

**Zeitschrift:** Revue économique franco-suisse  
**Herausgeber:** Chambre de commerce suisse en France  
**Band:** 72 (1992)  
**Heft:** 1

**Rubrik:** Les économies d'énergie en France et en Suisse

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 14.04.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Programme Energie 2000

## Une nouvelle politique énergétique

*Hans-Luzius Schmid, Vice-Directeur  
de l'Office fédéral de l'énergie, Berne*

**E**n acceptant, le 23 septembre 1990, l'article constitutionnel sur l'énergie ainsi que l'initiative du moratoire, et en rejetant l'initiative pour l'abandon du nucléaire, le peuple suisse a provoqué une réorientation de la politique de l'énergie. Le scrutin a clairement montré la voie à emprunter jusqu'en l'an 2000 : poursuivre l'exploitation des centrales nucléaires existantes, mais ne pas en autoriser de nouvelles, et déployer des efforts nettement accrus pour l'utilisation rationnelle de l'énergie et pour le recours aux agents renouvelables

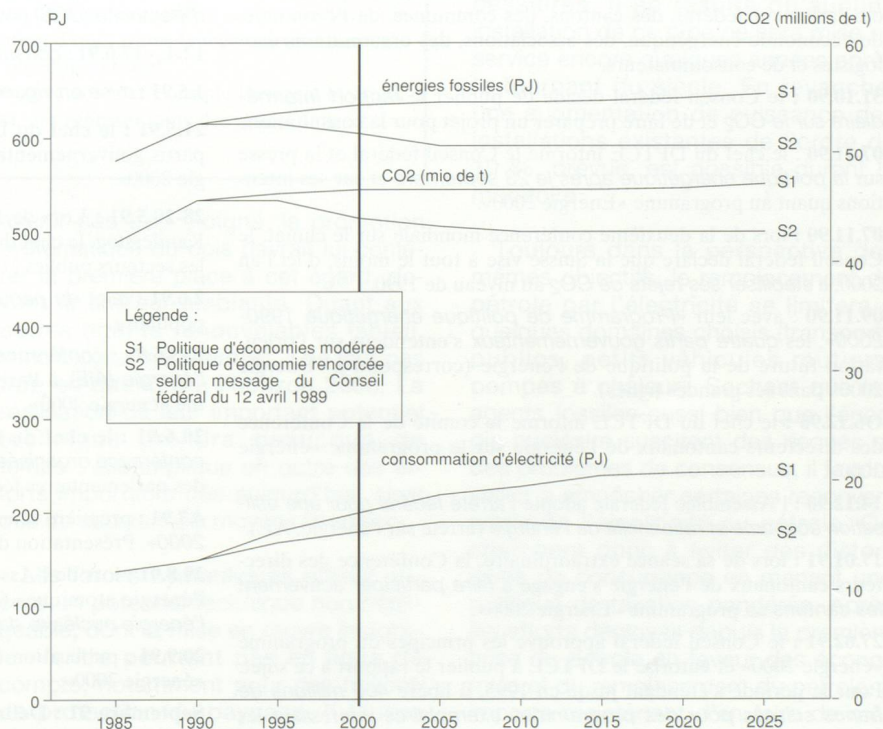
Avec son programme Energie 2000, le Conseil fédéral a réagi rapidement au mandat qui lui était ainsi confié (tableau 1, p. 6). Ce programme comprend des objectifs clairs et il implique certaines mesures (tableau 2, p. 7) ; les structures d'organisation nécessaires ont été mises en place. Le Conseil fédéral et le Parlement ont accordé les premiers moyens personnels et financiers requis, tandis qu'ils adoptaient dans les délais les plus brefs des dispositions légales essentielles (arrêté fédéral sur l'énergie). Les quatre groupes d'action ont commencé leur travail. Des programmes de réalisation sont en voie d'être élaborés.

Pour réaliser ces objectifs, nombre de mesures législatives et d'actions volontaires seront cependant encore nécessaires. Il faut, en particulier, exploiter toutes les possibilités de l'arrêté fédéral sur l'énergie, du Programme de politique énergétique de la Confédération et des cantons, ainsi que les compétences des communes : adopter, sur la base de la future loi fédérale sur l'énergie, un programme d'investissements pour les bâtiments existants ; mettre en œuvre, dans tout le pays, les recommandations du Département fédéral des transports, des communi-

cations et de l'énergie (mai 1989) sur les tarifs des énergies de réseau ; introduire une taxe CO<sub>2</sub> ou bien d'autres taxes d'incitation sur l'énergie ; engager - à tous les échelons - les moyens financiers et le personnel nécessaires, et réaliser des investissements stratégiques à long terme, dans le secteur privé et chez les particuliers.

La condition indispensable au succès du programme Energie 2000 est l'armistice énergétique. Il n'est pas question pourtant qu'une seule opinion doive prévaloir en matière d'énergie. Le débat peut et doit au contraire se poursuivre. Différentes décisions devront être prises d'ici l'an 2000 (par exemple sur des projets tels que le Grimsel et la Dixence, la loi et l'initiative sur la protection des eaux). Elles ne pourront pas forcément convenir à tous les participants. Si certaines d'entre elles contreviennent à l'un ou l'autre des objectifs d'Energie 2000, il ne faut pas que cela compromette tout le déroulement du programme, voire l'armistice énergétique lui-même.

Fig. 1 : Perspectives d'évolution de la consommation d'énergie et des émissions de CO<sub>2</sub>



Sources : Message du 12/4/89 sur les initiatives populaires «Halte à la construction de centrales nucléaires (moratoire)» et «Pour un abandon progressif de l'énergie atomique» (selon Groupe d'Experts scénarios énergétiques).

Ce serait le retour aux débats sur l'énergie nucléaire, qui, l'expérience l'a montré, bloquent tout progrès de la politique énergétique. En cas de décisions contradictoires, il faut plutôt revoir les mesures (et, au besoin, les objectifs) d'Energie 2000 et les adapter.

Les objectifs d'Energie 2000 ne sont pas juridiquement contraignants ; ils ont pourtant une grande importance politique. Le but à atteindre est clair, même si la voie à suivre n'est pas connue dans le détail. L'essentiel est que les efforts en faveur de l'utilisation rationnelle de l'énergie et pour la promotion des agents renouvelables s'intensifient à tous les niveaux ; sur les points controversés, il faut chercher le

dialogue et le maintenir. Energie 2000 doit constituer un forum exemplaire pour ces échanges, afin de faire progresser les esprits.

### GRANDES OPTIONS

Les travaux du groupe d'experts Scénarios énergétiques le montrent ; il devrait être possible de stabiliser d'ici l'an 2000 (après une augmentation initiale), la consommation d'énergies fossiles et le volume des rejets de CO<sub>2</sub> au niveau atteint en 1985 ; quant à la demande d'électricité, elle ne devrait plus guère progresser après le tournant du siècle (fig. 1, p. 5) ; la condition en est cependant que le Conseil

fédéral mène une politique nettement plus vigoureuse d'économies d'énergie, telle qu'il l'a exposée dans son message sur les initiatives en faveur du moratoire et de l'abandon du nucléaire. Ces perspectives se basent sur l'hypothèse d'un important renchérissement des prix de l'énergie (à 60 \$/baril pour le pétrole, d'ici 2005), d'une croissance économique de 1,9 pour cent en moyenne de 1985 à 2025, et d'un accroissement de la population, qui passerait de 6,48 à 6,88 millions de personnes en 2025.

La principale condition de succès est l'utilisation rationnelle de l'énergie, quelle qu'en soit la forme. Tous les secteurs de consommation offrent des

**Tableau 1 : Quelques jalons dans l'année qui à suivi la  
votation du 23 septembre 1990**

**23.09.90 : Votations fédérales**

	<u>Voix (% oui)</u>	<u>Cantons (oui)</u>
◆ Article énergétique	71,1	20 6/2
◆ Initiative pour le moratoire	54,5	17 5/2
◆ Initiative pour l'abandon	47,1	6 2/2

**Après le 23.09.90 :** plus de 100 entretiens du chef du Département fédéral des transports, des communications et de l'énergie (DFTCE) et de l'Office fédéral de l'énergie avec des représentants du Parlement fédéral, des cantons, des communes, de l'économie, de l'économie énergétique, des associations, des organisations écologistes et de consommateurs.

