milieu urbain, soit, en régions rurales, à avoir recours à des énergies naturelles non immédiatement renouvelables, tel le bois. Souvent aussi les ressources énergétiques sont conçues comme moyen de rentrées financières, comme source de devises.

### **3. Energies et espace (Energies and space)**

Production, transformation, consommation d'énergie sont des phénomènes inhérents à toute vie, a fortiori à toute activité humaine. Or l'action des hommes se déploie nécessairement dans l'espace comme dans le temps, et possède donc une dimension géographique (10). Ces constatations permettent d'affirmer qu'il n'y a aucune sollicitation abusive dans le fait de chercher la signification géographique des événements économiques et politiques dans le domaine de l'énergie.

Les rapports espace-énergie sont de natures diverses. Les sources d'énergie, malgré leur nombre, sont disponibles en des emplacements déterminés, parfois très limités. Leur localisation commande leur production. Les besoins énergétiques sont particulièrement concentrés dans certaines régions qui ne coïncident pas nécessairement avec les concentrations de disponibilités. Ce décalage géographique implique des transports, autrement dit des déplacements. Par delà ces faits de localisation, éléments traditionnels et évidents de la géographie, il faut accorder tout autant d'importance à l'influence du type d'organisation énergétique sur le type d'organisation de l'espace.

Selon la source d'énergie dominante ou la combinaison d'énergies, avec les contraintes techniques, l'organisation économique et les conséquences sociales impliquées, l'ordonnance et aspect des territoires sont modifiés. Il suffit de rappeler l'étroite relation entre gisements houillers et leur exploitation d'une part, l'ensemble des caractères géographiques, économiques, sociaux des « pays noirs » d'autre part ; l'Europe du début de ce siècle, dont les traces sont loin d'être effacées, est incompréhensible sans le recours à une géographie du charbon. Et on peut lui comparer la nouvelle géographie, plus diffuse et plus mondiale, née de la prépondérance pétrolière. L'organisation énergétique contribue à modeler l'organisation de l'espace social ; la relation inverse ne doit d'ailleurs pas être écartée.

Comme le souligne Laurent Piermont (11) historiquement, il est manifeste que la position des ressources énergétiques a toujours joué un grand rôle dans l'implantation des activités. Aux époques où l'énergie ne se transportait pas ou peu la présence d'un gisement était une condition nécessaire à la plupart des implantations. Avant l'émergence du charbon, la dispersion des sources d'énergie déterminait celle des activités sans doute autant que la

---

(10) Cf. en particulier Donald W. Curran, *La nouvelle donne énergétique*, Masson, 1981.

(11) Cf. *L'énergie verte*, Editions du Seuil, 1982.

difficulté des transports. En France, le maillage observé dans la répartition des fours de verriers, des tuileries et briquetteries repose largement sur un compromis entre la taille optimale de l'unité de production et les possibilités de mobilisation d'une ressource diffuse : le bois. De la même façon, la structure éclatée de l'industrie textile lorraine résulte de sa disposition en chapelet le long des rivières, sources d'énergie. De façon plus massive, les gisements charbonniers sont une illustration frappante de ce phénomène : dans le Nord, la Lorraine, le Pas-de-Calais, mais aussi le Dauphiné, le Centre ou le Midi, les mines de charbon ont servi de point d'ancrage à l'activité industrielle ; l'extraction et le traitement de la houille ; puis la sidérurgie, les fonderies, et tous les secteurs qui en dépendent : l'effet multiplicateur du gisement est toujours très important. Même chose pour l'hydro-électricité qui a entraîné entre autres le développement de l'industrie de l'aluminium dans les Alpes. De même le gisement de gaz à Lacq a joué un rôle déterminant dans le développement de l'Aquitaine. En ce qui concerne le pétrole, les "gisements" dans ce domaine sont les ports et de nombreuses industries se sont greffées sur ces terminaux pétroliers.

Chaque époque a vu s'établir des types particuliers de structures spatiales et d'organisations économiques régionales ; leurs changements se sont étalés dans le temps, au point d'être à peine perceptibles. Le facteur énergétique a amené l'accélération de ces évolutions. Ainsi, c'est l'énergie en grande quantité, à bas prix et facilement transportable qui a entraîné, ou du moins rendu possible, l'exode rural et, corrélativement, l'urbanisation massive qu'a connue la société française depuis 1945. On peut parler d'une « énergétisation » accrue des sociétés, engendrant des rigidités et des dépendances. L'évolution des disponibilités énergétiques a contribué à la transformation en profondeur de l'organisation spatiale du territoire. Alors qu'à l'âge éotechnique, basé sur l'utilisation d'énergies dispersées du bois et des autres ressources locales renouvelables (moulins à vent, à eau, à marée, ...), correspond une occupation dispersée de l'espace, l'âge paléotechnique qui lui succède, fondé sur la découverte et l'utilisation des formes d'énergie concentrées que sont les combustibles solides, voit se développer un mode d'usage concentré de l'espace. Le chemin de fer, moyen de transport efficace et bon marché, accentue cette polarisation du territoire : l'ère du charbon, de la vapeur et du fer est celle des économies d'échelle, donc des usines et des agglomérations géantes.

A l'échelle des agglomérations, l'énergie a eu une influence sur les formes urbaines, en particulier comme condition de réalisation de la mobilité quotidienne des citoyens. La relation entre énergie et structure urbaine est à double sens : d'une part, la nature et le volume des énergies disponibles influent sur l'organisation des tissus urbains, comme le montrent les débats sur l'adaptation de la ville à l'automobile ; d'autre part, les formes urbaines influent sur la consommation d'énergie. Dans les sociétés urbaines du Tiers-monde, une ou deux métropoles concentrent une part très majoritaire du potentiel industriel national. Les tendances en cours conduisent à la formation de très gros pôles industriels, exigeants en énergies industrielles et en investissements, au cœur de pays où, par ailleurs, l'énergie humaine demeure surabondante, tandis que l'énergie et les capitaux font défaut. Qui plus est, ces industries absorbent peu de main-d'œuvre, étant donné leur haut degré de sophistication. Parallèlement, les nombreux citoyens sans emploi, ni assistance sociale,

contribuent à l'édification d'un vaste secteur informel de production. Sa caractéristique, à l'inverse du secteur précédemment évoqué, est la substitution du travail humain à l'énergie commercialisée et aux investissements.

**La maîtrise de l'espace est gourmande en énergie.** L'homme n'a vraiment triomphé de l'obstacle des distances qu'à partir du moment où il a disposé d'énergie en quantités massivement croissantes et à prix décroissant. Tout le réseau de circulation qui innerve et anime les relations régionales dépend de l'organisation énergétique et réagit sur celle-ci ; civilisation du chemin de fer et civilisation de l'automobile se distinguent, comme elles s'opposent aux civilisations du portage et de la traction animale.

**La transformation et la différenciation de la géographie énergétique sont le résultat de toute une convergence d'idées et de réalisations dans des domaines complémentaires.** Les techniques d'utilisation jouent certainement un rôle déterminant. Il suffit de rappeler comment la mise au point de la machine à vapeur et surtout de ses organes de transmission, capables d'actionner une foule de machines différentes, a bouleversé l'économie charbonnière ou, plus près de nous, comment les applications du moteur électrique à de nombreux auxiliaires domestiques, en succession rapide, ont stimulé la demande d'électricité.

**La distinction entre espaces d'occupation discontinue et espaces pleins n'est pas sans intérêt.** Les sollicitations ou les pressions que les uns et les autres exercent sur la structure de la demande énergétique sont assez nettement distinguables. Les zones à forte densité de population se prêtent mieux et surtout plus économiquement à une exploitation énergétique complète, y compris les éléments « lourds » du système comme le charbon et les grands réseaux électriques.

Les Etats, inégalement nantis, inégalement forts, sont pris dans un jeu complexe et mouvant de rivalité et d'interdépendance. Depuis un siècle, les questions énergétiques ont de plus en plus acquis une dimension internationale, donc géopolitique.

**Les découvertes et la diversification des ressources énergétiques a transformé le paysage économique du monde.** La généralisation du combustible minéral, comme source d'énergie, a eu pour conséquence la formation de centres industriels à proximité des gisements. D'où, au XIX<sup>e</sup> siècle, une concentration de l'habitat, une destruction du milieu naturel, une densité croissante du réseau de transport, des problèmes d'approvisionnement, etc. Un des principaux problèmes lié à l'évolution des formes d'énergie est le développement d'une civilisation urbano-industrielle, qui suppose un accent mis sur les formes d'énergie matérielle.

**La géographie économique s'inscrit aussi dans les différences régionales dues à des facteurs multiples (éco-systèmes, démographie, politique).** Manfred A. Max-Neef, économiste, Professeur à l'Université du Chili, souligne que « *L'énergie est une composante inséparable de tout système vivant. S'agissant d'êtres humains, on peut affirmer*



*que si tous les besoins (subsistance, protection, affection, compréhension, participation, loisir, création, identité, liberté, ...) ne nécessitent pas de l'argent pour être satisfaits, par contre tous exigent de l'énergie, du temps et de l'espace. Ces trois dimensions sont méconnues en économie ou sont réduites à une version simpliste : l'énergie comme facteur de production, le temps comme grandeur chronologique et l'espace comme mesure métrique. Que l'énergie soit un élément de profondes transformations économiques et sociales et aussi une impulsion de tout l'agir humain, passe inaperçu. Le fait que le temps et l'espace ne se vivent pas chronologiquement ni métriquement, mais dans la subjectivité est ignoré. Le résultat de cette interprétation tronquée est l'élaboration de "modèles", qui tout en contribuant à augmenter l'efficacité, accroissent le malaise des personnes ainsi réduites à n'être que des composantes vivantes de ces modèles "efficaces" ».*

**Il existe des recherches concernant des projets de transmission d'énergie par relais spatiaux et de centrales solaires spatiales. D'importants sites d'énergies renouvelables sont disponibles sur Terre mais sont très éloignés de sites de consommation, par exemple les sites hydrauliques dans l'Himalaya et en Amérique du Sud. Lucien Deschamps (12), explique que la mise au point de techniques de transmission d'énergie par faisceau hyperfréquence avec réflexion sur un satellite "miroir" en orbite géostationnaire permettrait une transmission d'énergie à grande distance. De même, l'utilisation de l'énergie solaire est gênée sur Terre par les fluctuations de l'énergie reçue. Aux variations périodiques dues à l'alternance des jours, des nuits et des saisons s'ajoutent les évolutions de la nébulosité. La mise en oeuvre de centrales solaires sur orbite géostationnaire permettrait par contre d'exploiter le soleil pratiquement en permanence et de fournir ainsi une source d'énergie de base.**

#### **4. Energies, habitats et architectures (Energies, living conditions and architecture)**

**Les caractères bénéfiques et/ou menaçants du soleil sont sans cesse présents dans la prise en compte de l'énergie naturelle solaire. Les groupes humains ont cherché à l'utiliser et/ou à s'en protéger : on trouve de nombreux exemples d'utilisation et/ou de protection.**

**Les adaptations de l'habitat traditionnel visent à minimiser les effets de l'énergie solaire et l'emploi de techniques permet son utilisation. Les réponses des formes et des organisations urbaines à de faibles disponibilités en énergie ont caractérisé toutes les sociétés préindustrielles. Elles peuvent être encore observées - par exemple - sur les pourtours est et sud de la zone méditerranéenne dans les agglomérations du Maghreb et du Machrek, avec toutefois cette réserve que, dans la plupart des cas, des dynamiques de substitution de source d'énergie sont en cours. Mais le cadre bâti, de par son inertie, permet encore de décrire les modalités d'adaptation anciennes ; il offre aussi les illustrations où un**

---

(12) Lucien Deschamps présentera un rapport sur le thème "Energie et espace" lors du Sommet solaire mondial des 5-9 juillet 1993. Cf. son interview par Juliette Boussand, dans le "Dossier de presse" du Sommet.

urbanisme contemporain, économe en énergie, peut toujours venir chercher ses inspirations. **L'organisation morphologique de la ville est largement conçue pour minimiser l'effet d'une insolation excessive.** Elle repose sur le groupement et le caractère compact des éléments afin de réduire au maximum les surfaces d'ensoleillement. Il s'ensuit une réduction des possibilités d'ouvertures sur l'extérieur, mais un élément compensateur est constitué par le patio, espace ouvert interne à la cellule d'habitation. Cette organisation est complétée par le caractère encaissé et sinueux des voiries, ce qui réduit les durées d'insolation directe des façades et éventuellement empêche le vent de dissiper l'air frais qui s'accumule durant les périodes nocturnes. On peut observer aussi la couverture partielle ou totale de la rue. **La pratique de citadins élargit la capacité d'adaptation du bâti à des conditions thermiques excessives en été.** C'est en premier lieu le nomadisme vers les agglomérations d'estivage. C'est aussi plus modestement l'utilisation soit quotidiennement, soit saisonnièrement des micro-milieus de l'habitation. Des procédés techniques abondent dans l'architecture traditionnelle pour tempérer les écarts thermiques. Rappelons la nature des matériaux qui, par leur inertie thermique, font obstacle aux effets de l'insolation, effets atténués également par les crépis extérieurs, blancs, qui réfléchissent le rayonnement solaire. Plus élaborés sont les systèmes de ventilation, sans dépense d'énergie. Ces capteurs ou tours à vent, sont particulièrement abondants en Iran et en Irak. On signalera enfin l'utilisation de l'eau courante comme élément de modération thermique. Si la plupart de ces techniques traditionnelles visaient à réduire les effets de l'énergie solaire, inversement celle-ci était directement utilisée d'une part pour le chauffage de l'eau d'usage domestique, dans les barils en général métalliques disposés sur les terrasses, d'autre part pour le séchage à des fins de conservation des fruits, légumes et céréales (13).

