

Beilage 7

EXPOSE DE M. LE PROFESSEUR CLAUDE ZANGGER,  
SOUS-DIRECTEUR, OFFICE FEDERAL DE L'ECONOMIE ENERGETIQUE,  
A LA CONFERENCE DES AMBASSADEURS DU 1.9.1977

---

Contraintes internationales sur le développement  
de la situation énergétique en Suisse et dans le monde

<u>Indice des matières</u>	<u>page</u>
I. L'approvisionnement énergétique	3
A. Les ressources mondiales d'agents fossiles et nucléaires	3
a) Agents fossiles	3
b) Agents nucléaires	4
c) Contraintes énergétiques	5
B. La demande d'énergie - Conséquences générales	6
C. La répartition géopolitique des ressources en agents fossiles et nucléaires - Conséquences	9
II. La protection de l'environnement	13
III. Coût	16

Cet exposé complète, au niveau des imbrications internationales, la connaissance de la situation énergétique suisse, telle qu'elle est exposée par exemple dans l'article "Energy resources and development in Switzerland", du même auteur.\* Il vise à mettre en évidence quelques contraintes importantes imposées au développement de la situation énergétique mondiale et leurs répercussions sur la situation énergétique suisse. Ces contraintes seront présentées selon trois critères importants de toute politique énergétique, à savoir :

- l'approvisionnement, c'est-à-dire sa sécurité, au niveau national et ses limites globales au niveau mondial
- la protection de l'environnement, c'est-à-dire certaines contraintes imposées au niveau mondial à l'exploitation de l'énergie
- le coût de l'énergie

---

\*) A paraître au printemps 1978 dans "Modern Switzerland - XXth Century", publié par The Society for the Promotion of Society and Scholarship INC., U.S.A.

## I. L'approvisionnement énergétique

### A. Les ressources mondiales d'agents fossiles et nucléaires

#### a) Agents fossiles

Le tableau No 1 (cf. annexe 1), intitulé "Durée des réserves prouvées et mesurées de combustibles fossiles" présente un indicateur de la durée de disponibilité des réserves, défini comme quotient des réserves totales divisé par la consommation annuelle actuelle. Cet indicateur est calculé d'une part pour le monde, d'autre part pour la zone OCDE (par exemple, pour le pétrole dans le monde: les réserves prouvées sont actuellement d'environ 90 milliards de tonnes et la consommation annuelle d'environ 3 milliards de tonnes, ce qui donne la "durée" souvent citée de 30 ans - ici 29 - pour le pétrole).

Pour les réserves de la zone OCDE, cet indicateur donne une durée vertigineusement basse pour le pétrole et le gaz - soit de l'ordre d'une décennie à moins - , mais une durée très grande pour le charbon - soit de l'ordre de six siècles - ; la moyenne sur les trois agents fossiles se situe aux environs de deux siècles.

Pour le monde, l'indicateur donne environ un tiers de siècle pour le pétrole et le gaz, environ quatre siècles pour le charbon et, pour l'ensemble des trois agents fossiles, environ deux siècles.

En réalité, l'indicateur ainsi calculé n'a qu'une valeur artificielle. En effet:

- d'une part, la consommation annuelle des agents fossiles aura encore tendance à augmenter à l'avenir pendant quelques décennies, et
- d'autre part, les réserves actuellement prouvées et mesurées sont susceptibles d'être augmentées grâce aux ressources

d'agents fossiles à bas prix non-encore découvertes, ainsi que grâce aux ressources de pétrole plus coûteux contenues dans les sables et les schistes bitumineux (au sujet du pétrole, il est estimé que les réserves actuellement prouvées pourraient être à la limite doublées à triplées).

Les deux effets se compensant en partie, l'indicateur conserve son utilité en première approximation.

b) Agents nucléaires

Les réacteurs nucléaires de la génération actuelle ne peuvent brûler malheureusement qu'un pourcent de l'uranium naturel. Pour ces réacteurs, les réserves d'uranium reconnues compétitives aujourd'hui devraient suffire à alimenter les centrales mises en service jusqu'à la fin des années huitante, et ceci pour leur durée intégrale d'exploitation. Compte tenu des efforts d'exploration en cours, les besoins des centrales mises en service jusqu'à la fin du siècle devraient pouvoir être couverts. En outre, le recours au recyclage du plutonium produit dans ces réacteurs permettrait d'étendre de 20 à 30% les ressources de combustible. Finalement, l'utilisation du thorium, d'abondance équivalente à l'uranium, pourrait fournir une extension supplémentaire.