**31.10.90 :** le Conseil fédéral décide de publier le rapport intermédiaire sur le CO<sub>2</sub> et de faire préparer un projet pour la consultation.

**07.11.90 :** le chef du DFTCE informe le Conseil fédéral et la presse sur la politique énergétique après le 23 septembre et sur ses intentions quant au programme «Energie 2000».

**07.11.90 :** lors de la deuxième conférence mondiale sur le climat, le Conseil fédéral déclare que la Suisse vise à tout le moins, d'ici l'an 2000, à stabiliser ses rejets de CO<sub>2</sub> au niveau de 1990.

**09.11.90 :** avec leur «Programme de politique énergétique 1990-2000», les quatre partis gouvernementaux s'entendent sur l'orientation future de la politique de l'énergie (correspond à «Energie 2000» dans ses grandes lignes).

**06.12.90 :** le chef du DFTCE informe le comité de la Conférence des directeurs cantonaux de l'énergie sur le programme «énergie 2000».

**14.12.90 :** l'Assemblée fédérale adopte l'arrêté fédéral pour une utilisation économe et rationnelle de l'énergie (arrêté sur l'énergie, AE).

**17.01.91 :** lors de sa séance extraordinaire, la Conférence des directeurs cantonaux de l'énergie s'engage à faire participer activement les cantons au programme «Energie 2000».

**27.02.91 :** le Conseil fédéral approuve les principes du programme «énergie 2000» et autorise le DFTCE à publier le rapport à ce sujet. Pour la période s'étendant jusqu'en 1995, il libère 400 millions de francs suisses pour des programmes exemplaires intéressant les bâtiments fédéraux et les Chemins de Fer Fédéraux.

**11.3.91 :** le Conseil fédéral a présenté les buts du concept sur la protection de l'air.

**11.4.91 :** la Conférence des directeurs cantonaux de l'énergie approuve, dans ses grandes lignes, le programme «Energie 2000» et notamment le rôle des cantons dans sa réalisation ; il décide de créer, avec la Confédération, deux groupes de travail chargés de formuler la loi fédérale sur l'énergie (domaine du bâtiment) et de mettre en œuvre les recommandations tarifaires du DFTCE.

**25.4.91 :** à Schaffhouse, conférence de presse commune des organisations écologistes avec le DFTCE et l'Union des centrales suisses d'électricité (UCS) pour lancer le projet «L'énergie dans la cité».

**12.4. - 17.6.91 :** consultation relative à l'ordonnance sur l'énergie

**1.5.91 :** mise en vigueur de l'arrêté sur l'énergie

**21.5.91 :** le chef du DFTCE informe les représentants des quatre partis gouvernementaux sur l'avancement des travaux pour «énergie 2000».

**28-29.5.91 :** Lors de la conférence sur la recherche énergétique, à Kandersteg, le chef du DFTCE demande que la collaboration entre les secteurs publics et privés se renforce.

**2.6.91 :** rejet du paquet financier (ICHA sur l'énergie) en votation populaire.

**2.-3.6.91 :** conférence ministérielle de l'Agence internationale de l'énergie (AIE), à Paris. Le chef du DFTCE informe sur le programme «énergie 2000».

**20.6.91 :** le chef du DFTCE présente «énergie 2000» lors d'une conférence organisée par le Forum suisse de l'énergie à l'intention des parlementaires fédéraux.

**4.7.91 :** première séance du groupe d'accompagnement d'«énergie 2000». Présentation de la direction du programme.

**29.8.91 :** lors de l'Assemblée annuelle de l'«Association suisse pour l'énergie atomique» (ASPEA), le chef du DFTCE parle du rôle de l'énergie nucléaire dans le programme «énergie 2000».

**20.9.91 :** publication du premier rapport annuel sur le programme, «énergie 2000».

**Septembre 91 :** Début des travaux des quatre groupes d'action : combustibles, carburants, électricité et énergies renouvelables.

**19.11.91 :** première réunion des groupes de conciliation déchets radioactifs.

**Tableau 2 : Principaux éléments du programme «Energie 2000»**

◆ **Objectif**

Tirer le maximum du moratoire en axant tous les efforts sur les objectifs communs :

- Au moins stabiliser la consommation totale d'agents fossiles et les rejets de CO<sub>2</sub> au niveau 1990 d'ici l'an 2000, puis les réduire
- Atténuer progressivement la croissance de la consommation d'électricité pendant cette décennie, puis stabiliser la demande dès l'an 2000.
- Favoriser les énergies renouvelables : en l'an 2000, apports supplémentaires de 0,5 % à la production d'électricité et de 3 % à la production de chaleur
- Production hydraulique : + 5 %; puissance des centrales nucléaires existantes : + 10 %

◆ **Responsabilités**

Confédération

- Arrêté sur l'énergie, loi sur l'énergie ; éventuellement d'autres textes légaux
- Information, conseils, formation et perfectionnement professionnels, recherche et développement, programmes internes (Office des constructions fédérales, Chemins de Fer Fédéraux, PTT, Institut Paul Scherrer)

Cantons/communes

*Programme de politique énergétique Confédération/cantons*

- Politique énergétique communale renforcée
- Exigences minimales s'appliquant aux bâtiments, programmes de rénovation
- Instruments et formation à l'exécution

Secteur privé et particulier

- Economie énergétique : énergies renouvelables, recommandations tarifaires
- Industrie, artisanat, agriculture, associations professionnelles
- Organisations écologistes et de protection des consommateurs, etc.

◆ **Organisation**

*DFTCE* : objectifs, responsabilités, calendrier, présentation au public

*Groupe d'accompagnement* (tous participants) : information, opérations concertées

*Participants* (environ 70) : projets, opérations, investissements

*Quatre groupes d'action* (combustibles, carburants, électricité, énergies renouvelables) : planification, animation, coordination, suivi et évaluation d'opérations lancées surtout par l'économie et des particuliers pour atteindre leur objectif sectoriel

*Groupes de conciliation* : discussion des sujets controversés (par exemple l'énergie hydraulique, les lignes de transport, les déchets radioactifs) ; les représentants des organes directement concernés cherchent une entente.

potentiels, mais pour réaliser ceux-ci de manière économique, il faut généralement attendre le renouvellement des appareils, installations et véhicules consommateurs d'énergie, au terme de leur durée normale. Des conditions-cadres appropriées seront nécessaires pour que, à ce moment-là, on choisisse un modèle énergétiquement optimal.

Même au prix d'efforts sensiblement accrus, on n'obtiendra d'ici l'an 2000 qu'un rapport modeste des énergies renouvelables, surtout en ce qui concerne la production d'électricité. Ce sera avant tout la mise en œuvre du potentiel à peu près gratuit qui sommeille dans le gaz de digestion et les boues des grandes stations d'épuration (STEP). Les agents renouvelables fourniront un apport un peu plus important à la production de chaleur. Dans un

avenir pas trop éloigné, la promotion systématique du bois devrait lui conférer la première place à cet égard, devant la chaleur ambiante. Quant aux autres agents renouvelables (soleil, vent, biogaz, géothermie), il ne faut pas trop en attendre à l'horizon 2000. La réalisation de leur important potentiel technique prendra beaucoup de temps ; elle implique en outre des efforts importants dès aujourd'hui, ainsi que de substantiels moyens financiers.