Comme le montrent Georges Alexandroff et Alain Liebard, (14), les grandes civilisations de l'Antiquité sont en vérité filles du soleil ; c'est au creux des berceaux tièdes de l'humanité que sont nées, en dehors des sombres forêts glacées ou torrides, les premières grandes architectures théologiques et cosmiques : celles de la vallée du Nil, de Sumer, de l'Indus, du Yucatan, des grandes villes ruinées du Sahara, de Chine, celles enfin du monde antique méditerranéen. **L'architecture solaire a cinq mille ans. Architecture et soleil sont depuis toujours dans notre conscience : « Architecture, jeu sublime et magnifique des formes dans la lumière » (Le Corbusier).** L'existence elle-même de l'architecture est liée dès l'origine à l'existence d'un écosystème permettant sous des cieux cléments une agriculture florissante, des surplus, et ainsi une possibilité d'implantation permanente de gros bourgs, de cités et de monuments : sièges de pouvoirs spirituels et temporels, gardiens de l'accumulation. **Loin de s'établir au hasard, cités et palais, temples et tombeaux obéissent souvent à un ordre solaire qui garantit de l'arbitraire et du hasard leur ancrage sur le sol ; les portes principales s'orientent vers les points cardinaux.** Ce n'est que dans les mondes nordiques, ceux embrumés et lunaires des forêts et clairières, que l'homme échappe à ces impératifs cosmiques et tyranniques au profit d'implantations permettant une protection maximale contre les rigueurs du climat : les huttes semi-enterrées abritent de la

---

(13) *L'Energie dans les villes du Tiers-Monde*, Claude Chaline et Jocelyne Dubois-Maury, Que sais-je ? n° 2044, PUF, Paris, 1983.

(14) *L'habitat solaire : comment ?*, L'équerre éditeur, Paris, 1979.

neige et du vent, des pluies et du froid. On observe cependant dans les habitations paysannes les plus repliées sur le feu central un certain tropisme solaire, ou une préférence à l'exposition sud de la porte principale ou de la plus longue façade. Bibliographiquement, c'est dans les écrits de l'architecte romain Vitruvius que sont inventoriés pour la première fois les rôles du soleil et du vent dans le choix des implantations et des tracés des villes neuves et des édifices.

Dès les âges les plus reculés, il existe une universalité de certains éléments d'architecture à travers l'histoire des « civilisations solaires ». Le portique, la colonne, le péristyle deviennent pour longtemps à travers des variations stylistiques le commun dénominateur symbolique de toute architecture. Tandis que la cour, créatrice simultanée de lumière et d'ombre, devient le cœur vivant de toute maison dans une très vaste aire géographique. Cités chrétiennes et musulmanes échappent aux cultes païens solaires, à leurs dieux et à leurs prêtres. L'agglomération, église ou mosquée, s'enroule, comme un limaçon ou une cristallisation minérale, autour du pivot religieux, dont les tropismes structurants sont internes, à la différence des villes géométriques des colonies grecques et romaines dont le cardo et le decumanus sont envahis par les structures spontanées barbares et organiques. Plus tard, les princes et les empereurs devront tailler dans la ville médiévale pour ouvrir avenues et places de représentation destinées à l'éclairer et la dominer.

Paradoxalement, l'architecture monumentale académique concrétise souvent jusqu'à l'absurde, par la symétrie centrale de ses façades identiques, le rejet d'un tropisme solaire au profit d'une symbolique terre-ciel (Palladio, Ledoux, Durand, Boullée). Les ingénieurs et les rationalistes néo-gothiques trouvent dans le verre, la fonte puis l'acier, la solution idéale et industrielle à la couverture zénithale des grands espaces éclairés en lumière naturelle ; halls vitrés centraux et serres deviennent les compagnons indispensables de l'architecture bourgeoise. Quel étrange tropisme inexpliqué continue à faire croître les villes vers l'ouest ? Pour les théoriciens de l'« architecture moderne », le soleil, l'espace et la verdure deviennent les matériaux primordiaux de l'urbanisme. L'application stricte de ces données idéales d'enseulement mène inéluctablement à des immeubles en forme de barres ou de lamelles dont les deux façades s'ouvrent largement au levant et au couchant (axe héliothermique). Cours et courettes sont abolies ainsi que la rue tortueuse. Dans l'univers colonial, des codes d'orientation stricte des bâtiments permettent un confort relatif même aux plus fortes chaleurs, grâce à l'utilisation d'une ventilation transversale et de profondes vérandas, sans autres dispositifs mécaniques. Depuis longtemps, les médecins ont fait le lien entre sous-enseulement, conditions d'hygiène et tuberculose, conduisant à envisager comme mesure de salut public le rasage de quartiers entiers au nom du droit au soleil. L'architecture internationale se veut climatique et solaire. Des portiques de béton ou « brise-soleil » contrôlent la lumière de façon savante, en avant des pans de verre, permettant la pénétration du soleil bas en hiver et interceptant le soleil haut d'été.

## **5. Energies, technologies et économie (Energies, technologies and economics)**

L'économie de l'énergie s'intéresse aux parties du système énergétique (au sens physique) dans lesquelles l'énergie revêt la forme de marchandises, objets d'échanges dotés de prix (15). Entre la ressource naturelle et le service rendu aux sociétés, les processus techniques mis en oeuvre vont des plus rudimentaires aux plus complexes. L'économie et la politique de chacune de ces filières ont donc des fondements techniques très différents.

Les prix sont de plus en plus ceux des marchés internationaux. C'était le cas depuis un certain temps dans les pays capitalistes industrialisés (OCDE). C'est de plus en plus le cas dans un grand nombre de pays en développement et dans les économies anciennement planifiées.

Les choix énergétiques nationaux (entre sources d'énergie, notamment) ne résultent pas mécaniquement de l'évolution des prix internationaux. Les systèmes d'approvisionnement font preuve d'une certaine inertie. Leur organisation institutionnelle les rend plus ou moins perméables à l'influence des prix internationaux. Depuis le début de la décennie 1980, cependant, le libéralisme marque des points. Bien au-delà des seuls pays de l'OCDE, les échanges extérieurs et les prix intérieurs sont libérés. Plus encore, l'existence de monopoles naturels dont bénéficient les industries de réseau (gaz et électricité) est remise en cause au nom de l'efficacité. Jusqu'à quel point l'Etat national doit-il miser sur la concurrence pour assurer l'approvisionnement énergétique de l'économie nationale ? Doit-il démanteler et privatiser les monopoles publics ou les réguler différemment ? Quel rôle joue une construction supra-nationale comme la Communauté européenne vis-à-vis des pays membres ?

Il faut souligner que les risques de myopie du marché sont plus grands pour l'énergie que pour d'autres secteurs d'activité, car l'énergie est par excellence le domaine du temps long.

Une préoccupation majeure concerne les ressources limitées de notre planète (stock de combustibles fossiles et environnement) face à la croissance des besoins en énergie. Jusqu'à présent, ces limites ont toujours été repoussées par le progrès des techniques. Il en ira vraisemblablement de même au cours du siècle prochain, mais plusieurs itinéraires sont possibles. Une très grande incertitude pèse sur chacun d'eux. La minimisation des risques et des coûts sociaux qui leur sont associés devrait être l'objet de toute stratégie énergétique à long terme. Est-ce concevable en l'absence de règles du jeu mondiales et de nouvelles formes de coopération ?

A partir du premier choc pétrolier, la question qui émerge au sein des sociétés industrialisées est moins celle du développement des sources d'énergie (modèle extensif)

---

(15) Cf. en particulier Jean-Marie Martin, *Economie et politique de l'énergie*, Armand Colin, 1992.

que celle d'une utilisation plus efficace des sources disponibles (modèle intensif).

Parmi les pays industrialisés, les économies d'Europe de l'Est, y compris l'Union soviétique, ont les intensités énergétiques les plus élevées parce qu'elles ont opté pour des formes extensives de croissance, peu soucieuses d'économiser les ressources naturelles au moyen d'équipements à technologie très évoluée ou d'une gestion rigoureuse des entreprises industrielles, de transport ou de chauffage. En Amérique du Nord, la tendance est bien à la décroissance, mais l'intensité énergétique y demeure plus élevée qu'en Europe occidentale ou au Japon. L'écart entre les intensités énergétiques provient pour 50% environ de différences dans les techniques de production, de transport et de chauffage des locaux, les autres 50% étant imputables à des différences de structure : l'intensité énergétique de l'économie française, sensiblement inférieure à celle de l'Allemagne, du Royaume-Uni, des Pays-Bas ou de la Belgique, vient majoritairement de choix techniques plus économes en énergie. Ces différences de techniques et de structures (dans l'appareil productif notamment), ont des origines nombreuses et anciennes. Les unes et les autres ont été façonnées par l'histoire technique et économique de chaque pays, au sein de laquelle les conditions de l'approvisionnement énergétique ont joué un rôle.

Dans les pays en voie de développement, les intensités, en niveau et en tendance, dénotent une extrême diversité. Les économies planifiées d'Asie (principalement la Chine) partent de niveaux très élevés, mais réussissent à partir de la fin des années 1970 à réduire fortement leur intensité par une diversification et une modernisation économique. L'évolution est exactement opposée en Asie du Sud (Inde notamment) et en Afrique intertropicale où l'intensité énergétique ne cesse de croître parce que la consommation d'énergie par tête est si basse qu'elle augmente beaucoup plus vite que l'activité économique, surtout lorsque celle-ci stagne depuis une décennie, comme en Afrique au sud du Sahara. L'intensité énergétique a aussi tendance à s'élever en Amérique latine et, plus encore en Afrique du Nord et Moyen-Orient, l'abondance des hydrocarbures incitant à certaines formes d'industrialisation extensive, y compris dans l'organisation des transports. En Asie du Sud-Est, la croissance de la consommation d'énergie par habitant est très forte mais elle accompagne une expansion économique tirée, dans de nombreux pays, par des industries de main-d'oeuvre faibles consommatrices d'énergie, si bien que l'intensité n'augmente pas.

L'évolution technologique sur longue période va dans le sens d'une utilisation plus efficace des sources d'énergie. En ce sens elle est le mécanisme le plus puissant d'ajustement aux contraintes grandissantes imposées par les ressources naturelles et l'environnement. Mais cette évolution n'est ni linéaire dans le temps, ni uniforme dans l'espace. Elle procède par avancées successives, provoquées ou accélérées par des crises d'approvisionnement (guerres mondiales, chocs pétroliers) et entrecoupées de stagnations, voire de régressions. Cette rythmicité, qui varie d'un secteur à l'autre dans chaque pays, n'est pas uniforme à l'échelle mondiale. Elle est plus précoce et rapide dans les pays qui sont à la pointe du changement technologique : Royaume-Uni, à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, Etats-Unis après la Première Guerre mondiale, Japon depuis la décennie 1970. Sa généralisation dans le reste du monde dépend des possibilités de diffusion des nouvelles

technologies. Elles sont très réduites si les échanges commerciaux sont peu développés ou si les capacités industrielles d'accueil sont limitées. C'est ce qui se passe avec les anciens pays socialistes ou avec certains pays en voie de développement.

**L'ensemble des investissements qu'une économie industrialisée consacre à son approvisionnement en énergie représente, en moyenne, 8 à 10% de la formation brute de capital fixe (FBCF) totale. Ces pourcentages sont évidemment beaucoup plus élevés dans les pays exportateurs d'hydrocarbures ou engagés dans de grands programmes hydro-électriques ou nucléaires. La valeur de tous ces investissements, à l'échelle mondiale, est de l'ordre de 180 milliards de \$ en 1990 pour les seules économies de marché : environ 80 dans la filière électrique ; autant dans l'industrie du pétrole et la production de gaz naturel ; 20 pour la production de charbon, le transport et la distribution de gaz, l'utilisation rationnelle et les énergies renouvelables. Presque la moitié des investissements énergétiques mondiaux sont réalisés par des compagnies pétrolières, nationales ou multinationales, et par des groupes miniers.**

Soulignons que les pays du Tiers Monde sont souvent amenés à exploiter de façon intensive leurs ressources pour obtenir des recettes d'exportation afin de rembourser leurs dettes, de financer leurs investissements.