Pour les réacteurs surrégénérateurs, qui sont en voie de démonstration industrielle en Union soviétique, en France, en Grande-Bretagne et en République Fédérale d'Allemagne, la presque totalité de l'uranium naturel disponible peut être consommée, grâce au processus de surrégénération et au recyclage du plutonium produit. En outre, ce type de réacteur permet de s'appuyer sur des roches plus pauvres en uranium dans des conditions économiquement et énergétiquement rentables. Ensemble, ces deux effets permettent pour le moins de centupler

l'approvisionnement en énergie nucléaire permis par les réacteurs de la génération actuelle, donc de sustenter les besoins cumulés de l'humanité de plusieurs siècles.

c) Contraintes énergétiques

L'examen des réserves d'agents fossiles et nucléaires conduit aux contraintes énergétiques suivantes:

- 1) L'accroissement de la consommation du pétrole et du gaz doit être progressivement freiné; la consommation devrait passer le plus tôt possible par un maximum, si possible avant la fin du siècle; ce maximum ne devrait pas dépasser 1,5 à 2 fois le niveau actuel. Ensuite, la consommation devrait décliner vers une valeur faible vers la fin du prochain quart de siècle.
- 2) Les mesures de conservation du pétrole et du gaz doivent être stimulées par tous les moyens adéquats (il s'agit là des économies d'énergie au niveau du consommateur et de l'amélioration du rendement technique des stades de transformation de l'énergie).
- 3) La substitution du pétrole par d'autres agents énergétiques accessibles doit être stimulée. Il s'agit là d'accroître substantiellement la consommation de charbon et d'énergie nucléaire, dans un premier temps pour la production d'énergie électrique, puis ultérieurement en la combinant avec le chauffage à distance.
- 4) A plus long terme, la substitution du pétrole passe aussi par la recherche et le développement immédiats de nouvelles technologies énergétiques et de nouvelles sources d'énergie. Mentionnons:
  - la gazéification du charbon, qui permettrait d'assurer progressivement le relais du gaz naturel dans les réseaux existants de transport et de distribution, de gaz

- 6 -

à partir des années nonante.

- le captage de la chaleur solaire pour le chauffage des locaux et la préparation d'eau chaude de consommation
- le développement des réacteurs à fission nucléaire de génération avancée, tels les surrégénérateurs
- le captage de la chaleur ambiante par les pompes à chaleur
- le captage de la chaleur terrestre
- la transformation de l'énergie solaire en électricité
- la fusion nucléaire
- etc.

Sur le plan suisse, ces contraintes internationales se traduisent tout naturellement dans la conception globale de l'énergie par le triple postulat suivant:

conserver - substituer - chercher

A cet égard, l'adhésion de la Suisse à l'Agence Internationale de l'Energie lui donne l'occasion de tenir compte et de profiter du régime d'interdépendance et de solidarité internationales, qui s'impose dans le domaine de l'énergie. Dans ce cadre, la Suisse peut suivre l'évolution mondiale de la situation énergétique, harmoniser ses mesures de conservation et de substitution avec celles des autres pays industriels et également s'associer, sur une base sélective, aux projets de recherche et de développement mis sur pied par l'Agence.

## B. La demande d'énergie - Conséquences générales

Le tableau No 2 (cf. annexe 2), intitulé "Parts relatives des agents énergétiques", présente la fraction de la consommation énergétique couverte par chaque agent énergétique, au plan suisse en 1950 et 1975, au plan mondial en 1974.