Les forces hydrauliques offrent encore un potentiel technique non négligeable, dont la mise en œuvre intégrale n'entre pourtant pas en ligne de compte, notamment pour des raisons de protection du paysage. Il faudra réaliser les possibilités qui peuvent l'être en ménageant l'environnement. La priorité sera donnée à la modernisation et à l'optimisation des installa-

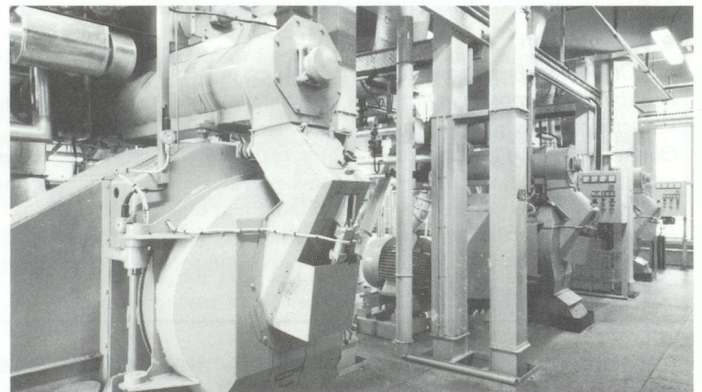
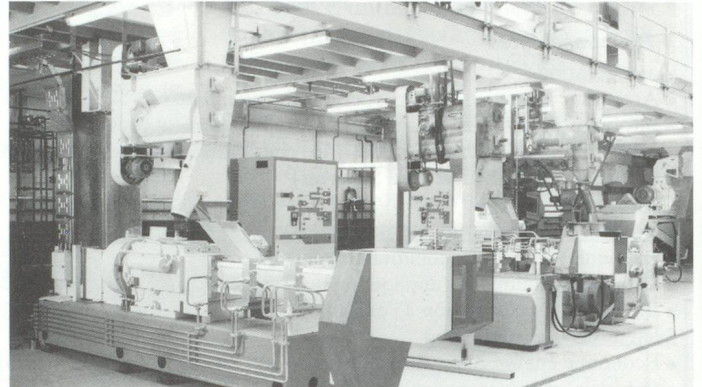
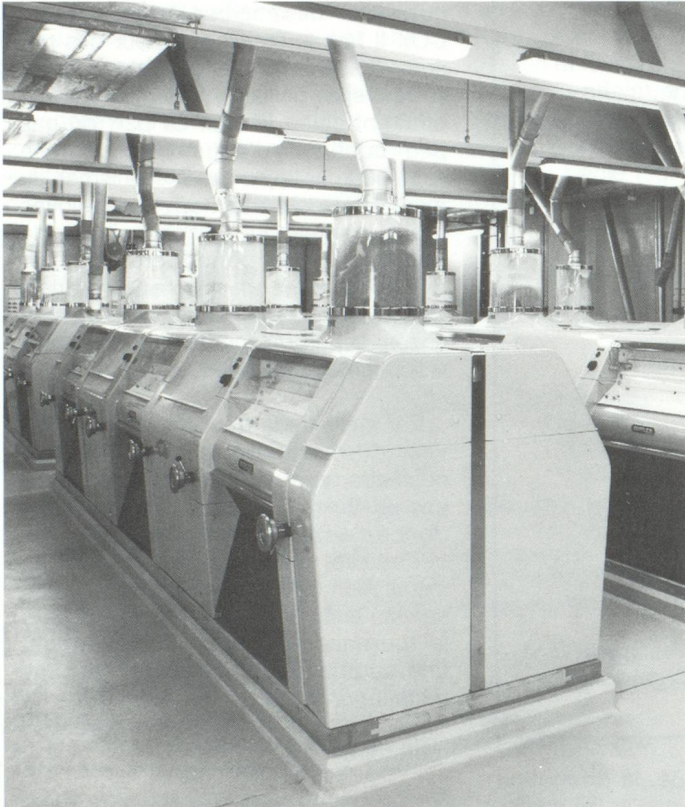
tions existantes, ainsi qu'à la construction et à la remise en état de petits aménagements.

Les possibilités sont également limitées du côté des énergies non renouvelables. Certes, les agents fossiles (pétrole, gaz naturel, charbon) abondent sur le marché mondial, mais il importe d'en amener la consommation à se stabiliser dès que possible, puis à diminuer, pour désamorcer le problème du CO<sub>2</sub>. Il faut le faire aussi pour des raisons de sécurité d'approvisionnement et des rejets polluants, même si ceux-ci diffèrent selon le cas. La part du gaz peut continuer d'augmenter jusqu'en l'an 2000 par le jeu des mécanismes du marché et grâce aux efforts déployés par l'économie. En revanche, il semble que le charbon continuera de jouer dans notre pays un rôle mineur, tandis que le pétrole représentera longtemps encore la part du lion dans notre approvisionnement énergétique.

Par suite de la décision prise en faveur du moratoire, aucune centrale nucléaire nouvelle ne peut être autorisée en Suisse pendant dix ans. Etant donné l'ampleur des préparatifs nécessaires, il en résulte qu'aucune installation de ce type ne sera mise en service encore quelques années après le tournant du siècle. En revanche, une augmentation de puissance des installations existantes de l'ordre de 10 %, prévue, est possible durant le moratoire.

Toujours dans la perspective des mêmes objectifs, le remplacement du pétrole par l'électricité se limitera à quelques domaines choisis (transports publics, petits véhicules routiers, pompes à chaleur). Sachant que les agents fossiles aussi bien que l'énergie nucléaire suscitent des risques et des problèmes de consensus, il faudra veiller à empêcher certaines reconversions de l'électricité au pétrole. On cherchera donc à éviter des distorsions de concurrence en menant une politique de taxation pondérée. Après les efforts déployés depuis la première crise du pétrole en faveur des économies et du remplacement du pétrole, il importe maintenant d'en faire de même pour les autres énergies. La priorité absolue va en effet à l'utilisation rationnelle de toutes les ressources disponibles. ■

**Machines - installations - assistance**  
**technique - formation du personnel -**  
**pour les industries de**  
**transformation et de fabrication**



**Buhler est un groupe international de construction de machines et d'installations pour les secteurs suivants:**

- Meunerie pour céréales, riz et avoine
- Aliments pour animaux
- Pâtes alimentaires
- Traitement du café et du cacao, fabrication de chocolat
- Produits alimentaires spéciaux, couscous, huiles de table, malterie/brasserie
- Technique de manutention, méthodes et génie chimique, installations de production de caoutchouc
- Encres d'imprimerie, peinture et enduits
- Installations de coulée sous pression avec fonderie propre
- Technique de l'environnement
- Automatismes et électronique industrielle

**Buhler S.à.r.l.**  
Tour Aurore, Cedex no5  
92080 Paris/Défense 2  
Tél.: 47 786 081, Fax: 47 736 842  
Télex: 620 833



**BUHLER**

**Buhler - Le futur à votre portée**

## La maîtrise de l'énergie : une volonté des Pouvoirs publics de réduire la dépense énergétique

*Didier Bossebœuf, Economiste, Service Economie,  
Evaluation, Documentation de l'Agence de l'Environnement  
et de la Maîtrise de l'Energie, Paris*

**L**a France est souvent citée comme un des rares pays ayant construit et mené une véritable politique de maîtrise de l'énergie afin de réduire son taux de dépendance énergétique. Dès 1974, en réponse au premier choc pétrolier, le gouvernement français affiche deux axes clairs de politique énergétique. Le développement de l'énergie nucléaire et les économies d'énergie.

Ceci s'est immédiatement traduit par une loi sur les économies d'énergie, une réglementation thermique et la création de l'Agence pour les Economies d'Energie (AEE), celle-ci conçoit et met en œuvre les différents moyens incitatifs, réglementaires et législatifs du gouvernement français. Au moment du second choc pétrolier, l'AEE voit ses moyens renforcés par l'instauration d'une taxe parafiscale sur les hydrocarbures. En 1982, les actions envers les utilisateurs se sont accentuées et sont devenues décisives pour contrôler l'évolution de la consommation énergétique du secteur, avec la création de l'Agence Française pour la Maîtrise de l'Energie (AFME), conçue par les Pouvoirs publics pour définir, implanter et diffuser la politique de maîtrise de l'énergie. De nouveaux instruments sont alors mis en place : le Fond Spécial de Grands Travaux (FSGT) destiné à financer les investissements de maîtrise de l'énergie dans l'industrie, l'habitat et le tertiaire, une nouvelle réglementation thermique dotée d'importants moyens financiers (budget culminant à 2,6 milliards de francs). Le troisième acte débute avec l'effondrement des prix du pétrole, début 1986, et l'accentuation de la politique libérale en France. L'AFME, dont le budget n'est plus que de 450 millions de francs, s'adapte et stoppe les aides à

l'investissement et les facilités fiscales et réduit ses moyens d'intervention. La prise de conscience de ce phénomène, l'irruption des problèmes environnementaux et la remontée des prix du pétrole en 1989, se sont conjuguées pour relancer la politique de maîtrise de l'énergie avec la création en 1990 de l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME).