## **6. Energies et environnement (Energies and environment)**

**Le rapport entre énergie et nature fait surgir une opposition entre l'abondance et la rareté, sur laquelle s'articulent respectivement une position optimiste ou une perception pessimiste de la réalité. La vision optimiste se fonde sur une conception de l'énergie comme matière et de la nature comme réserve inépuisable qui renouvelle les ressources au fur et à mesure de leur destruction. Elle repose aussi sur une foi inébranlable dans la capacité humaine de la maîtriser ; tout est affaire de technologie. Cette prise de position sur l'énergie s'inscrit au sein d'une représentation du rapport des hommes à la nature qui adopte une vision linéaire du progrès. A l'opposé, la vision pessimiste se réfère à la production et à l'usage de l'énergie dans leur rapport à la nature. C'est une représentation de la destruction des éco-systèmes, que cette dernière soit attribuée à l'usage de l'énergie nucléaire, aux effets des pollutions ou au pillage irresponsable des réserves naturelles. La science intervient ici pour souligner la dépendance entre la survie de l'humanité et la reproduction des environnements.**

**La production et l'usage de l'énergie impliquent des régulations. L'énergie devient ainsi un enjeu politique. Elle constitue un des lieux de fixation du rapport entre les forces sociales. L'enjeu est mondial et les responsabilités dans la pollution sont inégalement partagées. Il n'existe pas de source d'énergie absolument neutre à l'égard de l'environnement : de la combustion du bois à la production d'électricité à partir de réacteurs nucléaires, toute activité énergétique est source de nuisances qui perturbent plus**

ou moins gravement l'environnement naturel et, à travers lui, peuvent menacer la santé des hommes. Depuis la contestation écologique surgie aux Etats-Unis, à la fin des années 1960, la conscience collective de ces nuisances s'est renforcée. De graves accidents industriels ont frappé les imaginations : Torrey Canyon (1967), Amoco Cadiz (1978), Three Miles Island (1979), Tchernobyl (1986), Exxon Valdez (1989).

Comme le souligne Jean-Marie Martin (16), la déforestation à des fins énergétiques a dévasté les pays riverains de la Méditerranée, puis l'Angleterre jusqu'au XVIII<sup>e</sup> siècle. Elle se poursuit dans nombre de pays en développement. Non maîtrisée, elle provoque une crise du bois de feu qui pourrait frapper 2,5 milliards d'habitants en 2 000 ; elle contribue, en outre, à l'érosion des sols, à l'envasement des deltas et à l'aggravation des inondations. En se substituant au bois, les combustibles fossiles permettent d'éviter la crise, mais leur exploitation n'est pas dénuée d'impacts terrestres. Celle de la houille, surtout à ciel ouvert, dévore de grands espaces (de 20 à 120 km<sup>2</sup> pour produire 5 Mt par an), bouleverse le régime des eaux de surface et peut polluer les nappes phréatiques. Les hydrocarbures consomment moins d'espace au stade de l'extraction qu'à celui du raffinage, du stockage et des installations portuaires de chargement-déchargement. Mais surtout, le « dégazage » des pétroliers est à l'origine de pollutions marines plus graves encore que celles, spectaculaires, provoquées par l'échouage des grands tankers. La production et le transport d'électricité ont aussi des conséquences dommageables pour l'environnement : rejets des centrales thermiques dans les cours d'eau, inondations de vallées par la construction de barrages à des fins hydro-électriques, paysages dénaturés par les lignes de transport.

La plus grande partie des gaz toxiques (dioxyde de soufre, oxydes d'azote, monoxyde de carbone) et des composants organiques volatiles qui polluent l'atmosphère proviennent de la transformation ou de l'utilisation finale d'une source d'énergie fossile. Les conséquences locales de ces émissions sont très complexes à identifier, et plus encore à évaluer, parce qu'elles dépendent des quantités émises (les impacts ne sont jamais linéaires et connaissent des seuils), de synergies entre les gaz et les poussières, des caractéristiques climatiques des lieux d'émission. Il existe des relations entre la pollution de l'air et la santé des habitants d'une ville ou d'une zone industrielle. Dans nombre de pays, des mesures ont été prises pour réduire les émissions de gaz toxiques. Aux Etats-Unis, celles de SO<sub>2</sub> ont baissé de 30% et celle de CO de 40% depuis le Clean Air Act de 1970. En France, la substitution du nucléaire au thermique classique a joué un grand rôle dans la réduction de 30% des émissions de CO<sub>2</sub> et de 70% de celles de SO<sub>2</sub>. Seules les émissions de NO<sub>x</sub> sont stables ou continuent à croître, sous l'effet de l'expansion du transport routier.

Inquiétude et parfois rejet de l'énergie nucléaire sont associés aux risques que font courir des émissions de radioactivité artificielle en quantité plus grande que la radioactivité naturelle du rayonnement solaire ou de certains matériaux tels que le granit. Ces émissions peuvent provenir d'un fonctionnement défectueux, voire d'un accident, dans une centrale nucléaire ou d'un stock de combustibles fissiles, avant et surtout après irradiation. Le second problème auquel doit faire face l'industrie nucléaire est celui du

---

(16) *Economie et politique de l'énergie*, op. cit.

stockage des déchets à faible et haute activité. Ces derniers comportent des isotopes dont l'extrême toxicité peut se manifester pendant plusieurs siècles. Aucune des méthodes expérimentées à ce jour (solidification sur place, stockage dans des formations géologiques profondes ou dans des sédiments marins) n'élimine tous les risques.

La mesure de la teneur en CO<sub>2</sub> de l'atmosphère effectuée systématiquement depuis 1957 (courbe de Keeling) confirme une forte augmentation depuis le milieu du siècle passé : de 260 à 350 grammes par tonne en 1988. Par ailleurs, les « carottages » des calottes glaciaires de l'Antarctique et du Groenland établissent une très bonne corrélation entre la teneur en CO<sub>2</sub> de l'atmosphère et la température sur notre planète depuis 160 000 ans. **Les émissions liées à l'activité des sociétés humaines de gaz à effet de serre (dioxyde de carbone, méthane, CH<sub>4</sub>, oxydes d'azote, CFC) seraient responsables d'un réchauffement de la planète.** La croissance des émissions de gaz à effet de serre a déjà modifié et pourrait modifier plus encore, au cours des prochaines décennies, la composition de l'atmosphère. L'effet de serre s'en trouverait renforcé et un réchauffement de notre planète en résulterait. Les conséquences sur toute la biosphère en seraient considérables. Le niveau des mers et des océans pourrait s'élever de quelques centimètres à plus d'un mètre en un siècle, sous l'effet de la dilatation thermique de l'eau, voire de la fusion des calottes glaciaires du Groenland et de l'Antarctique.

**Avec des bouleversements potentiels de cette ampleur, nous entrons dans le *global change*, c'est-à-dire le planétaire et l'irréversible, mais aussi le lointain, l'incertain, le controversé.** Les émissions de gaz à effet de serre ne peuvent pas être traitées comme des externalités négatives susceptibles d'une internationalisation : la nuisance est potentielle, nul n'en souffre encore ; le jour où elle se manifesterait, il sera trop tard pour agir, car l'inertie des phénomènes climatiques est très grande. Mais que décider qui ne soit pas arbitraire lorsqu'on ne peut mesurer les coûts et encore moins les bénéfices ? Face à la présomption de risque, la seule attitude rationnelle consiste à choisir des actions efficaces à court terme et qui ne préjugent pas de l'avenir. La plupart des investissements de maîtrise de l'énergie entrent dans cette catégorie, car ils contribuent à repousser la date d'apparition des risques majeurs, accroissent le temps d'apprentissage collectif et font reculer le moment où des engagements irréversibles deviendront inéluctables. Se pose également le problème d'une taxation des sources d'énergie, proportionnellement à leurs émissions de CO<sub>2</sub>.

Pour que le progrès des techniques facilite, sur longue période, l'adaptation des approvisionnements à l'évolution des besoins, un certain nombre de conditions doivent être réunies. Les unes tiennent à la compatibilité des techniques mises en oeuvre avec la qualité de l'environnement que souhaitent les sociétés contemporaines, surtout parmi les plus développées. Les autres ont trait à la capacité de financer des investissements énergétiques, ce qui est surtout contraignant pour les pays les moins développés. Les pays développés redoutent que les menaces sur l'environnement planétaire soient aggravées par la difficile maîtrise de la consommation d'énergie dans les pays en développement. Ceux-ci reprochent aux premiers de vouloir imposer de nouvelles contraintes sur le financement de leurs investissements énergétiques et donc sur leur développement (cf. Conférence de Rio). Il



faut donc traiter de manière indissoluble environnement et développement. La coopération internationale doit réduire les obstacles rencontrés dans l'accès réciproque aux ressources naturelles des uns et aux moyens technologiques et financiers des autres. Mais le développement de cette coopération suppose la conclusion d'accords internationaux et la création d'un climat de confiance entre les partenaires dont les délais peuvent être longs.

## **7. Energies et social (Energies and social aspects)**

De tout temps, l'énergie a été considérée comme un besoin social essentiel pour l'homme, sa vie, sa santé, sa reproduction. Son caractère social est une composante primordiale. L'organisation de sa production et de sa répartition en est largement déterminée.

A conditions naturelles et démographiques comparables, les solutions énergétiques peuvent différer d'un pays à l'autre pour des raisons tenant essentiellement à la nature des systèmes sociaux. Certains sont plus « ouverts » que d'autres, c'est-à-dire plus aptes à évoluer par l'intégration relativement rapide des innovations techniques et intellectuelles. On peut constater que les grandes transformations du monde industriel, liées de façon vitale au développement énergétique, sont aujourd'hui réalisées dans des sociétés pénétrées par des mécanismes de changement. Les sociétés qui, à l'orée de ce siècle, étaient relativement closes dans leurs traditions d'un ordre rural, appartiennent aujourd'hui au Tiers-Monde avec sa médiocre maîtrise de l'énergie. La hiérarchie actuelle de la consommation énergétique indique avec une assez bonne approximation à la fois le degré de développement et le degré de « perméabilité », sociale atteint il y a un demi-siècle.

La souplesse ou la rigidité des systèmes sociaux, qui commandent leur adaptabilité et donc leur évolution, traduisent souvent l'inégal résultat des rapports de force entre divers groupes de pression. Dans le domaine énergétique, l'apparition de nouvelles techniques, de nouvelles ressources, de nouvelles organisations signifie l'apparition de nouveaux intérêts qui menacent ou risquent de menacer les intérêts déjà en place. Des modalités et de l'issue de la confrontation entre pressions novatrices et pressions conservatrices dépendent le rythme et l'orientation des choix. Ces oppositions, ou ces marchandages (qui n'excluent pas éventuellement des associations), s'exercent non seulement à l'intérieur des sociétés nationales, mais aussi entre Etats. Ainsi, Edgar Morin précise que *« l'industrie nucléaire est un concentré symbolique des problèmes sociaux de notre avenir proche. Autrement dit, le réacteur nucléaire est en même temps un réactif social »*.

L'idée d'un partage que l'énergie opère au niveau international entre les pays dépendants du Tiers-Monde et les pays industrialisés attire l'attention sur d'autres inégalités au plan interne de ces sociétés, entre ceux qui ont accès à des énergies sophistiquées et les autres, contraints à s'approvisionner directement à la nature. L'énergie entre comme un des facteurs économiques générateurs de différences sociales. Il s'agit en effet d'un élément-clé

de la base matérielle des sociétés, qui se construit par un ensemble de pratiques institutionnalisées qui, à leur tour, reproduisent les mêmes différences. On est confronté ici, non seulement à la logique même des rapports Nord/Sud pour l'accès aux ressources au plan mondial, mais aussi à celui des rapports sociaux internes.

**La création de besoins nouveaux suppose naturellement qu'on ait les moyens de les satisfaire, autrement dit la maîtrise des techniques de production.** Ainsi remarque-t-on que les principes de l'électrolyse, aux nombreuses applications industrielles, étaient connus trois quarts de siècle avant qu'ils ne commencent à être réellement exploités, les techniques de production dans ce domaine ayant progressé plus lentement. Mais il ne faut pas oublier non plus l'influence de l'état général des techniques et de la science, de la place qu'elles tiennent dans la société, ainsi que des mentalités. Cet « environnement » technique de l'ensemble des activités économiques et sociales est un facteur essentiel de l'évolution de la demande énergétique.

L'analyse du contenu social des techniques rappelle l'importance toujours décisive des faits sociaux, sans oublier la démographie. Le coût de la main-d'œuvre interfère de façon parfois contradictoire avec les autres contraintes d'origine démographique. Son niveau élevé ou faible incite ou freine la substitution d'une énergie mécanique à l'énergie biologique du travail humain. La surabondance des hommes, qui par ailleurs sollicite un développement assez rapide de l'équipement énergétique, met aussi en question une mécanisation des activités traditionnelles qui alourdit le sous-emploi, au moins dans un premier temps.