- 7 -

La comparaison des colonnes 1 (Suisse 1950) et 2 (Suisse 1975) montrent :

- l'énorme croissance (aujourd'hui dominance) du pétrole
- le déclin massif des parts du charbon et du bois
- la réduction modérée de la part de la force hydraulique
- l'apparition modérée du gaz naturel et de l'énergie nucléaire

La comparaison des colonnes 2 (Suisse 1975) et 3 (Monde 1974) établit les faits suivants:

- la dépendance suisse du pétrole est très supérieure à celle du monde
- la dépendance suisse du charbon et du gaz naturel est très inférieure à celle du monde
- la force hydraulique est très développée en Suisse, en fait pratiquement complètement
- le développement de l'énergie nucléaire en Suisse est en avance sur le reste du monde

En bref, du point de vue de la diversification des agents énergétiques, la situation suisse est beaucoup plus déséquilibrée que celle du monde. Il en résulte pour la Suisse des motifs encore plus impératifs pour:

- la conservation du pétrole (par des mesures d'économies au niveau du consommateur et de rationalisation au niveau de la transformation de l'énergie)
- la substitution du pétrole par des sources alternatives d'énergie (gaz, énergie nucléaire, peut-être du charbon) dans un premier temps, puis par des sources nouvelles d'énergie (énergies solaire et géothermique) dans un second temps.

L'examen de la colonne 3 (Monde 1974) indique, en outre, que 93% des besoins énergétiques mondiaux sont couverts exclusivement par les agents fossiles (pétrole, charbon et gaz naturel); les 7% restant sont couverts par la force hydraulique (6%) et l'énergie nucléaire (1%). Il en résulte les constatations suivantes au niveau mondial:

- Ensemble, le pétrole à bon marché et le gaz naturel, dont les ressources sont limitées à quelques dizaines d'années, couvrent 65% (48% + 17%) des besoins énergétiques actuels. Il conviendra d'en substituer une grande part durant les prochaines décennies par des agents de substitution. Or:
  - 1) l'expansion du charbon, dont les réserves naturelles sont abondantes, rencontre des obstacles importants relevant de la protection de l'environnement, tant au lieu de son extraction qu'au niveau de son utilisation
  - 2) L'énergie nucléaire rencontre des difficultés évidentes du point de vue de l'acceptation populaire (la peur du nucléaire), du point de vue de la protection de l'environnement (l'élimination des déchets hautement radioactifs) et du point de vue de la prolifération des armes et explosifs nucléaires (la prolifération horizontale d'armes nucléaires et la diversion malveillante de plutonium)
  - 3) l'énergie hydraulique est susceptible de développement, surtout dans les pays en développement, mais ses possibilités sont limitées à un appoint mineur des besoins énergétiques annuels totaux
  - 4) la chaleur solaire, tant qu'on ne saura pas en maîtriser le stockage saisonnier dans des conditions économiques, n'apportera qu'un appoint minime à l'horizon 2000
  - 5) les énergies géothermique, éolienne, marémotrice, etc.... constitueront elles aussi des appoints minimes.



De cette situation, il faut tirer la conséquence essentielle que tant que les efforts de recherche et de développement en matière d'énergie solaire et de fusion nucléaire n'auront pas fourni des solutions susceptibles de pénétration massive, il reste indispensable de laisser ouvertes toutes les options énergétiques futures et de s'efforcer d'éliminer les obstacles qui s'opposent à leur développement et d'accumuler de l'expérience d'exploitation avec elles. Je pense ici tout particulièrement aux agents énergétiques suivants:

- le charbon, plus tard sous forme liquéfiée et gazéifiée
- l'énergie nucléaire de fission, plus tard avec surrégénération
- le pétrole, notablement plus coûteux, des schistes et des sables bitumineux
- l'énergie solaire
- l'énergie géothermique

Il s'impose à l'esprit que le succès pour surmonter le problème de l'approvisionnement énergétique des prochaines décennies réside dans la diversification et la complémentarité, plutôt que dans la spécialisation. A court terme, c'est-à-dire à l'horizon 2000, il faut reconnaître qu'il n'y a pas une seule solution, même si nous pouvons espérer qu'à long terme l'énergie <sup>solaire et/ou l'énergie</sup> nucléaire de fusion pourraient être la réponse ultime.