La relative aisance avec laquelle la France a pu mettre en place sa politique d'économie d'énergie s'explique, en partie, par la tradition de très forte intervention de l'Etat dans le système énergétique et une doctrine économique qui fait une place importante aux interventions de l'Etat dans l'économie.

### LES AXES D'ACTION, MOYENS ET PROCÉDURES : UN ÉVENTAIL LARGE

**L**es actions mises en place couvrent un large éventail d'instruments : législation, réglementation, aide à l'investissement, programme de recherche, développement d'une offre performante, information et communication... Selon les caractéristiques des secteurs consommateurs, les actions se sont appuyées sur tout ou partie des instruments.

### ◆ L'industrie

Dans ce secteur, principalement trois stades d'incitation financière ont été menés. La Recherche & Développement, les Opérations de Démonstration et l'Aide à l'Investissement, au travers du dispositif FSGT.

#### Recherche et Développement

Le principal thème d'intérêt a porté sur les échanges thermiques. Parmi les autres thèmes de Recherche & Développement, on peut distinguer :

- L'utilisation rationnelle de l'électricité dans les procédés industriels
- Les procédés industriels énergivores
- La combustion industrielle

D'autres thèmes divers touchant aux moteurs et turbines, aux pompes à chaleur et équipements de cogénération ont été menés.

#### Opérations de Démonstration

Le bilan 1984-89 des Opérations de Démonstration, soutenues par l'AFME, fait ressortir 145 opérations pour un financement de 267 MF et des économies d'énergie de 365 000 tep. Les investissements réalisés s'élèvent à 2,42 milliards de francs. Les principaux thèmes sont : la récupération d'énergie, les conversions d'énergie, les procédés nouveaux, l'optimisation-gestion, l'utilisation rationnelle de l'énergie, le traitement des déchets, le séchage.

La comparaison entre les opérations réalisées entre 1974 et 1989 et entre 1984 et 1989 montre le poids croissant de la sidérurgie, la métallurgie, la fonderie, les autres secteurs importants restant au même poids relatif.

Les années 1990-91 ont été caractérisées par une chute importante des moyens consacrés aux Opérations de Démonstration.

#### L'aide à l'investissement FSGT

Entre 1984 et 1986, les soutiens financiers ont été de 1,03 milliard de francs, pour un montant d'investissement de 6,4 milliards de francs. Ceci correspond à 3 100 opérations individuelles. On évalue à 625 000 tep les

économies d'énergie et 900 000 tep les tep substituées au pétrole. Plus récemment, 2 600 opérations ont été réalisées respectivement en 1987 et 1988, pour un montant d'investissement de 2,2 milliards de francs et 1,01 milliard de francs. Elles ont permis d'économiser 630 000 tep et 930 000 tep substituées.

### ◆ L'habitat-tertiaire

Les actions lourdes menées dans l'habitat ont porté sur la réglementation thermique, les subventions à l'investissement (FSGT), les déductions fiscales, la Recherche-Développement et la réalisation d'aides à la décision.

### Mise à disposition d'outils d'aide à la décision

De 1983 à 1987, 420 MF d'aides aux diagnostics thermiques ont été distribués dans le résidentiel-tertiaire. Ils ont touché 2,8 millions d'équivalents logements, induisant 20 milliards de francs de travaux et une économie annuelle de 1,5 Mtep. Plus récemment, l'AFME a proposé «le conseil d'orientation énergétique» (COE) sous la forme d'études plus simples, plus rapides et moins coûteuses, orientées vers les collectivités locales et le tertiaire.

### Les déductions fiscales ou déductions d'impôt sur le revenu

Initiées en 1982, modifiées en 1986, stoppées en 1987, les déductions fiscales ont été rétablies en 1990 afin de favoriser les travaux d'économie

d'énergie dans le logement. De 1983 à 1986, les déductions d'impôt ont permis la réalisation de 29 milliards de francs de travaux et une économie d'environ 2,9 Mtep/an.

### Les subventions à l'investissement (FSGT)

Elles ont été orientées essentiellement dans le secteur de l'habitat social.

### La réglementation thermique

La réglementation thermique dans l'habitat neuf s'est renforcée en trois étapes. Une première étape réglementaire en 1974, définissant des exigences d'isolation. En 1982, une nouvelle réglementation complète celle mise en vigueur, en tenant compte des apports gratuits de chaleur (-25 % de consommation unitaire par rapport à 1974). En 1985, nouveau renforcement des exigences sur l'enveloppe des logements, mais aussi sur les rendements des installations thermiques. Toutes les opérations de cette nouvelle norme entraînent une réduction des consommations unitaires de moitié par rapport à 1974.

### La recherche

Les principaux thèmes de recherche récents ont porté sur les enveloppes et les matériaux, l'amélioration des générateurs et des systèmes thermiques et aérauliques. Au total, en 1989 et 1990, 53 MF ont été consentis au titre de la recherche.

### ◆ Les transports

Première réponse au premier choc pétrolier de 1973, les actions ont été principalement ciblées sur l'amélioration des comportements des automobilistes, au travers de grandes campagnes de sensibilisation (campagnes Anti-Gaspi, Bison futé). La création de l'AFME a renforcé considérablement le dispositif d'action.

### La réglementation

Contrairement à d'autres secteurs, la réglementation (limitation de vitesse, affichage des consommations conventionnelles) est relativement limitée dans ce secteur.

### La politique d'incitation directe (1982-86)

Sur la période, 100 MF ont été alloués à la subvention d'investissement directe, engendrant environ 500 MF d'investissement.

- Audit énergétique : environ 800 audits ont été réalisés, mettant en évidence des gains de 15 %
- Les contrats d'entreprise : ces plans pluriannuels ont fait l'objet d'une procédure contractuelle au travers de contrats négociés avec les partenaires. Près de 400 contrats ont été réalisés permettant d'économiser de 15 à 18 % pour un temps de retour raisonnable de 2,5 ans.
- L'aide aux installations territoriales embranchées : près de 70 installations ont été réalisées pour une aide moyenne de 15 %
- Actions auprès des automobilistes : des actions d'information des automobilistes et des actions en faveur du contrôle de la carburation et de l'allumage des voitures par la mise en place de centres de diagnostic ont été réalisés.

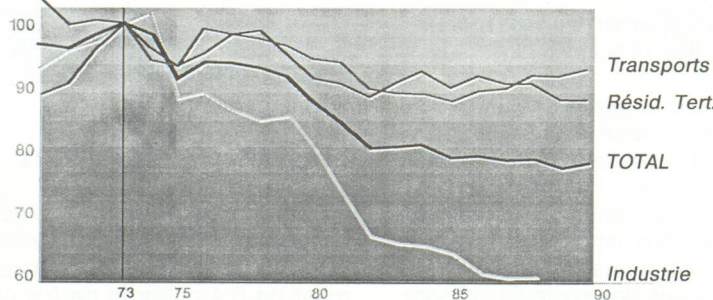
### Recherche & Développement

C'est l'axe le plus important dans ce secteur. Dès 1980, de grands programmes de recherche ont été lancés avec les constructeurs automobiles.

- EVE (Renault) et VERA (PSA), le programme trois litres, VESTA et ECO

### Intensité énergétique 1973-1990

*L'intensité énergétique a fortement décroché en France : - 20 %  
- 40 % dans l'industrie  
- 11 % dans le résidentiel - tertiaire...  
si l'on compte l'électricité en équivalence à la production*



Intensité énergétique : consommation finale / PIB France 1980  
© Service économique DATAMED

2000. Ces derniers ont dépassé les objectifs assignés en matière de consommation : 2,8 l/100 km pour l'essence ; 2,4 l/100 km pour le diesel. Les retombées industrielles ont été importantes sur l'ensemble des voitures neuves vendues en France, puisque les consommations ont baissé de 25 % depuis 1975.

- Le programme de véhicules industriels VIRAGES pour les poids lourds.