Le dernier siècle a vu l'émergence progressive, dans les pays développés, d'une série de principes qui reflètent ce caractère de besoin social essentiel (17) :

- la continuité, car existe un besoin social ou stratégique à satisfaire, impliquant que l'activité soit régulière et continue ;
- l'égalité, qui exige que les usagers soient placés dans une position égale, sans discriminations ni avantages particuliers, principe qui entraîne celui de la péréquation des tarifs dans le cadre de la zone couverte ; se rattachent à ce principe celui de la neutralité à l'égard de tous les usagers quelles que soient leurs caractéristiques, ainsi que l'obligation de fourniture ;
- la préparation de l'avenir, qui veut que les prestations soient adaptées aux besoins et évoluent avec eux, en quantité et en qualité.
- la recherche du moindre coût : l'énergie ne peut relever, à la différence de nombre d'autres activités sociales, de la recherche du profit, mais doit être guidée par la satisfaction des besoins individuels et collectifs.

Ces principes se sont souvent concrétisés, en particulier en France, dans le concept de « service public », dont ont la charge la plupart des secteurs et entreprises de l'énergie. Dans les pays d'Europe centrale et orientale, l'énergie était un « bien social ».

---

(17) Cf. Pierre Bauby et Jean-Claude Boual, *Les services publics au défi de l'Europe*, Editions ouvrières, 1993.

**Dans la période la plus récente on a vu apparaître d'autres principes, qui marquent la logique des systèmes énergétiques :**

- **la réponse aux besoins de service, de qualité, de satisfaction de la diversité des demandes et aspirations des usagers.** Les services publics ne prennent leur utilité que par leurs réponses à des besoins concrets et spécifiques dans toutes les formes d'activité sociale, comme vecteur de services. Il ne s'agit pas tant aujourd'hui de répondre à des demandes quantitatives que de satisfaire à des exigences qualitatives liées aux types de services attendus, ainsi que de répondre aux besoins de services de proximité. Le principe d'égalité n'est pas synonyme d'uniformité, mais de réponse sur mesure à des besoins différenciés et se différenciant.
- **l'intégration des préoccupations en matière de protection de la nature et de l'environnement, de sécurité et de sûreté, dans l'ensemble des activités.** Il ne s'agit pas seulement d'un « supplément d'âme » destiné à « faire mode », mais d'éléments à prendre en compte, au même titre que les données technico-économiques, dans les décisions.
- **plus généralement, la place de l'énergie dans l'équilibre et la cohésion économique et sociale des sociétés.**

## **8. Energies et pouvoirs (Energies and powers)**

**Le passage historique de l'énergie naturelle à l'énergie produite s'est répercuté au niveau des rapports sociaux. Il coïncide avec l'industrialisation, dont il fut une des conditions. La logique capitaliste, qui orienta l'ensemble de ce développement, établit la dominance de l'économie sur les autres fonctions sociales. Elle eut aussi pour effet la concentration du contrôle de l'énergie.**

**Il ne faut pas perdre de vue cependant que des secteurs entiers de nombreuses sociétés contemporaines fonctionnent localement, en tout ou en partie, au départ d'une autre dominance sociale. Il faut éliminer les préjugés ethnocentriques qui feraient de l'économie le système dominant de toutes les sociétés contemporaines. Dans bien des cas, lorsque l'accès à l'énergie reste exclusivement la prédation directe de la nature, le fondement sur lequel s'établit la relation entre pouvoir et énergie est le contrôle de l'usage. Il s'agit en effet, de maintenir l'équilibre entre les ressources et la population, compte tenu du temps nécessaire au renouvellement des premières. Ce contrôle est, dès lors, une des conditions nécessaires à la reproduction sociale, l'énergie étant un élément vital pour les groupes comme pour chacun des acteurs sociaux.**

**Dans les sociétés fondées sur l'appartenance tribale, par exemple, ce sont les structures de parenté qui charpentent la vie collective, même quand des Etats sont venus les coiffer. Ainsi, en milieu rural le contrôle des pratiques énergétiques est souvent garanti par le biais des structures de parenté ou des structures religieuses. Il n'est pas rare, en effet, que des formes religieuses soient nées de la fonction de contrôle de l'énergie. Elles revêtent alors la**

double qualité de favoriser la conservation des ressources et de protéger les populations des fureurs des énergies débridées. Les religions anciennes du nord de l'Inde, fondées sur la maîtrise harmonieuse du feu, de l'eau, du vent et de la terre en témoignent. Le contrôle de l'énergie par des agents religieux conférait à ces derniers un pouvoir social, dans la mesure même où la survie du groupe et de chaque individu était dépendante de leur intervention. **Nombreuses sont aussi les structures politiques des sociétés pré-capitalistes qui sont nées du contrôle de l'énergie.** Tel fut le cas, par exemple, des sociétés hydrauliques de l'Asie du Sud-Est. Un pouvoir politique monarchique émergea des sociétés tribales, lorsque l'accroissement démographique provoqua la multiplication des implantations et, corrolairement, l'exigence d'un contrôle impartial de l'eau, à la fois base de la production agricole et source d'énergie.

Daniel Yergin montre (18) que depuis la guerre 1914-1918, on parle d'une ère du pétrole. C'est à l'importance de ses applications militaires qu'il doit alors d'être sacré « **produit stratégique** », objet de sollicitudes, voire des intrigues, des gouvernements. Entre les deux guerres, ses progrès rapides sont liés à ceux de l'automobile. La Seconde guerre mondiale, triomphe de la mécanisation, consacre une supériorité qui ensuite s'affirme dans tous les domaines ; c'est dans l'ensemble de l'économie mondiale que le pétrole conquiert la place de première source d'énergie.

Après l'invention du moteur à explosion et de l'automobile, le pétrole va devenir très vite à la fin du siècle dernier, un enjeu majeur de pouvoir. Indispensable aux transports et à l'industrie, sa pénurie peut, en quelques jours, faire perdre, une guerre ou paralyser l'économie des plus grands. C'est la guerre de 1914-1918 qui révèle son caractère stratégique. « *Churchill, à la veille de la première guerre mondiale, était tombé sur (cette) vérité fondamentale (...). Car le pétrole a bien signifié la suprématie tout au long du vingtième siècle* ». Depuis quatre-vingt ans, l'or noir n'a, de fait, cessé d'être lié plus ou moins directement à la plupart des conflits et "complots" internationaux, même si l'arme du pétrole ne fut officiellement brandie pour la première fois qu'en 1973.

**Le passage de l'exclusivité de la prédation à la prédominance de la production en matière énergétique, correspond à un saut profond dans la représentation de la nature.** On transite, en effet, d'une conception de l'homme dominé par la nature à celle de l'homme dominant la nature, en d'autres termes de la nature « sujet » à la nature « objet ». A partir de ce moment, la production de l'énergie releva du domaine de spécialistes et sa distribution s'inscrit dans la logique de l'offre et de la demande.

**La crise des ressources énergétiques minérales et la concentration du pouvoir économique, sont à l'origine d'une interdépendance mondiale accrue.** L'énergie devient un élément-clé de la mondialisation du système économique et, par voie de conséquence, de la reproduction du rapport Nord-Sud.

**Dans les sociétés du Tiers-Monde, la question de la déforestation et des conséquences**

---

(18) *Les Hommes du pétrole*, 2 tomes, Pour l'édition française : Stock 1992.

climatiques qu'elle entraîne devient centrale. Pourtant, ce n'est que tout récemment que l'extension des zones désertiques a fait prendre conscience de la nécessité de l'intervention du politique dans ce domaine. Par ailleurs, l'importation coûteuse de ressources ou de technologies énergétiques extérieures a renforcé les clivages sociaux.

**Pouvoir économique, pouvoir politique, pouvoir social, sont donc étroitement associés avec le contrôle et les choix énergétiques.** Ainsi, Alain Touraine (19) montre que « *la lutte antinucléaire est la première manifestation importante du mouvement antitechnocratique ; car l'adversaire est ici clairement désigné : les grands appareils technico-économiques qui imposent par leur puissance même une politique énergétique qu'aucun argument scientifique, technologique ou économique n'oblige à reconnaître comme supérieure à d'autres* ». Comme le soulignait Louis Puiseux en septembre 1981 (20), lors du colloque Energie et Société, ce n'est pas un hasard si les nouvelles luttes sociales en Occident se sont cristallisées depuis une dizaine d'années sur la politique énergétique. « *L'industrie nucléaire rassemble en effet tous les caractères des méga-technologies* » (21) : elle a partie liée avec le militaire et la violence, non seulement quant à ses origines, mais aussi quant aux contraintes sociales et à ses retombées involontaires ; ses installations sont gigantesques et extrêmement dépendantes les unes des autres ; son développement est par nature hypercentralisé, tant au niveau de la recherche qu'au niveau de la gestion ; les risques qu'elle fait courir aux populations sont tout à fait nouveaux par leur nature et par leur ampleur dans l'espace et dans le temps. Pour lui, dans cette gigantesque partie de poker entre l'homme et la nature, la compétence spécialisée d'un joueur ne garantit pas l'issue de la partie. Or les paris de ce joueur, ses relances, ses supputations engagent à l'évidence, et de façon irréversible, le sort de la société entière. Louis Puiseux considère qu'il faut établir des médiations institutionnelles pour réconcilier la science et la société, pour restituer au débat politique le choix des orientations subrepticement tombé aux mains des experts ; ce qui renvoie à ce que Montesquieu considérait comme la valeur cardinale d'un système modéré, c'est-à-dire la « faculté d'empêcher ».

Il faut ajouter encore une dimension, celle du **pouvoir culturel**. Dans des pays du Tiers-Monde, des formes énergétiques s'imposent, sans correspondance avec les besoins des populations. Sans doute des intérêts économiques et politiques sont-ils en jeu, et s'imposent-ils dans un rapport de force mais le consensus est obtenu par des éléments d'ordre culturel. C'est une domination technologique qui régit le domaine énergétique. Certaines sociétés penseraient déchoir si elles n'adoptaient pas des techniques lourdes de production d'énergie, alors que non seulement celles-ci ne correspondent nullement à leurs besoins, mais qu'elles sont anti-économiques dans leur usage. Elles se transforment donc en

---

(19) Cf. *La Prophétie antinucléaire*, (en collaboration avec M. Wieviorka, F. Dubet et Z. Hegedus), Editions du Seuil, 1980.

(20) Cf. sa communication intitulée "Pour démocratiser les choix techniques et énergétiques", *Energie et Société, Le choix des énergies et ses implications socio-économiques*, colloque organisé par le Groupe de Bellerive, sous le patronage de l'Académie des Sciences, avec le concours de la Commission française pour l'UNESCO, Publication sous la direction de Michel de Perrot, Pergamon Press, 1982.

(21) Cf. Pierre-Philippe Druet, Peter Kemp, Georges Thill, *Technologies et sociétés*, Galilée, 1980.

un facteur de sous-développement, même si elles produisent une image illusoire de modernité.

**Les Etats modernes n'ont jamais traité les activités énergétiques comme des activités économiques ordinaires.** Même les pays les plus acquis au libéralisme économique ont réglementé la production, les importations et exportations, les prix de vente aux consommateurs. Les produits énergétiques proviennent de l'extraction ou de la domestication de ressources naturelles. Dans la plupart des pays, l'Etat en est le propriétaire. Dans quelques-uns (Etats-Unis notamment), il est responsable des conditions de leur exploitation par les particuliers propriétaires du sol et du sous-sol. Très tôt, des législations minières ont été élaborées dans les pays industrialisés, suivis, depuis quelques décennies, par les autres pays du monde. Un approvisionnement régulier à un prix raisonnable est vital, surtout dans une économie industrialisée. Les Etats s'en veulent les garants (22). Ils ont donc légiféré pour protéger les consommateurs de possibles abus, surtout de la part d'industries en situation de monopoles. Mais ils ont aussi mis en place des mécanismes de protection, afin de permettre le développement sur le territoire national d'industries jugées indispensables à la sécurité de l'approvisionnement énergétique. **Les activités énergétiques, enfin, sont génératrices, plus que toute autre activité industrielle, d'externalités négatives :** elles dévorent l'espace, polluent l'atmosphère et les cours d'eau, font peser des risques technologiques majeurs sur les sociétés contemporaines. Très tôt, les Etats ont donc réglementé l'activité des mines de charbon, puis celle des grands aménagements hydro-électriques, du transport et du raffinage pétrolier, des centrales nucléaires.