#### C. La répartition géopolitique des ressources en agents fossiles et nucléaires - Conséquences

Le tableau No 3 (cf annexe 3), intitulé "Répartition géopolitique des ressources énergétiques non-renouvelables connues" met en évidence la position dominante de l'Amérique du Nord pour les combustibles nucléaires, des zones communistes pour le charbon et le gaz, du Moyen-Orient pour le pétrole. La position de l'Europe apparaît relativement très fragile. En termes absolus, ses réserves de gaz sont limitées à quelques décennies et ses réserves d'uranium

- 10 -

à une dizaine d'année; ses réserves de pétrole sont minimes; seules, ses réserves de charbon ont une signification séculaire.

Afin d'éviter que la dépendance européenne du pétrole du Moyen-Orient ne se double d'une dépendance nucléaire vis-à-vis des pays grands producteurs d'uranium (principalement les Etats-Unis d'Amérique, le Canada, l'Afrique du Sud et l'Australie), l'Europe - en fait les Etats importants du Marché commun - s'efforce de s'affranchir en matière d'enrichissement d'uranium (usines Eurodiff en France et Urenco en Grande-Bretagne et aux Pays-Bas) et de retraitement chimique des éléments combustibles irradiés (usine de La Hague en France, projets en Grande-Bretagne et en République fédérale d'Allemagne) et d'accéder à la technologie industrielle des réacteurs surrégénérateurs, qui présentent un cycle de combustible totalement indépendant (usines prototypes en France et en Grande-Bretagne, projet en République fédérale d'Allemagne). Cette évolution a abouti récemment, comme on le sait, à une confrontation entre les politiques nucléaires du Marché commun et du Japon d'une part et la politique nucléaire américaine du Président Carter d'autre part. En effet, au titre de la lutte contre la prolifération des armes nucléaires, ce dernier s'est donné pour objectif de reculer le plus possible, voire de supprimer: et le retraitement chimique des éléments combustibles irradiés, et le recours aux réacteurs surrégénérateurs. L'importance de l'enjeu et les modalités de coopération dans ce domaine éminemment politique devraient en principe être clarifiés dans le cadre de l'INFCE, c'est-à-dire l'International Nuclear Fuel Cycle Evaluation, un programme d'études qui est proposé par le Président Carter à une trentaine de pays - dont la Suisse - et qui devrait durer environ deux ans.

En ce qui concerne la Suisse, dont les ambitions nucléaires sont plus modestes, l'approvisionnement en combustibles nucléaires prend le sens d'une diversification des risques politiques, par

- 11 -

rapport à ceux liés au pétrole, et non d'une réduction du degré de dépendance. En ce qui concerne la dépendance suisse du pétrole du Moyen-Orient, elle se fait au travers des multinationales pétrolières et ne laisse guère de chance de prendre influence bilatéralement, par les canaux diplomatiques, sur des Etats fournisseurs (la condition pour cela serait de disposer d'une société nationale pétrolière disposant de tous les attributs techniques nécessaires). Une influence au niveau publique peut toutefois s'exercer au travers de l'Agence Internationale de l'Energie. De toute manière, les incidences de cette dépendance sont fortement liées à la situation politique générale dans le Moyen-Orient et concernent l'ensemble du monde occidental.

Par contre, la dépendance suisse du combustible nucléaire concerne surtout quelques Etats fournisseurs industriels, avec lesquels la Suisse a de nombreuses relations. Les incidences politiques de cette dépendance étant liées à la lutte contre la prolifération des armes nucléaires - un objectif reconnu par la Suisse -, des solutions satisfaisantes pour les deux parties devraient toujours pouvoir être trouvées bilatéralement, ce qui confère aux Ambassades concernées un rôle très important. Il convient toutefois de se rappeler que la Suisse, dans ce domaine, ne peut ignorer délibérément son contexte et ses intérêts européens.

Une autre différence importante entre les dépendances du pétrole et du combustible nucléaire doit être relevée. Les pays exportateurs de pétrole sont pour la plupart des pays en voie de développement qui doivent vendre du pétrole pour acquérir les devises nécessaires au développement de leurs économies. Par contre, les pays exportateurs de combustible nucléaire pourraient être à la longue tentés de le garder pour eux, surtout dans le cas du renoncement au réacteur surrégénérateur préconisé par le Président Carter. En cet aspect, la vigilance des Ambassades concernées est de

- 12 -

rigueur. En outre, dans le cadre de l'INFCE, les garanties d'approvisionnement en combustibles nucléaires devraient constituer un point cardinal des résultats.