**La réorientation de la politique transport à partir de 1987**

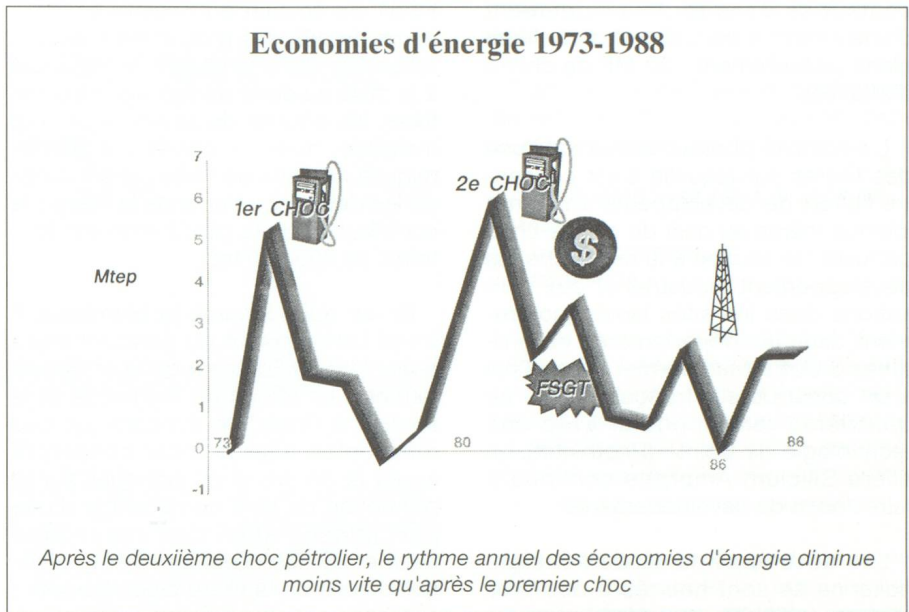
La modification du contexte énergétique et les poussées environnementales ont conduit à réajuster la politique, dans le cadre de nouveaux projets :

- Le programme voiture propre et économique, programmes EUREKA (Védilis, Agata...)
- L'amélioration de la gestion de la circulation routière : mise au point de capteurs et de logiciel de régulation (CARMINAT, PROMETHEUS)
- L'amélioration de l'attractivité des autres modes de transport, TGV du futur, transports combinés (programme COMMUTOR [SNCF...])

**LES RÉSULTATS : 34 MTEP ÉCONOMISÉES DEPUIS 1973**

**A**u niveau macro-économique, la politique de maîtrise de l'énergie, menée depuis 1984, a permis de *dissocier durablement l'évolution de la consommation d'énergie et la croissance économique.*

*L'intensité énergétique* (rapport de la consommation finale sur le PIB F 1980) a décru de plus de 23 % de 1973 à 1990. Si l'on comptabilise l'électricité en équivalence à la consommation, elle aurait décru de 35 %. Ce découplage de la croissance économique et de la consommation prend des allures différentes selon les périodes : sur l'ensemble de la période, l'intensité énergétique a baissé à un rythme annuel de 1,5 % par an. Par contre, depuis le contre-choc pétrolier, on constate un ralentissement de la baisse (0,5 % par an en moyenne).



On constate des évolutions très contrastées par secteur. C'est dans l'industrie où l'on a connu les gains les plus spectaculaires (- 40 %) comparé à ceux du secteur résidentiel-tertiaire (-11,5 %) et ceux du transport (- 7 %). Quel que soit le secteur, la baisse de l'intensité énergétique se ralentit sur les périodes récentes ou même recroît (transport).

Mais cet indicateur reste trop abrégé et rend difficilement compte des effets de structure. On estime à 34 Mtep les économies d'énergie annuelles réalisées en France hors effet de structure. En d'autres termes, si la France avait aujourd'hui les mêmes consommations unitaires (par logement, par voiture... ) et le même comportement qu'en 1973, elle consommerait 34 Mtep de plus, dont une large fraction en produits pétroliers.

Au prix actuel du pétrole, ceci représenterait un surcoût de 32 milliards de francs d'importation, soit 3,3 % de ses importations. Parmi ces 34 Mtep, on considère que 28 Mtep ont été économisées grâce à des actions structurelles (aide à l'investissement, recherche, réglementation), le solde étant lié aux comportements.

Cependant, on assiste, depuis le contre-choc pétrolier, à un ralentissement du rythme des économies d'énergie.

**LES ÉNERGIES RENEUVELABLES**

**L**es énergies renouvelables apportent en France une contribution notable au bilan énergétique au travers notamment de l'hydraulique (16 ktep) et du bois combustible (9,5 Mtep).

L'effort de développement et de promotion des énergies renouvelables, depuis le premier choc pétrolier, est passé par une phase très active avant le contre-choc pétrolier, période pendant laquelle la France était l'un des pays leader du développement technologique, puis avec la baisse des prix de l'énergie une phase de contraction des efforts autour de quelques filières les plus prometteuses et une réduction de leur priorité relative au sein de la maîtrise de l'énergie ; les enjeux environnementaux liés à la mise au point de technologies de production d'énergie propres et n'accroissant pas les émissions de gaz à effet de serre conduisent aujourd'hui à renforcer la priorité affectée aux énergies renouvelables.

L'expérience importante accumulée dans le domaine de la thermodynamique solaire (centrale Themis) n'a pu être valorisée en raison du contexte économique et les coûts d'expérimentation élevés ; par contre le solaire thermique basse température s'est

concrétisé dans le développement d'une industrie française des capteurs plans (actuellement 150 MF de chiffre d'affaires).

L'électricité photovoltaïque est l'une des filières sur laquelle s'est concentré l'effort de développement technologique même au delà du contre-choc pétrolier ; le soutien à la recherche, au développement industriel et aux utilisations dans les sites isolés (notamment dans les départements et territoires d'Outre-Mer) permet aujourd'hui à un constructeur français d'être au quatrième rang mondial avec une technologie de pointe (Photowatt). La filière Silicium Amorphe continue à faire l'objet de développements.

Les développements de l'énergie éolienne se sont heurtés à des problèmes de fiabilité et au faible espace économique national pour la production décentralisée d'électricité.

La France ne dispose pas sur son territoire métropolitain de ressources géothermiques à haute enthalpie, mais les nappes d'eau chaude du DOGGER en Région Parisienne ont conduit à installer plus de soixante doublets géothermiques pour le chauffage de logements (procédure

FSGT de soutien à l'investissement) ; après de difficiles problèmes d'exploitation liés aux colmatages des puits et à la mise au point de techniques curatives, les défauts de jeunesse ont été maîtrisés, mais les conditions économiques des prix de l'énergie ont stoppé les développements de la filière ; la contribution de la géothermie est toutefois de 200 000 tep.

En ce qui concerne la biomasse, il s'agit certainement du principal enjeu quantitatif en France à court et moyen termes. Les efforts de recherche et le soutien à l'insertion économique des différentes filières s'est concentré après le contre-choc pétrolier sur la promotion du bois combustible d'une part (amélioration des chaudières bois) et sur les développements technologiques de la filière biocarburants ; actuellement, les filières «éthanol» et «diester» permettent d'incorporer des produits oxygénés en mélange à l'essence grâce à une fiscalité adaptée ; à plus long terme, la filière par fermentation biologique de substrats lignocellulosique développée en France est susceptible d'améliorer les rendements et les coûts. Le problème de la déprise des terres agricoles en France comme dans le reste de l'Europe constitue un enjeu pour le développe-

ment des utilisations industrielles et énergétiques de la biomasse.

Ce constat en demi-teinte dans le développement des énergies renouvelables montre que la recherche technologique gagne à s'appuyer sur des niches de marché à court et moyen termes, mais que les enjeux des énergies renouvelables nécessitent une persévérance vis à vis du long terme.