**Tout ce dispositif réglementaire pèse sur les choix énergétiques nationaux.** Il affecte les prix internationaux à travers les droits de douane, la fiscalité, les règles tarifaires imposées à telle ou telle industrie de l'énergie. Depuis la Seconde Guerre mondiale, la volonté partagée, du moins par les pays industrialisés, d'intensifier les échanges internationaux conduit à **démanteler une partie de ce dispositif.** Sont surtout visées toutes les réglementations nationales qui freinent les importations d'énergie et celles qui nuisent à la concurrence par les prix entre sources d'énergie. La libéralisation des échanges extérieurs n'est pas aussi avancée dans les pays en développement et dans les pays qui avaient opté pour une planification centralisée de l'économie. La plupart d'entre eux sont entrés dans le GATT, mais ils sont aussi membres de la Conférence des Nations Unies pour le commerce et le développement (CNUCED). Depuis la date de sa première réunion en 1964, cette conférence encourage l'expansion des échanges internationaux, à condition que soient prises en compte les spécificités des pays en développement : statuts préférentiels et stabilisation des cours des matières premières, notamment.

Les différents facteurs du développement énergétique (technologiques, économiques, de contrôle des ressources, liés à l'environnement, etc.), de même que les systèmes de valeurs existant dans chaque société, définissent **des modèles énergétiques avec leurs régulations**

---

(22) Cf. Pierre Bauby, *L'Etat-stratège*, Editions ouvrières, 1991.

**juridiques.** Cela amène à analyser et approfondir dans chaque cas les relations **Energie Pouvoir-Droit** :

- l'Etat et la politique énergétique, les interventions administratives,
- les missions de service public et la libéralisation énergétique dans les sociétés contemporaines, par exemple le marché intérieur de l'énergie de la Communauté européenne, la Charte européenne de l'énergie, les accords et instruments juridiques internationaux,
- le nouveau Droit de l'environnement dans ses rapports à l'énergie,
- l'aspect social des relations juridico-énergétiques, le rôle des consommateurs,
- les modèles industriels et les modèles des pays en voie de développement : le contrôle des technologies énergétiques et des ressources naturelles.

**Les choix énergétiques sont également liés au rapport centralisation/décentralisation.** Dans les pays développés, les systèmes énergétiques ont souvent revêtu un caractère centralisé ; ils sont aujourd'hui confrontés à des processus de décentralisation, de montée des pouvoirs locaux et régionaux et plus largement au recentrage sur le micro-social. Dans les pays en développement, les systèmes énergétiques comprennent à la fois des sous-ensembles centralisés de taille assez grande, faisant appel à des technologies modernes, et des sous-ensembles dispersés, de petite taille, où se rencontrent des sources et des formes d'utilisation variées ; l'articulation de ces sous-systèmes est un choix aujourd'hui majeur.

## **9. Energies, cultures et valeurs (Energies, cultures and values)**

Des sociétés les plus simples jusqu'aux formes sociales les plus complexes, toutes sont soumises à la même exigence domestique « *du cru et du cuit* », comme le montre les travaux de Claude Levi-Strauss. Pour satisfaire à cette exigence, **les êtres humains ont cherché à capter l'énergie calorifique.** Le foyer en acquit une dimension symbolique considérable et sans le feu la société conviviale n'aurait pu exister. Dans toutes les sociétés, le désir de prolonger les activités, indépendamment de la rupture quotidienne qu'impose la succession du jour et de la nuit, déboucha sur le besoin de s'éclairer. Les hommes enfin voulurent faciliter leur travail et amplifier leur capacité physique, en faisant appel aux forces naturelles, en remplaçant l'effort humain par l'énergie animale et, plus récemment, **en transformant la matière fossile ou minérale en force énergétique.**

**Donner réponse à cette triple exigence impliqua un énorme investissement culturel.** Il a fallu que des milliers d'individus à travers l'histoire aient pensé l'énergie, se soient représentées les activités matérielles et la manière de les mettre en oeuvre, aient évalué les potentialités énergétiques leur permettant de répondre à leurs besoins. Il durent aussi fabriquer les outils permettant de domestiquer les sources d'énergie. Enfin, des théories explicatives des phénomènes observés, qu'elles s'inscrivent dans le cadre d'une pensée

mythique ou qu'elles relèvent d'une démarche scientifique, vinrent compléter cette gigantesque entreprise.

Evaluer les possibilités de la matière, supputer les pratiques nécessaires pour la contrôler, penser les techniques adéquates à cette fin, faire accepter ces formes d'agir par les communautés ou par les groupes sociaux, afin, qu'en s'institutionnalisant, elles se reproduisent historiquement et deviennent des modèles de pratiques socialement acceptées, constitue l'apport des idéalités dans le rapport de l'homme à la nature. L'énergie, partie essentielle de ce rapport, contribue donc à le construire et à le reproduire dans des formes données. La maîtrise de l'énergie-matière s'inscrit également au sein de rapports sociaux, qu'elle contribue à structurer. L'énergie a une fonction symbolique essentielle et de nombreuses valeurs culturelles lui sont associées.

L'intervention des hommes sur l'énergie, constitue la transformation de cet élément de la nature en fait de culture. L'énergie occupe une place privilégiée parce qu'elle a toujours été chargée d'une symbolique très puissante, intimement associée à la vie et liée à l'exercice d'une maîtrise sur la matière et d'un pouvoir sur la société. Les valeurs qui orientent les décisions énergétiques sont conditionnées par les représentations du rapport à la nature et par celles des rapports entre les hommes. Les pratiques sociales et les modèles culturels des manières de faire, de produire, de consommer, ont introduit l'énergie au sein même du patrimoine culturel propre à chaque société. Par exemple, « *face aux limites de son environnement, l'homme développe, pour s'assurer la nourriture, des stratégies adaptatives plus ou moins inconscientes et complexes. Une première stratégie consiste à compenser des carences ou des manques, soit en aliment, soit en énergie. Ainsi, les Japonais, avant d'entrer dans le cénacle des pays industrialisés, ont-ils dû adapter leur cuisine à deux contraintes majeures de leur environnement : la rareté des combustibles et les faibles quantités de viandes et poissons disponibles. Pour remédier à la première, ils ont généralisé la cuisson à la vapeur, peu exigeante en énergie (...)* (23) ». Le facteur culturel intervient lorsqu'il s'agit d'introduire des foyers améliorés au Burkina Faso. En effet, leur installation nécessite un déplacement du foyer, or, quand les hommes déplacent celui-ci, cela signifie qu'ils répudient leur femme ; il est donc préférable que ce soit les femmes qui pratiquent l'installation du foyer plus moderne. Comme le souligne Denis Blamont (24), l'introduction de pompes solaires pour l'irrigation dans les communautés agro-pastorales et isolées de l'Inde et du Népal a été la cause de mutations parfois violentes dans les systèmes techniques, sociaux, culturels et politiques mais a permis aux communautés de revivifier des structures sociales menacées par la pression démographique et de pallier la diminution des ressources accompagnant la croissance démographique. Paradoxalement, les problèmes les plus difficiles à résoudre, ceux qui menacent la réussite de l'introduction de ces innovations ne sont pas d'origine technique. Ils tiennent à la fois à l'environnement économique et aux structures des sociétés villageoises elles-mêmes. La redécouverte par une société villageoise de formes de pouvoir collectif sur l'espace du village n'est du goût ni des

(23) Cf. Dominique Desjeux, *Le sens de l'autre*, UNESCO/ICA, 1991.

(24) Cf. L'énergie solaire dans les campagnes indiennes, *Revue Techniques et Cultures*, n° de juillet-décembre 1989, Editions de la Maison des Sciences de l'Homme, Paris.



détenteurs "traditionnels" du pouvoir ni de ceux qui tentent de s'en emparer, souvent par le biais des systèmes de production.

Le gaz, comme le montre Jean-Pierre Williot (25), a joué dans l'histoire des pratiques sociales en France un rôle de transition entre les habitudes séculaires soumises aux contraintes de la nature et la formation de nouvelles façons caractéristiques du monde moderne. Ainsi l'éclairage au gaz a permis au moyen d'une lumière plus vive de faire reculer la peur de la nuit en ville et a autorisé les premières formes du noctambulisme. Les vitrines et l'apparence des rues ont complètement changé au XIX<sup>e</sup> siècle. L'aménagement des intérieurs a évolué en même temps que les manières d'habiter.

Prenant l'exemple de l'électricité en France, Alain Beltran (26) montre qu'il s'agit d'une acculturation « *complète et réussie* ». En se reportant un siècle en arrière, l'énergie électrique était décrite comme un commencement mais aussi comme une fin ; un commencement car l'électricité permettait d'envisager la construction d'un monde nouveau ; une fin parce que de nombreux commentateurs ont considéré la Fée Electricité comme l'aboutissement, le point d'arrivée, l'idéal, le symbole des progrès techniques des siècles précédents. L'électricité a été la première innovation totale que la France ait dû affronter, une invention différente, destinée à toucher tous les aspects du quotidien, même si elle ne fut perçue ainsi complètement que dans les années 1920 et surtout après la seconde guerre mondiale. L'électricité est alors prise en tant que phénomène social de première importance qui oblige à affronter le changement, à être sans cesse bousculés, à vivre différemment. Pour Alain Beltran, la France a domestiqué à sa façon l'électricité. L'innovation électrique s'étend sur un siècle et il lui a fallu au moins ce temps pour passer d'une lumière luxueuse et féérique à celle d'une énergie omniprésente mais « transparente ». Ce changement d'image est en soi la preuve d'une acculturation réussie et complète. Le discours porté sur l'électricité est devenu de moins en moins original au fur et à mesure du temps. L'électricité a fait rêver une génération qui attendait tout du Progrès. Puis, elle fut le moyen d'atteindre un certain standing quoique son utilisation restât longtemps parcimonieuse. Enfin, elle devint le moteur de la société.

**Les deux invariants qui conditionnent le rapport de l'homme à la nature sont l'espace et le temps.** Dans la vision du christianisme, le temps est limité et l'espace illimité. Pour le bouddhisme, le temps est illimité et l'espace limité. L'implicite de la société japonaise actuelle est que l'espace et le temps sont tous deux illimités (expansion dans le temps, délocalisation des industries grosses consommatrices d'énergie et déplacement des conséquences nocives vers d'autres espaces). La culture traditionnelle bouddhiste à Sri Lanka a produit une certaine réserve dans l'utilisation de l'énergie. L'hindouisme accorde une grande importance à la richesse forestière, à la plénitude de la nature, attribuant même un caractère sacré à des arbres, à des forêts, à des animaux. L'Islam demande à ses adeptes de ne pas abuser des ressources naturelles. Dans les religions aborigènes de l'Australie, la

---

(25) Son doctorat porte sur l'industrie gazière au XIX<sup>e</sup> siècle. Se reporter aussi à l'ouvrage *Le noir et le bleu, 40 ans d'histoire de Gaz de France*, Alain Beltran et Jean-Pierre Williot, Belfond, 1992.

(26) Cf. *La fée et la servante, la société française face à l'électricité XIX<sup>e</sup>-XX<sup>e</sup> siècle*, op. cit. Voir aussi *Electricité et société*, op. cit., à paraître, automne 1993.

terre possède une fonction sacrée et l'on ne peut en faire ce qu'on veut ; elle est un véhicule de pouvoir spirituel, où les ancêtres ont laissé leur trace. Pour la tradition orientale, l'homme fait partie intégrante de la nature et cette dernière mérite le respect dû à tout ce qui est vie. Il en résulte une attitude où la productivité intervient moins que l'harmonie.

**Un autre exemple du rapport entre énergie, culture et valeurs est aujourd'hui donné par le développement de l'écologie.** Depuis près de deux siècles, les modes d'appréhension de la réalité, de structuration des affrontement idéologiques et d'organisation de la société sont, dans les pays développés, ordonnés principalement autour de la contradiction sociale (capital/travail, bourgeoisie/prolétariat) ; les autres contradictions (dominants/dominés, hommes/femmes, homme/nature) lui étaient subordonnées. L'irruption de la contradiction écologique (transformation de la nature/respect de ses propres équilibres) vient déstabiliser les modes antérieurs de penser. Trois hypothèses peuvent être faites : soit elle se limitera à être un petit « plus » ne remettant rien en cause d'essentiel, voire une mode à laquelle il faut s'adapter ; soit elle viendra compléter les autres contradictions qui structuraient le champ idéologique, amenant la définition de nouvelles synthèses, des projets et orientations différents, lui accordant plus ou moins de place ; soit elle finira par prendre le pas sur les autres contradictions, par devenir la contradiction principale, le nouveau paradigme dominant autour duquel s'ordonnera, à terme, l'affrontement idéologique.

Dans son livre *Le nouvel ordre écologique, l'arbre, l'animal et l'homme* (27), Luc Ferry replace l'émergence de l'écologie, ou plutôt, comme il le montre, des différentes écologies, par rapport aux grandes thèses qui se sont affrontées dans l'histoire de la pensée quant aux rapports entre l'homme et la nature. Il nous fait connaître les grands débats qui agitent en la matière les pays anglo-saxons.