Penchons-nous maintenant brièvement sur notre troisième pilier énergétique - le gaz - . L'industrie gazière suisse propose de développer cet agent en Suisse jusqu'à concurrence d'environ 10% des besoins énergétiques totaux de 1985. A cette fin, elle espère compléter la contribution néerlandaise par des contributions algérienne et soviétique. Chacune de ces contributions restera mineure. En tout état de cause, le gaz naturel devra être relayé progressivement dès la fin du siècle par du gaz de charbon, développement auquel les Autorités de la République fédérale d'Allemagne consacrent une part importante de leur budget de recherche.

## II. La protection de l'environnement

Sans ignorer les questions de caractère local et régional liées à l'exploitation de l'énergie, il convient de signaler ici deux problèmes de dimension internationale qui peuvent influencer de manière importante l'avenir énergétique de l'humanité.

Le premier problème de dimension mondiale - concerne les agents fossiles - liquides, solides et gazeux - . Lors de leur combustion, ces derniers émettent de grandes quantités de dioxyde de carbone, qui viennent s'ajouter au dioxyde de carbone contenu naturellement dans l'atmosphère. Or, il est connu que ce gaz joue un rôle déterminant dans l'équilibre thermique de la biosphère, par le truchement de l'effet de serre qu'il provoque. Depuis le début de cette décennie, des groupes de chercheurs se sont préoccupés d'améliorer les connaissances sur cet effet et ont tenté de le quantifier. Les conclusions les plus récentes indiquent qu'une exploitation continue des agents fossiles comme source principale d'énergie pourrait augmenter le contenu de dioxyde de carbone dans l'atmosphère par le facteur 4 à 8 en deux siècles, ce qui pourrait bouleverser complètement le climat terrestre. Les recherches prédisent une augmentation moyenne de température de la biosphère atteignant plus de 6° Celsius au cours du XXI<sup>e</sup> siècle; il en résulterait une fusion partielle des calottes glaciaires provoquant une montée du niveau de la mer d'environ 5 mètres, d'où la perte d'énormes surfaces cultivables et la menace de nombreuses villes, dont New York et Los Angeles. Des modifications météorologiques importantes entraîneraient aussi des conséquences graves pour l'agriculture.

- 14 -

L'Administration américaine de recherche et de développement en matière d'énergie a récemment constitué un bureau spécial pour les effets climatiques du dioxyde de carbone. Ses tâches sont de définir les limites qu'il conviendrait d'imposer à la croissance de la consommation des agents fossiles et de déterminer combien de temps subsiste encore pour prendre des contre-mesures, avant que l'influence du dioxyde de carbone sur le climat ne se manifeste de manière sensible.

Le second problème - de dimension internationale - concerne l'élimination définitive des déchets hautement radioactifs produits dans les éléments combustibles des réacteurs nucléaires à fission.

Dans le cas où, selon la nouvelle politique nucléaire du Président Carter, les éléments combustibles irradiés devraient être éliminés sans retraitement chimique dans des couches géologiques adéquates, le contenu important de plutonium non-brûlé et déchargé ainsi dans la nature impliquerait une durée naturelle du risque d'environ 1 million d'années en raison de la très grande période de désintégration du plutonium. Du point de vue de la prolifération des armes nucléaires, remarquons que le plutonium ainsi stocké constituerait autant de trésors tentateurs pour les générations futures.

Dans le cas où l'on séparerait chimiquement le plutonium des produits de fission, pour le brûler comme combustible, la durée naturelle du risque impliqué par les produits de fission dans des couches géologiques adéquates ne serait plus que de l'ordre de 1000 ans. La durée de la stabilité naturelle des couches géologiques devant être elle-même bien supérieure à celle du risque, il est évident que la seconde alternative est préférable (durée naturelle plus courte du risque et choix plus large de couches géologiques).