**La politique de maîtrise de l'énergie menée par la France a prouvé son efficacité. Le bilan de 15 années d'expérience française montre la nécessité de couvrir l'ensemble des instruments à sa disposition (réglementation, Recherche & Développement, soutien à l'investissement) car les forces du marché, à elles seules, ne sont pas susceptibles de répondre à l'enjeu. Il reste cependant encore beaucoup à faire ; on estime le gisement potentiel exploitable à 25 Mtep et à 10 Mtep la contribution supplémentaire des énergies renouvelables à l'horizon 2005/2010. La poursuite des efforts de maîtrise de l'énergie constitue la réponse préventive la plus rationnelle face au défi énergétique et environnemental.** ■



**Etudes économiques  
Conception  
Réalisation**

**De l'APS à la réalisation  
clés en main.**

**Réf. Suisse : Participation au forage géothermique  
de Riehen (Canton de Bâle)**

**MAINTENANCE  
FORAGE  
GEOTHERMIE  
HYDROELECTRICITE**

CFG - Groupe BRGM - Avenue de Concyr - BP 6429 - 45064 ORLEANS CEDEX 2 - FRANCE

Tél. (33) 38 64 31 22 - Telex CFG ORL 782343 F - FAX (33) 38 64 32 83

# La valorisation des déchets en France

**Yves Chainet**

*Directeur Général de l'Institut Français de l'Energie, Paris*

**N**os sociétés industrialisées accordent un intérêt croissant aux problèmes de l'environnement. Celui des déchets est particulièrement d'actualité : la nécessité d'y remédier se fait jour devant le volume croissant des déchets produits ; et la pression réglementaire européenne oblige à trouver des solutions rapides.

Cet article présente la situation française : les résultats en matière de valorisation des déchets, les défis à relever et les projets du gouvernement.

## LA PRODUCTION DE DÉCHETS EN FRANCE

Dans le cadre de sa mission, l'ex-ANRED (devenue ADEME : Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie) a entrepris des inventaires des flux de déchets en France. En ce qui concerne les **déchets urbains**, le 5ème inventaire donne la situation telle qu'elle se présentait au début de l'année 1990. Les statistiques disponibles sur les **déchets industriels** sont moins récentes. L'ANRED a entrepris, dès sa mise en place en 1976, une série d'inventaires sur les déchets industriels par régions, par branches industrielles et par produits. Une synthèse d'ensemble des résultats de ces inventaires a été établie en 1979. Une actualisation des résultats de cette enquête est en cours actuellement. Le tableau suivant présente une estimation actuelle de la production de déchets français.

## LES ORDURES MÉNAGÈRES

Depuis la loi-cadre du 15 juillet 1975 (aujourd'hui modifiée par la directive européenne du 18 mars 1991), ce sont les communes qui ont

la charge de l'élimination des déchets urbains. Actuellement, le mode d'éli-

mination le plus utilisé est la filière de mise en décharge.

Parmi les filières de valorisation des déchets des ménages, trois sont principalement retenues :

- l'incinération avec récupération de chaleur
- le tri-compostage,
- le recyclage

Cette dernière filière permet d'une part de récupérer des matières premières, d'autre part, d'économiser l'énergie nécessaire pour les produire. Le recyclage peut donc être considéré, dans une certaine mesure, comme méthode de valorisation énergétiquement.

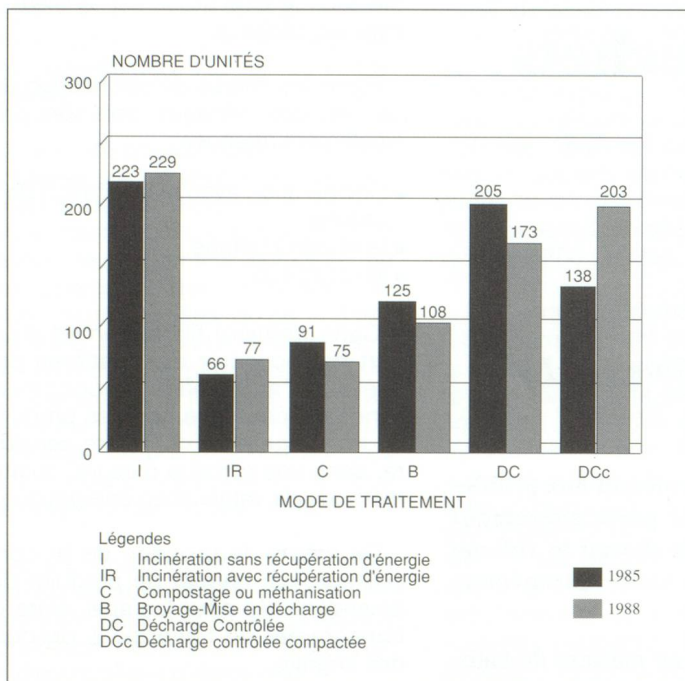
De même, le procédé de tri-compostage, qui permet de produire des amendements pour les sols, évite de consommer de l'énergie à produire des engrais.

Avant d'examiner chacune de ces filières, il est intéressant de comparer la part des ordures ménagères traitées par ces procédés avec la part des ordures ménagères éliminées en décharge.

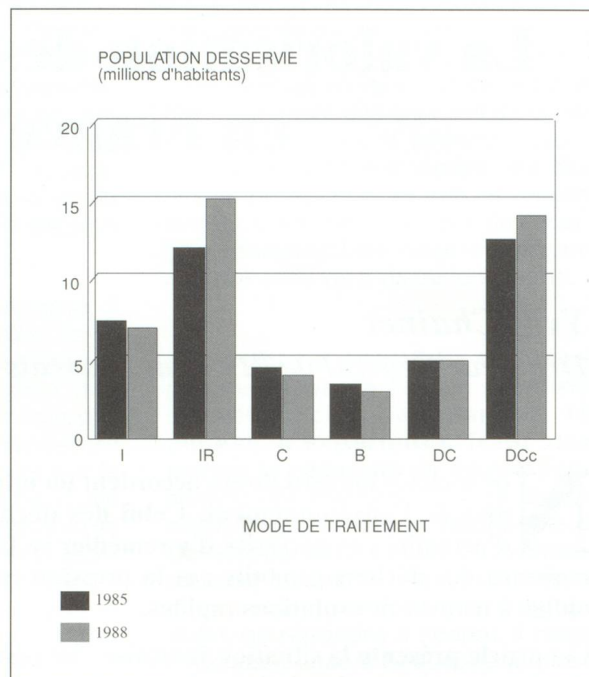
**Tableau 1 :** Estimation de la production annuelle de déchets en France (Les chiffres clés de l'ANRED - 1989) - Source : ANRED [4]

Type de déchets	en million de tonnes	
<b>Déchets ménagers</b>	Gisement	29
- ordures ménagères		20,5
- déchets encombrants		3,0
- véhicules usagés		1,4
- déchets des espaces verts		1,5
- boues provenant des eaux usées		3,0
<b>Déchets industriels</b>	Gisement	150
- déchets inertes		100
- déchets banals		32
- déchets dits spéciaux (dont déchets toxiques)		18 (2)
<b>Déchets organiques</b>	Gisement	400
- déjections d'élevages		280
- déchets de culture		63
- déchets de forêts et de bois de rebus (hors déchets industriels)		7
- déchets agro-alimentaires		50
<b>Total</b>		<b>579</b>