**La tradition cartésienne, particulièrement vivace en France, repose sur l'anthropocentrisme : l'homme est le centre de l'univers, le seul objet de valeur et sujet de droit, le maître et possesseur de la nature ; si l'on prend celle-ci en considération, c'est uniquement parce que sa détérioration risque d'atteindre l'homme. C'est en vertu des fins de l'homme que l'on peut être amené à respecter la nature.**

**A l'inverse, une partie des écologistes, en particulier les adeptes anglo-saxons de la *Deep-ecology* (écologie profonde), donnent une valeur intrinsèque à la nature, veulent la protéger en tant que telle, comme système harmonieux et fragile que l'homme vient perturber sinon mettre en péril. Ils proposent de donner aux animaux et même aux arbres, aux pierres, à la biosphère une personnalité juridique et d'en faire, à la place de l'homme, le centre. La force de cette conception, qui va jusqu'à mettre en cause l'humanisme moderne, tient à la prise de conscience des excès auxquels a pu conduire l'anthropocentrisme dans son entreprise de domestication de la nature.**

**Dès lors, existent pour Luc Ferry trois écologies. La première veut, à travers la nature,**

---

(27) Grasset, 1992.

toujours protéger l'homme, car à détruire le milieu qui l'entoure l'homme risque de mettre son existence en danger ; elle ne remet pas en cause la tradition humaniste et est ainsi qualifiée de « réformiste » et de « démocratique ». La seconde, qui repose sur le principe utilitariste selon lequel il s'agit de minimiser la somme des souffrances et d'augmenter la quantité de bien-être, propose d'attribuer une signification morale aux animaux, d'en faire des sujets de droit. La troisième, l'écologie profonde, veut défendre l'éco-système comme centre du monde contre l'espèce humaine nuisible ; elle comporte en fait deux variantes, une de gauche, porteuse d'un projet global de transformation de la société, et l'autre d'extrême-droite, vantant les traditions et l'enracinement national.

**Luc Ferry se livre à une critique approfondie et vigoureuse de ce « fondamentalisme »** écologique, défend l'anthropocentrisme et l'humanisme qu'il propose seulement d'amender. Autant sa critique de l'écologie profonde apparaît pertinente, autant son « réformisme » écologique semble timide et risque de limiter les ambitions à repeindre en vert les volets de la façade, sans rien changer d'essentiel à l'architecture de la société. En fait, l'alternative ne se limite pas, comme l'écrit Luc Ferry, au choix entre « fondamentalisme » et pâle réformisme. L'écologie peut aussi conduire à prendre en compte l'unité contradictoire homme-nature-biosphère, leurs interactions, leurs bienfaits et leurs dangers, comme centre à la place du seul homme, donc à transformer profondément l'ancien anthropocentrisme sans le renier. Ainsi, Luc Ferry en arrive à opposer d'un côté l'unité, l'uniformité et l'universalité de l'humanisme classique, de l'autre la diversité, la singularité et la particularité chers aux adeptes de l'écologie profonde, alors qu'on ne peut appréhender la société qu'en prenant en compte, comme **unités contradictoires, unité et diversités, uniformité et singularités, universalité et particularités**. Lorsqu'il affirme en conclusion que *« l'écologie démocratique n'est pas une politique ; politique, l'écologie n'est pas démocratique »*, il fait comme s'il n'existait pas une troisième voie, dans laquelle l'écologie vient non seulement compléter et réformer les anciennes conceptions politiques, mais les enrichir et les transformer, au point de révolutionner le politique.

## ANNEXE

### Energie solaire et énergies renouvelables Données technico-économiques actuelles (28)

**(Solar energy and renewable energies, Present technical-economics facts)**

Sont regroupées sous la dénomination d'énergies renouvelables toutes les sources d'énergie qui sont tirées ou qui pourraient l'être de la maîtrise de flux (rayonnement solaire, vents, marées,...) et non plus de stocks en terre. Ces sources sont extrêmement hétérogènes. Certaines n'ont pas d'autre existence qu'à l'échelle de l'expérience ou même du simple calcul de laboratoire : géothermie des roches profondes, courants marins, différentiels de températures des mers et, a fortiori, satellites solaires. D'autres sont au contraire d'usage courant, parfois très ancien (biomasse, solaire passif, énergie hydraulique ou éolienne), mais leurs techniques de conversion évoluent très vite et connaissent même de véritables mutations (photovoltaïque).

#### La biomasse

L'énergie de la biomasse est de l'énergie solaire que les végétaux captent par photosynthèse et stockent sous forme d'énergie chimique. Cette dernière peut être récupérée de diverses façons :

- par combustion, avec des rendements qui peuvent aller de 4 ou 5% dans les foyers traditionnels à plus de 70% dans les chaudières automatisées ;
- par fermentation, diffusée dans les campagnes chinoises et indiennes, mais encore sujette à quelques difficultés technologiques ;
- par gazéification en présence d'air et de vapeur d'eau sous haute pression afin de produire un gaz susceptible d'actionner une turbine ; cette solution, qui semble prometteuse, n'est pas encore passée au stade industriel ;
- par conversion en biocarburants, sous la forme d'éthanol (ce que fait déjà le Brésil sur une grande échelle, à partir de la canne à sucre) ou de méthanol, toutes solutions qui ne deviendraient économiquement rentables qu'au-delà d'un doublement du prix du pétrole (base 1989).

De quelle ressource disposerait-on à l'échelle mondiale ? En multipliant, région par région, les superficies forestières par la production récoltable (de 1 à 8 t de matières sèches par hectare et par an, selon le type de forêt), on obtient un potentiel théorique de 6,5 Gtep par

---

(28) Extraits du livre de Jean-Marie Martin, *Economie et politique de l'énergie*, Op. cit.

an dont 4 réellement exploitables. Ce flux annuel représenterait environ la moitié de la consommation mondiale actuelle, ce qui est considérable.

Encore faudrait-il que la couverture végétale de la planète ne se dégrade pas trop vite et que les nouvelles techniques d'utilisation efficiente des produits de la biomasse se diffusent, ce qui est peu probable au prix actuel du pétrole sur les marchés internationaux.

### **L'hydraulique**

Son potentiel déjà exploité est estimé à environ 2 500 TWh/an, sous la forme de **grandes centrales hydro-électriques et de petites installations** (simples roues hydrauliques ou micro-centrales). Il pourrait être, selon les évaluations, multiplié par cinq ou par dix à l'avenir. La limite maximale sera cependant difficile à atteindre parce que certains impacts environnementaux de cette source d'énergie seront vraisemblablement jugés inacceptables. Le développement du potentiel hydraulique, en outre, est à la fois très coûteux en investissement et localisé majoritairement dans les pays en développement. La contrainte du financement l'affecte beaucoup plus que d'autres techniques énergétiques.

### **La géothermie**

Elle consiste à **exploiter la chaleur accumulée dans la croûte terrestre par radioactivité naturelle des roches et par échanges thermiques avec les régions internes et chaudes du globe**. Cette exploitation est très ancienne puisque, 2 000 ans avant notre ère, les Romains l'utilisaient pour chauffer leurs maisons des îles Lipari. Depuis cette époque, on ne sait toujours qu'exploiter la chaleur des nappes aquifères soit en basse température (moins de 100° C) dans quelques bassins sédimentaires comme celui de l'Ile-de-France où la chaleur alimente un réseau de chauffage urbain, soit en haute température (plus de 100° C) dans les régions volcaniques où la vapeur actionne les turbines de centrales électriques, comme celles de Larderello, en Italie.

Le potentiel géothermique basse température n'est pas très bien connu, mais il semble limité. Ce n'est pas le cas du potentiel haute température (ou haute enthalpie) qui est évalué à 880 Gtep dont 60 identifiés. Son développement est limité par la localisation des sites souvent éloignés des lieux de consommation et par le coût élevé en investissement.

Reste l'énergie des roches chaudes sèches. Il s'agit d'injecter de l'eau froide, de la faire circuler en profondeur, afin qu'elle se réchauffe dans un réseau de fissures naturelles, et de la récupérer. Un essai est en cours au nord de l'Alsace, dans un site géologique propice où la température atteint 140° C à 2 000 m de profondeur. La ressource pourrait en être considérable le jour où l'on saura l'exploiter économiquement.

## **L'énergie éolienne**

Comme bien d'autres sources renouvelables, elle est exploitée depuis fort longtemps : dès les premiers siècles de notre ère, des moulins à vent à bras horizontaux tournaient en Perse, en Afghanistan, au Tibet. Le passage à l'aile verticale, vers le XII<sup>e</sup> siècle, n'a pas suffi à assurer leur essor. Il ne se produira qu'à partir du XIV<sup>e</sup> siècle, car la maîtrise de la force des vents est complexe et exige une technologie très développée.

Depuis le début des années 80, environ 10 000 aérogénérateurs ont été installés, dont 85% en Californie, où ce type d'investissement a bénéficié d'avantages fiscaux et où l'électricité profite d'un prix de rachat intéressant par les compagnies. L'expérience californienne est-elle généralisable ? Le potentiel exploitable dans les régions favorables (vents permanents et besoins à satisfaire) est estimé à 300 TWh/an, principalement en Europe et en Amérique du Nord. Les progrès techniques attendus (machines jusqu'à 300 kW, optimisation de la vitesse de rotation par régulation électronique, efficacité supérieure des pales) pourraient donner à l'énergie éolienne une place non négligeable dans la production électrique, mais de quelques régions seulement.

## **L'énergie solaire directe**

Hors biomasse, énergie éolienne et hydraulique toutes dérivées du rayonnement solaire, les techniques disponibles permettent de capter directement ce rayonnement pour le convertir en chaleur basse température, en chaleur haute température ou en électricité.

La chaleur basse température (solaire thermique), utilisée pour le chauffage de l'eau et des habitations, est obtenue par des dispositifs architecturaux (solaire passif) ou par des capteurs plats dont on attendait une grande diffusion après les deux chocs pétroliers. Ces anticipations n'ont pas résisté à la baisse des prix du pétrole et à la densification des réseaux électriques, sauf dans quelques pays (Israël, Turquie).

La chaleur haute température (solaire thermodynamique) provient de miroirs qui concentrent la lumière solaire sur une chaudière où circule un fluide caloporteur. La vapeur produite actionne un alternateur dont l'électricité n'est actuellement compétitive avec celle des centrales thermiques à combustibles que dans les conditions très particulières de la Californie.

La voie la plus prometteuse (solaire photovoltaïque) est celle de la transformation directe du rayonnement solaire en électricité grâce à l'absorption des photons (les particules de lumière) par un matériau semi-conducteur. Cette technique offre d'énormes avantages car elle ne pollue pas, fonctionne sans eau ni pièces tournantes, n'est pas encombrante et n'est pas sensible aux économies de taille. Sa diffusion est cependant

encore très limitée (500 000 m<sup>2</sup> de capteurs équivalant une puissance de 30 MW) pour des raisons économiques. Bien que divisés par cinq depuis vingt ans, les coûts du kWh photovoltaïque sont encore cinq fois supérieurs à ceux du réseau électrique. L'élévation du rendement des photopiles, la baisse de leurs prix de revient sous l'effet, notamment, des économies de série sont nécessaires pour assurer la compétitivité de cette filière solaire avec l'électricité du réseau.

Toute estimation du potentiel énergétique solaire est particulièrement délicate : celle de 170 Mtep/an de solaire thermique et de 700 TWh de solaire photovoltaïque pour les années 1990 semble actuellement la plus raisonnable. L'énergie solaire n'est donc pas la panacée capable de satisfaire, à elle seule, tous les besoins en énergie de notre planète dès l'année 2 000.

## **SYNOPSIS**

**L'énergie est un élément-clé du rapport dialectique entre nature et société. C'est la force matérielle utilisée, mise en oeuvre ou fabriquée par les êtres humains pour le contrôle de la nature et pour la satisfaction de besoins socialement définis.**

**Sa production et son usage sont à la fois :**

- conditionnés par les formes sociales du contrôle de la nature,
- conditions de ce contrôle de la nature.

Depuis le début de l'histoire humaine, ce rapport constant jalonne les grandes étapes de l'évolution des sociétés. En effet, les manières d'utiliser la nature influencent l'ensemble de la construction et de la reproduction sociale, parce qu'elles créent des compatibilités et des incompatibilités avec les autres formes d'organisation de la société. La production comme la consommation (domestique, publique ou industrielle) d'énergie s'inscrivent dans des rapports sociaux.

**Des liens étroits unissent progrès matériel de l'humanité et consommation d'énergie.**

La consommation d'énergie est à la base de presque toutes les activités économiques : la totalité des activités productrices agricoles et industrielles et des transports en requièrent, plus ou moins massivement. Aucun progrès matériel de l'humanité n'est actuellement concevable sans elle. Divers auteurs ont comparé l'énergie à l'oxygène ou au sang, car également indispensable à nos activités vitales ; dans notre monde actuel, toute pénurie énergétique serait sans recours et causerait une régression dramatique. En plus de ses fonctions productrices, l'énergie est un facteur déterminant du mode de vie des individus. Presque tout ce qui est impliqué dans le thème de « qualité de la vie » est, directement ou indirectement, consommateur d'énergie. Le recours à l'énergie mécanique contribue à réduire la fatigue des hommes.