- 15 -

Dans les deux cas, il est indispensable que les opérations de stockage géologique soient mises sur pied dans le cadre international dans un délai de 10 à 20 ans. Pour la zone européenne, un nombre de 3 à 4 sites géologiques paraît optimal et l'avis prévalait encore il y a quelques années que les 3 à 4 grands pays nucléaires européens pouvant seuls établir des usines économiquement rentables pour le retraitement chimique des éléments combustibles irradiés, se chargeraient aussi des opérations d'élimination définitive des déchets hautement radioactifs. Or, en raison des difficultés politiques nationales soulevées par les opposants à l'énergie nucléaire dans ces pays, leurs gouvernements sont forcés de postuler la reprise en charge de ces déchets par chaque pays de provenance. Ceci revient à disperser ou diluer le problème, au lieu de le concentrer, comme il serait rationnel. Dans ce secteur, la coopération internationale, tant publique que privée, doit encore faire des efforts considérables pour mettre en oeuvre des solutions collectives et éviter ainsi que l'expansion de l'énergie nucléaire ne soit freinée.

### III. Coût

Il n'est pas possible, dans le cadre de ce bref exposé, d'analyser les multiples données du coût des différentes énergies. Je me bornerai donc aux quelques constatations générales suivantes:

- Pour la production de chaleur (chauffage des locaux ou processus industriels), le pétrole, même au prix actuel, surclasse encore nettement tous ses concurrents classiques et nouveaux.
  - Pour produire de l'électricité, le pétrole est moins compétitif que le combustible nucléaire, mais peut être concurrencé par certains types de charbon, si les centrales sont suffisamment proches des mines de charbon.
  - Pour la majorité des utilisations, l'exploitation du pétrole requiert pour les équipements un investissement en capital inférieur, voire souvent très inférieur, à celui requis par les autres agents classiques et nouveaux.
  - Il s'ensuit que la substitution du pétrole entraîne nécessairement un recours plus large au marché des capitaux. Actuellement, l'ensemble des équipements énergétiques requiert environ 10% du capital disponible sur le marché. On estime que la transition de l'ère pétrolière à l'ère post-pétrolière pourrait solliciter entre 20 et 30% du capital disponible, d'où résulte un frein au développement des activités économiques générales.
  - Une substitution massive et soudaine du pétrole, soit immédiatement - donc trop prématurément -, soit à la fin de sa carrière - donc trop tardivement -, provoquerait un déséquilibre massif du marché des capitaux: ainsi, le passage de l'ère pétrolière à l'ère post-pétrolière devra suivre une ligne optimale selon la sollicitation du capital dans le contexte global du développement économique.
-



Annexe 1DUREE DES RESERVES PROUVEES ET MESUREES DE COMBUSTIBLES  
FOSSILES (ANNEES)

(AU TAUX ANNUEL ACTUEL DE LEUR CONSOMMATION)

	MONDE	OECD
PETROLE	29	5
GAZ	41	12
CHARBON	416	625
ENSEMBLE	196	213

Annexe 2PARTS RELATIVES DES AGENTS ENERGETIQUES

	SUISSE 1950	SUISSE 1975	MONDE 1974
PETROLE	25	75	48
CHARBON (+ GAZ DE VILLE)	42	2	28
GAZ NATUREL	-	4	17
HYDRAULIQUE	21	15	6
BOIS	12	1	?
NUCLEAIRE	-	3	1
	100 %	100 %	100 %

Parts relatives des agents énergétiques consommés en Suisse (en 1950 et 1975) et dans le monde (en 1974).

Annexe 3REPARTITION GEOPOLITIQUE DES RESSOURCES ENERGETIQUESNON-RENOUVELABLES CONNUES (%)

	CHARBON	PETROLE	GAZ	NUCLEAIRE
EUROPE OCCIDENTALE	5	1	19	9
USA + CANADA	20	7	19	57
ZONES COMMUNISTES	56	16	33	?
ZONES EN VOIE DE DEVELOPPEMENT				
- PROCHE-ORIENT	-	59	20	?
- AUTRES	19	17	19?	24
	100 %	100 %	~100 %	~100 %