# Les économies d'énergie en France et en Suisse

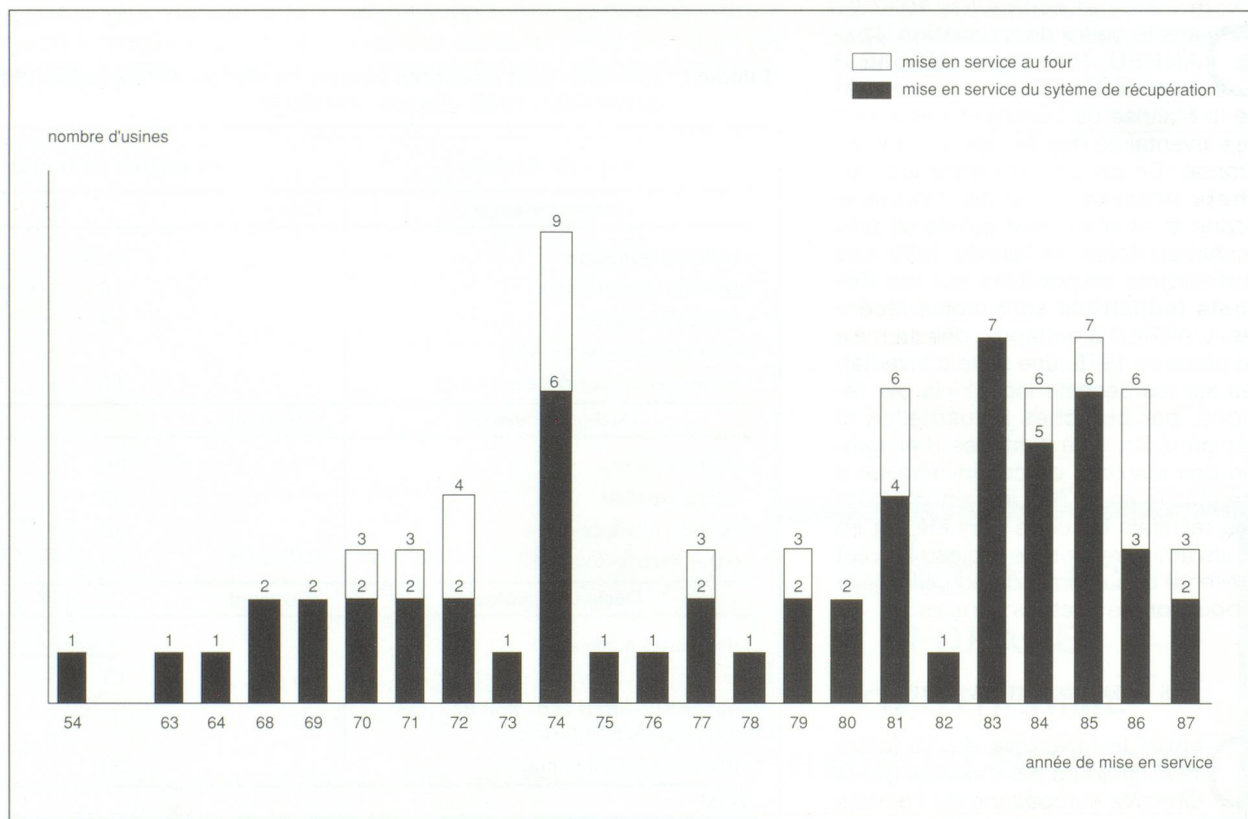


**Figure 1 :** Evolution du nombre d'unités de traitement d'ordures ménagères, usines et décharges (> 10t/j 1985-1989). Source [7]



**Figure 2 :** Evolution de la population desservie par mode de traitement des ordures ménagères, unités et décharges (> 10t/j 1985-1989). Source [7].

**Figure 3 :** Evolution des mises en service des usines d'incinération d'ordures ménagères avec récupération d'énergie. Source [2]



## □ Quelques statistiques

Le tableau 2 (ci-contre) donne la part des principaux procédés de valorisation et d'élimination des ordures ménagères.

Ces données montrent la faible proportion des tonnages traités dans des unités de valorisation : la mise en décharge reste en effet le mode d'élimination des ordures ménagères le plus pratiqué (41,2 %). De plus ce pourcentage est sous-évalué puisque tous les autres procédés génèrent des résidus (déchets ultimes), conduits à leur tour en décharge. En fait, on estime à 60 % la part réelle de la production éliminée en décharge.

Cette répartition repose en grande partie sur des motifs d'ordre financier. Le tableau 3 donne les coûts observés des différents traitements. Ces coûts comprennent l'exploitation et l'amortissement des installations avec déduction des recettes éventuelle dues à la valorisation. Une enquête plus fine est en cours auprès de 700 collectivités locales ; les résultats seront publiés à la fin de cette année.

## □ Incinération avec récupération de chaleur

L'incinération est le procédé permettant la plus grande réduction du volume à éliminer. La combustion doit être menée correctement afin de satisfaire aux normes de rejet dans l'atmosphère définies par l'arrêté du 25 janvier 1991 en application des récentes directives européennes.

La part de l'incinération avec récupération de chaleur s'est nettement

**Tableau 2 : Modes de traitement des ordures ménagères en France. Source ANRED [7]**

Mode de traitement 1989	Nombre d'unités	Population desservie	% population desservie	Tonnage ordures traitées (000T)	% des tonnes traitées
<b>Valorisation</b>					
Incinération avec récupération d'énergie*	90	15 963	28	5 586,00	30,2
Compostage**	76	4 299	8	1 314,00	7,1
<b>Sous-total</b>	<b>166</b>	<b>20 262</b>	<b>36</b>	<b>6 900,00</b>	<b>37,3</b>
<b>Elimination</b>					
Incinération simple	229	7 458	13	2 125,00	11,5
Broyage et mise en décharge	108	3 680	6	1 077,00	5,8
Décharge contrôlée simple***	1 042	7 536	13	2 439,00	13,2
Décharge contrôlée compactée	203	14 618	26	5 966,00	32,2
<b>Sous-total</b>	<b>1 582</b>	<b>33 319</b>	<b>58</b>	<b>11 607,00</b>	<b>62,7</b>
<b>Total général</b>	<b>1 748</b>	<b>53 581</b>	<b>94</b>	<b>18 507,00</b>	<b>100</b>

\* Unités de pyrolyse et de fabrication de combustibles dérivés des déchets incluses.  
 \*\* Unités de méthanisation incluses  
 \*\*\* incluant 869 décharges recevant moins de 10 t/j desservant 1 776 000 habitants

améliorée ces dernières années : c'est la technique ayant la plus forte progression depuis 1975. Elle traite actuellement 30 % des ordures ménagères collectées, alors qu'elle n'en traitait que 26 % en 1985. (Voir figures 1 et 2 : l'évolution de la part des différents modes de traitement entre 1985 et 1989 et figure 3 : l'évolution des mises en services des usines d'incinération avec et sans récupération d'énergie).

- Cette évolution a été favorisée par :
- une augmentation de la taille des unités due en particulier au regroupement communal en syndicat.
  - un abaissement du seuil de rentabili-

té de la récupération d'énergie jusqu'à 3 t/h due à l'optimisation de la combustion et à une meilleure adaptation des chaudières.

La production de chaleur par les usines d'incinération est de 650 000 tep dont près de 30 %, soit 200 000 tep sont dissipées dans l'atmosphère faute de débouchés ; les 450 000 tep réellement récupérées sont soit autoconsommées (environ 15 %), soit vendues à des réseaux de chaleur ou à des industriels. Le tableau 4 donne la répartition des unités par type d'utilisation ; les principales utilisations sont les réseaux de chaleur (voir l'exemple de l'UIOM de Nantes, encadré Source [1].