**L'énergie entre dans la construction des rapports sociaux. Ses représentations concourent à leur reproduction. L'énergie provoque souvent des changements sociaux (nouvelle implantation de centres de production, destruction de cultures traditionnelles, etc.).**

**L'énergie se trouve au centre de l'existence humaine, de la vie quotidienne comme des enjeux collectifs. Elle forme un des éléments-clés des bases matérielles. Elle est sans cesse présente dans le mouvement des idées, dans la symbolique et dans les mythes des peuples. Elle est dialectiquement liée aux représentations du monde et occupe une place essentielle dans les rapports entre les hommes.**



## **Problématique générale**

Jusqu'ici, en règle générale, dans les pays développés, mais aussi souvent dans les pays en développement, sous l'effet en particulier des grands acteurs internationaux, l'élaboration des stratégies et des politiques énergétiques s'est opérée sur la base de critères technico-économiques ; si les préoccupations d'ordre militaire et géo-stratégique étaient présentes, les aspects liés au développement, à l'espace, à l'environnement, au social, à la culture et aux valeurs n'étaient abordés que comme conséquences, voire comme résidus, ou comme externalités des systèmes énergétiques.

Il s'agit aujourd'hui de faire intervenir l'ensemble des interactions entre énergie et sociétés en amont des choix, de prendre en compte les dimensions sociales et culturelles au même titre que les données techniques et économiques dans les chaînes de décision.

L'énergie a souvent été réduite à un facteur de production, alors qu'elle est une composante inséparable de tout système vivant. La « rationalité » d'une économie capitaliste privilégie la reproduction du capital et donc la rentabilité, sans y inclure l'ensemble des coûts sociaux ou la destruction de l'environnement, tant que ces derniers n'ont pas de répercussions sur les coûts de production. Science, technique et économie sont des dimensions de base du problème énergétique, mais quand de partielles elles s'identifient à la totalité, elles perdent leur sens et le discours qui les concerne se transforme en idéologie.

Le point de vue écologique introduit au niveau de toutes les décisions une préoccupation conservationniste susceptible de favoriser une attitude plus harmonieuse dans le rapport à la nature. La dimension sociologique rappelle que toute politique énergétique débouche sur la reproduction, la destruction ou la création de rapports sociaux. Or ces derniers ne sont pas indifférents en matière de développement, dans la mesure où l'on ne confond pas celui-ci avec la simple croissance économique. Il en est de même des valeurs culturelles qui constituent l'originalité des groupes humains et une des conditions de leur reproduction sociale. Certes, il n'y a aucun avantage à empêcher la réalisation de solutions techniques bénéfiques, pour réduire des groupes humains en conservatoires de coutumes et en musées vivants, mais une préoccupation anthropologique permet de concevoir cette rencontre comme un processus dialectique où l'homme reste le maître de ses propres transformations.

Plus généralement, la science contemporaine devient de plus en plus consciente qu'un angle d'approche segmenté, dans la mesure où, volontairement ou non, on l'absolutise, signifie une attitude « ethnocentriste », voire a-historique. Il faut construire, comme le propose Edgar Morin, « une connaissance organisée globale, seule capable d'articuler les compétences spécialisées pour comprendre les réalités complexes ».

## **Energie solaire et énergies renouvelables**

**Les énergies solaire et renouvelables présentent des avantages essentiels : elles comportent moins de risque d'épuisement, n'ont pas ou peu de coût de combustible, sont, du moins certaines, mieux réparties géographiquement, sont souvent bien adaptées aux zones dont la densité de population est faible, ne présentent, pour la plupart, pas de conséquences négatives pour l'environnement.**

**Pourtant, elles sont encore relativement peu développées. Sans doute pour des motifs techniques, qui en rendent l'utilisation souvent difficile. Mais aussi en raison de leurs coûts dans la plupart des cas aujourd'hui encore supérieurs à ceux des énergies plus « classiques ». Il y a là, en fait, nécessité d'ouvrir deux débats :**

- **Il semble que dans le coût supérieur des énergies renouvelables entre une sorte de « cercle vicieux » : puisque ces énergies en sont pas « rentables » aujourd'hui, les principaux acteurs internationaux des systèmes énergétiques ne procèdent qu'à de faibles investissements ; dès lors, il n'y a aucune raison que leur rentabilité finisse par s'établir. L'irruption de nouvelles technologies a toujours dépendu d'investissements au départ non rentables, mais dont l'existence a permis la rentabilité ultérieure, en particulier grâce aux économies d'échelle et de taille.**
- **Dans la comparaison des coûts des différentes sources et technologies énergétiques, il est rarement pris en compte les externalités négatives. Or si l'on intégrait ne serait-ce que les effets de chaque énergie sur l'environnement, certaines énergies renouvelables deviendraient sans doute tout à fait compétitives.**

## **SYNOPSIS**

**Energy is a key component of the dialectic relationship between nature and society. It is the material force used, processed or manufactured by human beings to control nature and to satisfy socially defined needs.**

**Its production and its use are both:**

- conditioned by social forms of controlling nature,
- conditions of this control of nature.

Since the beginning of human history, this constant relationship has marked the great stages in the evolution of society. Indeed, the ways in which nature is used influences all construction and social reproduction, because they create compatibilities and incompatibilities with other forms of organization of society. Generation of energy, like its consumption (domestic, public or industrial) falls within these social relationships.

**Close links join mankind's material progress and energy consumption. Energy consumption is the basis of practically all economic activities. None of humanity's material progress is conceivable at present without it. Various authors have compared energy to oxygen or blood, because it also is indispensable for our vital activities; in our present-day world, there is nothing to be done about an energy shortage and it would cause a dramatic decline. In addition to its production functions, energy is a determining factor in individual lifestyles. Almost everything implied in the term "quality of life" is, directly or indirectly, an energy consumer. Use of mechanical energy helps to reduce human fatigue.**

**Energy enters into the building of social relationships. Its presentations help with their reproduction. Energy often causes social changes (relocation of production centers or destruction of traditional cultures).**

**Energy is at the center of human existence, daily life and community life. It forms one of the key elements of material bases. It is continually present in the movement of ideas, the symbolism and myths of various peoples. It is dialectically linked to representations of the world and occupies an essential position in human relationships.**

### **The general problem**

As a general rule, to date, in the industrialized countries, but also often in the developing countries under the influence in particular of the great international players, **energy strategies and policies have been drawn up on the basis of techno-economic criteria; although military and geostrategic preoccupations were included, aspects linked to**

development, space, the environment, social questions, culture and values were only tackled as consequences, or even residues, or considered to be quite outside energy systems.

The question today is to involve all interactions between energies and societies upstream of choices, and to take account of the social and cultural dimensions in the same way as technical and economic data in decision-making chains.

Energy has often been reduced to a factor of production, whereas it is an inseparable component of any living system. The "rationality" of a capitalist economy gives pride of place to the reproduction of capital and therefore profitability, without including all social costs or destruction of the environment, so long as the latter do not have repercussions on production costs. Science, technology and economics are basic dimensions of the energy problem, but when from being partial they are identified with the totality, they lose their meaning and any discourse on the subject is transformed into ideology.

The ecological viewpoint adds a conservationist worry to all decisions, and this is likely to encourage a more harmonious attitude in relations with nature. The sociological dimension reminds us that any energy policy results in the reproduction, destruction or creation of social relationships. The latter are not indifferent regarding development, provided that it is not confused with simple economic growth. The same applies for cultural values which make up the originality of human groups and are one of the conditions for their social reproduction. There is certainly no advantage in preventing the achievement of beneficial technical solutions, in order to reduce human groups to conservatories of customs and living museums, but an anthropological preoccupation makes it possible to design this encounter as a dialectic process where man remains the master of his own transformations.

More generally, contemporary science is becoming increasingly aware that a segmented approach, to the extent that whether purposely or not it is "absolutized", signifies an "ethnocentrist" attitude, or even an a-historical one. As suggested by Edgar Morin, we must build « *organized global awareness, which alone is capable of articulating specialized skills for understanding complex realities* ».

## **Solar energy and renewable energies**

Solar and renewable energy sources offer basic advantages: there is less risk of depletion, fuel costs are very low -- or nonexistent, some of them are better distributed geographically, and are often well adapted to zones with a low population density, and most have no negative consequences on the environment.

However, they are still relatively underdeveloped, doubtless for technical reasons, often making their use quite difficult. But also due to their costs which at present in most phases

are still greater than those of the more "classical" energies. This means there is a need to open up two debates:

- It appears that a sort of "vicious circle" enters into the greater cost of renewable energies: since these energies are not "profitable" today, the main international players in energy systems make very low investments; this means there is no reason for their profitability to be established. The arrival of new technologies has always depended on investments that were unprofitable at the beginning, but whose existence has generated subsequent profitability, in particular due to economies of scale and size.
- In the comparison of the cost of the different sources of energy technologies, negative external effects are rarely taken into account. But if only the effects of each energy on the environment were taken into account, certain renewable energies would undoubtedly become fully competitive.

## SELECTION BIBLIOGRAPHIQUE (BIBLIOGRAPHY)

ADAMS R., "Energy and the regulation of nations states", *Cultural Dynamics*, vol. 1 Ed. E.Y. Brill, Leiden, the Netherlands 1988.

ALEXANDROFF G. avec LIEBARD A., *L'habitat solaire : comment ?*, L'équerre éditeur, Paris, 1979.

AUDIBERT P. avec la collaboration de ROUARD D., *Les énergies du soleil*, Editions du Seuil, 1978.

BAIROCH P., "Energie et révolution industrielle, nouvelles perspectives", *Revue de l'Energie*, n°356, août-septembre 1983.

BAUBY P.,

- *L'Etat-stratège*, Editions ouvrières, 1991.

- avec BOUAL J.C., *Les services publics au défi de l'Europe*, Editions ouvrières, 1993.

- *Electricité et société*, InterEditions, à paraître, automne 1993.

BELTRAN A.,

- *La fée et la servante, la société française face à l'électricité XIXè-XXè siècle*, Belin, 1991.

- avec WILLIOT J.-P., *Le noir et le bleu, 40 ans d'histoire de Gaz de France*, Belfond, 1992.

BLAMONT D., "L'énergie solaire dans les campagnes indiennes", *Revue Techniques et Cultures*, n° de juillet-décembre 1989, Editions de la Maison des Sciences de l'Homme, Paris.

CAHIERS FRANCAIS, "L'énergie", *La Documentation française*, mai-juin 1988.

CAMPICHE R. RUTH H (ed.), "Energie, Eglises et société", *Etudes et Rapports* n°30, Institut d'éthique sociale, Lausanne et Berne, 1980.

CHALINE C. avec DUBOIS-MAURY J., *L'Energie dans les villes du Tiers-Monde*, Claude Chaline et Jocelyne Dubois-Maury, Que sais-je ? n°2044, PUF, Paris, 1983.

CHAUVIN H., "Une ville d'Afrique à court de combustible", *Unasyva*, vol. XXXIII, n°133, 1981.

CHEVALIER J. M.,

- *Le Nouvel Enjeu Pétrolier*, Calmann-Lévy, 1973.

- "Les grandes compagnies pétrolières et le prix de l'énergie", *Economie et Prospective internationale*, 3ème trimestre 1982.

- avec BARBET P. et BENZONI L., *Economie de l'énergie*, Presses de la FNSP et Dalloz, 1986.

- "Les Prix de l'énergie", *Cahiers de l'ISMEA*, collection EN, n°1, Presses universitaires de Grenoble, 1986.

CHRISTOFFERSON L.A. avec BOKALDERS V., *Renewable Energy Technologies, Theirs Applications in Developing Countries*, Oxford, Pergamon, 1986.

CIPOLLA C.M., "Sources d'énergie et Histoire de l'Humanité", *Annales E.S.C.*, n°3, mai-juin 1961.

CLARK J.G. *The political economy of world energy, A twentieth Century Perspective*, The University of North Carolina Press, Londres, 1990.

COMMONER B., "Nuclear power for the third world : bane or blessing ?" *World Policy Journal*, 1987.

COOPERSMITH J., *The electrification of Russia 1880-1926*, Cornell University Press, 1992.

COTTREL D., *Energy and Society, the Relation between Energy, Social Change, and Economic Development*, Westport, Connecticut, 1970.

CRIQUI P. et CAVARD D., "La stratégie des pays industrialisés en matière de développement de l'énergie solaire : étude comparée Etats-Unis/France", *De l'énergie nucléaire aux nouvelles sources d'énergie : vers un nouvel ordre énergétique international ?* Université de Dijon Institut de Relations Internationales, Travaux du Centre de Recherche sur le droit des Marchés et des Investissements internationaux, Librairies Techniques, 1979.

CURRAN D.W., *La nouvelle donne énergétique*, Masson, 1981.

DAMIAN M.,

- "L'origine du choix nucléaire", *De l'Energie nucléaire aux nouvelles sources d'énergie : vers un nouvel ordre énergétique international ?* Librairies techniques, 1979.

- *Les Temps nucléaires*, thèse de sciences économiques, Université de Grenoble II, octobre 1983, dactylographiée.

- "Nuclear power: the ambiguous lessons of history", *Energy Policy*, vol.20, number 7, July 1992.

DARMSTADTER J.,

- *Energy in the world economy*, John Hopkins Press, 1971.

- *How industrial societies use energy*, Baltimore, 1977.

DESJEUX D., *Le sens de l'autre*, UNESCO/ICA, 1991.

DESSUS B. "Energie-développement-environnement, un enjeu planétaire au XXI<sup>e</sup> siècle", *Revue de l'Energie*, n°415, novembre 1989.

DELEAGE J.-P., avec DEBEIR J.C. et HEMERY D., *Les servitudes de la puissance, Une histoire de l'énergie*, Flammarion, 1989.

DELON M. *L'idée d'énergie au tournant des Lumières (1770-1880)*, Littératures Modernes, PUF, 1988.

DI MEO G., "Reflexions sur la localisation des industries pétrolières en France", *Travaux de l'Institut de géographie de Reims*, n°31-32, 1977.

DION R. "Usine et forêts, conséquences de l'ancien emploi du bois comme combustible industriel", *Revue des Eaux et Forêts*, octobre 1938.

DROUET D.,

- *Adaptations urbaines et mutations énergétiques*, Centre de Recherche d'Urbanisme, 1979.
- *Energy Policy and London*, Greater London, Council, 1978.

DRUET P.-P. avec KEMP P. et THILL G., *Technologies et sociétés*, Galilée, 1980.

DURAND D.,

- *La Politique pétrolière internationale*, PUF, 1970.
- *L'offre mondiale des autres énergies renouvelables*, congrès national du pétrole, ronéotypé, Vichy, mai 1981.

EARTHCAN, "*Les énergies nouvelles et renouvelables*" conférence de l'O.N.U. sur les sources d'énergies nouvelles et renouvelables, Nairobi, 1981, 3 fascicules.

ETEMAD B.,

- avec LUCIANI J., (direction BAIROCH P. et TOUTAIN J.-C.), *Production mondiale d'énergie*, Genève, Droz, 1991.
- "Structure géographique et par produits de la production mondiale d'énergie aux XIX<sup>e</sup> et XX<sup>e</sup> siècles, un survol statistique", *Revue de l'Énergie*, n°442, octobre 1992.

FERRY L., *Le nouvel ordre écologique, l'arbre, l'animal et l'homme*, Grasset, 1992.

FINON D., "La crise du plutonium civil", *La Recherche*, juin 1984.

FOLEY G.,

- avec TIMBERLAKE L., ECKHOLM E., BARNARD G., *Fuelwood : the Energy Crisis that won't go away*, Londres, An Eastcan Paperback, 1984.
- *Energie, crise du bois, crise des pauvres*, *Le Courrier Afrique-Caraïbes-Pacifique-Communauté européenne*, n° 95, 1986.

FORBES R.J.,

- *La technique et l'énergie au cours des siècles*, Université de Paris, Histoire des Sciences, Conférence du Palais de la Découverte, Série D. 42, 1956.
- *Studies in Ancient Technology*, Leyden, Brill, 1964.

FORNEY J.J. (ed.), *Energie et crise de civilisation*, *Bulletin du Centre protestant d'études* n°4-5, Genève, 1980.

FRISCH J.R., *Horizons énergétiques mondiaux 2000-2020*, Technip, 1989.

GOLDEMBERG J.,

- "Brazil Energy Option and current outlook", *Science*, 200 (43 38), 1978.
- avec JOHANNSON T. (Université de Lund, Suède), REDDY A. (Indian Institute of Science, Bangalore), WILLIAMS R. (Princeton University, USA), "An end-use oriented global energy strategy", *Annual Review of Energy*, Palo Alto, Californie, 1985.
- avec JOHANNSON T., REDDY A., WILLIAMS R., *Energy for a sustainable world*, Viley Eastern Ltd, New Delhi, 1988.
- avec REDDY A., "L'énergie dans les pays en développement" *Pour la Science* n°157, novembre 1990.

GOLDSCHMIT B., *Le complexe atomique, Histoire politique de l'énergie nucléaire*, Fayard, 1980.

HODGSON P., *Le rationnel et le raisonnable dans le domaine de l'énergie nucléaire*, *Revue des Questions Scientifiques*, 1987.



HOLDREN J., "L'énergie, demain", *Pour la Science* n°157, novembre 1990.

HOURCADE J.C.,

- avec SACHS I., "Energies nouvelles et stratégies des pays en développement", *De l'énergie nucléaire aux nouvelles sources d'énergie : vers un nouvel ordre énergétique international ?* Université de Dijon Institut de Relations Internationales, Travaux du Centre de Recherche sur le droit des Marchés et des Investissements internationaux, Librairies Techniques, 1979.

- "Besoins et financement des stratégies énergétiques pour le Tiers-Monde", *Revue de l'Energie*, n°356, août-septembre 1983.

- "Le Tiers-Monde à contre-courant", *Alternatives économiques*, décembre 1984.

- *Nuclear energy and the development process in developing countries*, Conférence des Nations Unies pour le commerce et le développement (CNUCED) 1985.

- *Prospective de l'énergie et analyse stratégique*, CIRED, Ecole des hautes études en sciences sociales, juillet 1986.

- "Le Tiers-Monde et l'énergie", *Les Cahiers Français*, La Documentation Française, 1988.

- avec MEGIE G., THEYS J., Politiques énergétiques et risques climatiques : comment gérer l'incertitude ? *Futuribles*, n°135, 1989.

ILLICH Y., *Energie et équité*, Le Seuil, 1970.

JORDAN B. et PERLIN J. "Solar Energy use and Litigation in Ancient Times", *Solar Law Reporter*, septembre-octobre 1979.

JUDET P. et VERNET P., "Recours aux énergies renouvelables et développement de la production de biens d'équipement dans les pays en voie de développement », dans *De l'énergie nucléaire aux nouvelles sources d'énergie : vers un nouvel ordre énergétique international ?* Université de Dijon Institut de Relations Internationales, Travaux du Centre de Recherche sur le droit des Marchés et des Investissements internationaux, Librairies Techniques, 1979.

KHENNAS S.,

- *Le défi énergétique en Méditerranée*, L'Harmattan, 1992.

- (sous la direction de), *Industrialisation, ressources minières et énergie en Afrique*, CODESRIA, 1993.

KI-ZERBO J. *Compagnons du soleil, Anthologie de grands textes de l'humanité sur les rapports entre l'homme et la nature*, La Découverte-UNESCO, 1992.

LATTES R. et WILSON C., *L'énergie : le compte à rebours*, J-C Lattès, 1978.

LEONETTI A. avec MARIANI J.-M., *L'Europe et la coopération internationale dans le domaine énergétique*, Economica, 1984.

MAKKAI L., "Productivité et exploitation des sources d'énergie, XII<sup>e</sup>-XVIII<sup>e</sup> siècles", rapport inédit, Semaine du Prato, 1971.

MAKHJANI A. avec POOLE A., *Energy and Agriculture in the Third World*, Cambridge, Mass., Ballinger 1975.

MARTIN J. M.,

- "Les investissements des compagnies pétrolières et l'évolution des approvisionnements", *Revue d'économie industrielle*, 15, 2<sup>e</sup>me trimestre 1981.

- avec CHATEAU B., CRIQUI P., LAPILLONE B., "La diminution de la consommation

d'énergie en France : réaction conjoncturelle ou inflexion de tendance sur longue période", *Revue de l'énergie*, n°363, avril 1984.

- Poser les vrais problèmes, *Les Cahiers Français*, La Documentation Française.
- *Economie et politique de l'énergie*, Armand Colin, 1992.

MATHIEU H.,

- *Etude sur les relations entre problèmes énergétiques et aménagement urbain*, Centre de Recherche d'Urbanisme, 1978.
- *L'environnement et l'utilisation de l'énergie dans les régions urbaines*, OCDE, 1978.

MENDEL G. et GUEDENEY C., *Angoisse atomique et centrales nucléaires*, Payot, 1973.

MONNIER E., *Energie au foyer, Le mode de vie des classes moyennes en habitat collectif*, Ministère de l'Urbanisme, du Logement et des Transports, 1985.

NEF J-U.,

- *La naissance de la civilisation industrielle et le monde contemporain*, Armand Colin, 1954.
- "Les conséquences d'une crise historique de l'énergie", *Pour la Science*, février 1978.

OLSEN J.-P., *L'énergie dans le monde, stratégie face à la crise*, Hatier, 1984.

OWENS S., *Energy, urban form and planning*, University of Nottingham, 1980.

PAHNER P.D., *Aspects psychosociologiques de l'opposition à l'énergie nucléaire*, I.I.A.S.A. Vienne, août 1976.

PERCEBOIS J., *L'Energie solaire, perspectives économiques*, Editions du CNRS, 1975, 1978.

PIERMONT L., *L'énergie verte*, Editions du Seuil, 1982.

PUISEUX L.,

- *L'Energie et le désarroi post-industriel*, Hachette, 1973.
- "Pour démocratiser les choix techniques et énergétiques", *Energie et Société, Le choix des énergies et ses implications socio-économiques*, colloque organisé par le Groupe de Bellerive, sous le patronage de l'Académie des Sciences, avec le concours de la Commission française pour l'UNESCO, Publication sous la direction de Michel de Perrot, Pergamon Press, 1982.
- *La Babel nucléaire*, Galilée, 1977, édition revue et augmentée, 1981.
- *Crépuscules des atomes : les vrais risques du nucléaires*, Hachette, 1986.
- avec RADANNE P., *L'énergie dans l'économie*, Syros, 1989.

RENN O., "Electrizität und Gesellschaft : Herausforderungen der Postmoderne", in *Die Zukunft der Stromversorgung*, Verlags- und Wirtschaftsgesellschaft der Electrizitätswerke m.B.H., Alfred VoB (Hrsg.) 1992. Und zahlreiche Publikationen, u.a., "Die Risikowahrnehmung der Kernenergie".

REVELLE R., "Energie Use in Rural India", *Science*, 192, 1976

SACHS I.,

- "Environnement et projet de civilisation", *Les Temps Modernes*, n°316, 1972.
- "Deux gaspillages : pays riches, pays pauvres", *2000*, n°29, 1975.
- "Vers une nouvelle civilisation industrielle des tropiques", *2000*, n°34, 1976.
- *Initiation à l'éco-développement*, Toulouse, Privat 1981.

SACHS W., *The Social Construction of energy : a chapter in the history of scarcity*, Technische Universität Berlin, septembre 1983.

SEDILLOT, *Histoire du pétrole*, Hachette, 1974.

SIMMONOT P., *Les nucléocrates*, PUF, Grenoble, 1978.

SKEET I., OPEC, *25 years or prices and politics*, Cambridge energy studies, Cambridge, 1988.

SMIL V.,

- "Ecological mismanagement in China", *Bulletin of Atomic Scientist*, octobre 1982.

- "Energy Flow in Rural China", *Human Ecology*, vol. VII n°2, 1979.

- *Energy in the developing world*, Oxford University Press, 1980.

- *Rapport sur le chauffage urbain en France*, colloque CNRS-MIT, 1979.

- avec KNOWLAND W.E., "China's Energetics : a system Analysis".

STANHILL G., *Energy and Agriculture*, 1984.

STOBOUGH R. avec YERGIN D., *L'énergie du futur*, Economica 1983.

TILMONT M.,

- *L'infléchissement des politiques urbaines aux Etats-Unis en faveur d'économie d'énergie*, Centre de Recherche d'Urbanisme, 1978.

- *La ville et l'énergie*, AGHTM, 1977.

- *La ville et l'énergie*, AGHTM, 1982.

TOURAINÉ A.,

- avec WIEVIORKA M., DUBET F. et HEGEDUS Z. *La Prophétie antinucléaire*, Editions du Seuil, 1980.

VANDERKAM, *Energie et rapports Nord-Sud*, Centre Tricontinental de Louvain-la-Neuve, 1989.

VERLAQUE C., *Le Sahara pétrolier*, Editions du Comité des travaux historiques et scientifiques, 1964.

VENNETIER P., Communication au colloque CEGET 1980 sur *L'Energie dans les communautés rurales des pays du Tiers-Monde*.

VIETMEYER N., "Le rôle méconnu de l'énergie animale dans les P.V.D.", *Problèmes économiques*, 1 811, 16 février 1983, La Documentation française, Paris. La version originale était parue dans le numéro de juillet-août 1982 de la *revue de la FAO Cérès*, sous le titre "La science ignorée de l'énergie animale".

WORONOFF D., (publication sous la direction de), *Forges et forêts, recherches sur la consommation proto-industrielle de bois*, Editions des hautes Etudes en Sciences sociales, 1990.

YANITSKY O., *Russian Environmentalism : Leading Figures, Facts, Opinions*, Mezhdunarodnyje Otnoshenija Publishing House, 1993.

YERGIN D., *Les Hommes du pétrole*, 2 tomes, Pour l'édition française : Stock 1992.