**Tableau 3 : Coût des différents traitements (en francs TTC 1989 par tonne) - Source: ANRED [3]**

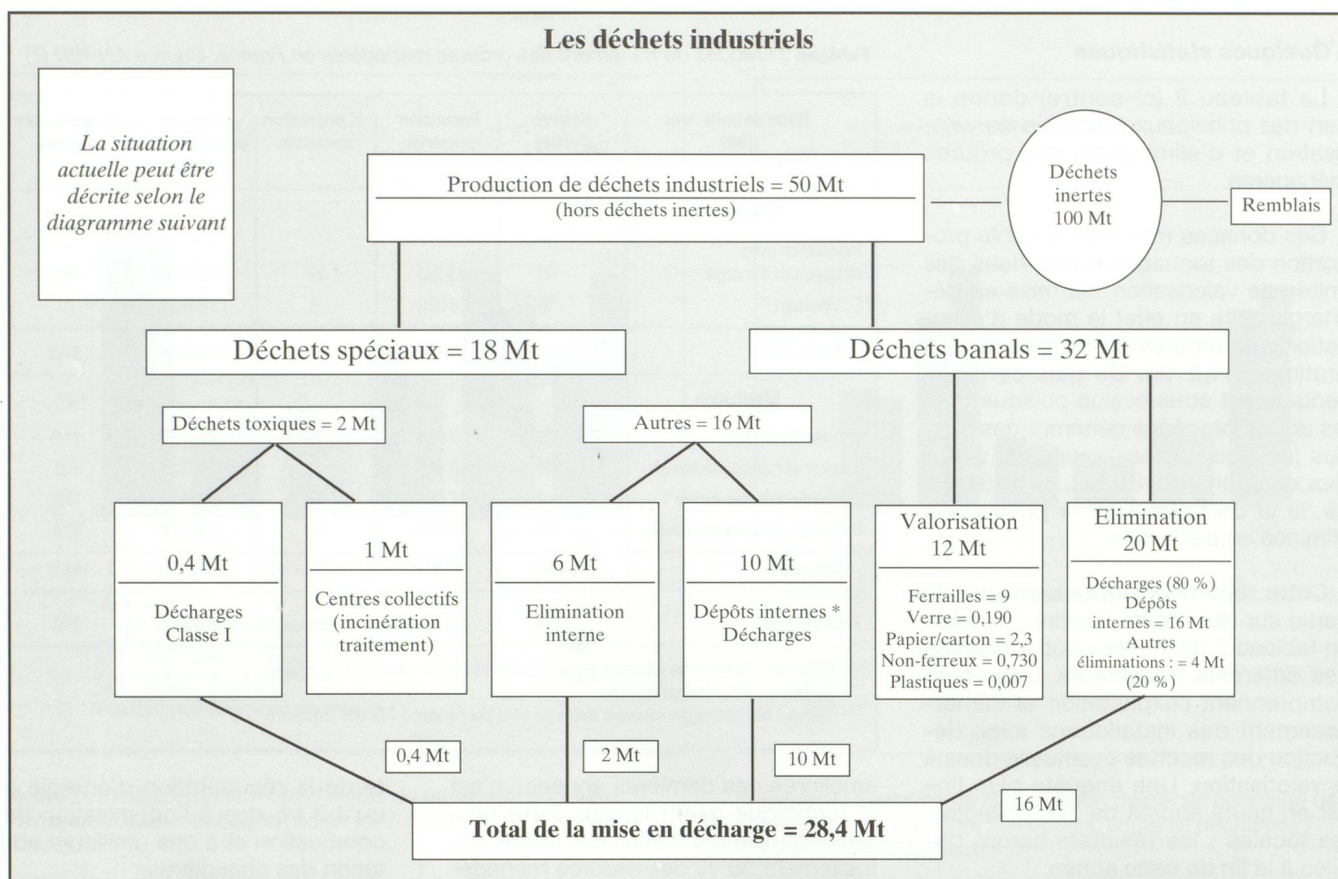
Modes de traitement	Coûts observés (F/t)		
	Mini	Maxi	Moyen
Incinération simple	80	270	170
Incinération avec récupération d'énergie	96	253	165
Compostage lent	100	175	132
Compostage accéléré	110	260	176
Broyage et mise en décharge	66	196	116
Décharge contrôlée	35	100	63
Décharge contrôlée compactée	35	100	63

### UIOM de Nantes

**Maître d'œuvre :** COFRETH principalement  
**Constructeur :** CNIM  
**Capacité :** 120 000 t/an  
**Combustibles :** déchets urbains  
 charbon pulvérisé

**Equipement**  
 2 fours Martin - puissance unitaire 9,5 t/h  
 2 chaudières - puissance unitaire 13 MW  
 puissance de sortie 13,7 MW déchets seuls  
 18,7 MW déchets + charbon

2 brûleurs à charbon pulvérisé de puissance unitaire 5 MW  
**Récupération de chaleur :** 36 MW d'eau surchauffée à 180°C  
**Utilisateurs :** réseau de chaleur de la ZUP de Beaulieu-Malakoff, établissements publics et privés du centre ville : CHU, gare...



**Tableau 6 :** les déchets industriels. Source [10]

\* Estimations approximatives des flux faisant l'objet de traitements. Source ANRED

	Tonnages 1990	Tonnages 1989	Taux d'utilisation	Exports
<b>Ferrailles</b>	9 700	9 800	38 %	3 700
<b>Métaux non-ferreux dont :</b>				
♦ aluminium	305	284	30 %	150
♦ cuivre et alliages	280	150	32 %	161
♦ plomb	176	139	61 %	10
♦ zinc	69	156	24 %	19
<b>Papiers et cartons</b>	3 300	3 100	47 %	519
<b>Verre</b>	906	704	38 %	60
<b>Plastiques</b>	100	100	1 %	59

**Tableau 7 :** Activité de la Récupération en 1990.

Source : FEDEREC et ANRED [9]

□ **Le tri-compostage**

Ce procédé permet de valoriser environ 50 % des déchets en compost utilisable pour l'amendement des sols, soit par fermentation en plein air (compostage lent), soit en enceinte fermée (compostage accéléré). En juin 1986, l'ANRED a créé la marque NF "compost urbain" avec deux classes A et B, qui impose au compost certaines spécifications en ce qui concerne la granulométrie et la teneur en impuretés et en métaux lourds.

A titre de remarque, on peut citer un autre procédé, de valorisation énergétique, pour l'instant tout-à-fait marginal : la méthanisation. Ce procédé, tel que VALORGA, consiste en une fermentation - anaérobie cette fois - dans un digesteur, pour produire du biogaz.

□ **Recyclage**

Le recyclage s'effectue à la source (collecte sélective) ou après la collecte (dans les déchetteries ou dans les usines d'incinération).

● **collecte sélective**

Dans la plupart des villes françaises, seul le verre est collecté séparément - son taux de recyclage est de 25% -, et le reste des déchets est incinéré. Le verre n'étant pas combustible, son recyclage n'influe pas sur la quantité de chaleur récupérée à partir de la combustion des déchets.

En revanche, un tri à la source généralisé peut modifier la quantité d'énergie récupérée dans l'usine, puisque, par exemple, les papiers et cartons récupérés ont un PCI (Pouvoir Calorique Inférieur) élevé.

L'association AMORCE a étudié le cas de la ville de Dunkerque, où une collecte sélective est pratiquée actuellement uniquement auprès de l'habitat individuel (cf. tableaux 4 et 5).

● **Tri après collecte**

Des centres de regroupement de déchets dits "déchetteries" se mettent en place ; ils sont chargés de procéder à un tri et à une orientation des déchets. Ils devraient favoriser le recyclage.

**DÉCHETS INDUSTRIELS**

Puisqu'il n'existe pas de statistiques récentes sur le flux de déchets industriels, la production de déchets industriels est estimée. Très grossièrement, on peut la diviser en trois grandes catégories :

- les déchets inertes (déblais, gravats...) 100 Mt
- les déchets banals (assimilables aux ordures ménagères) 32 Mt
- les déchets spéciaux 18 Mt

Les **déchets inertes** sont peu valorisables. Ils sont utilisés pour des remblais ou mis en décharge (des décharges de classe III, «perméables», leur sont réservées).

Les **déchets industriels banals** (DIB) sont traités par les mêmes filières que les ordures ménagères. Ainsi, sur les 32 millions de tonnes de DIB produites, 12 sont valorisées.

La récupération est la principale filière de valorisation ; beaucoup de métaux sont ainsi récupérés (tableau 7, page ci-contre).

Cependant, des progrès restent à faire pour la récupération des matières plastiques. Les industriels commencent à se mobiliser. Dans le secteur des bouteilles en PVC, un GIE (Groupement d'Intérêt Economique) regroupant des industriels concernés (producteurs et utilisateurs) s'est fixé comme objectif un taux de récupération de 10 % et, à plus long terme, de 30%. Ce GIE garantit aux collectivités

locales un prix de rachat et une aide technique aux collectes sélectives de bouteilles de PVC.

L'autre grande filière de traitement - l'incinération - avec si possible récupération de chaleur, est pratiquée soit à l'intérieur de l'usine, soit dans des usines d'incinération d'ordures ménagères. En général, les industriels ont tendance à garder les déchets à PCI élevés. Et les usines d'incinération sont donc parfois contraintes d'ajouter des combustibles classiques (charbon, fuel, oil...) pour pouvoir brûler leurs déchets.

Enfin, les **déchets spéciaux** sont très spécifiques. Les techniques de traitement sont nombreuses mais sont chacune adaptée à un type de déchets bien particulier.

Depuis la loi-cadre du 15 juillet 1975, qui instaure le principe pollueur/payeur, l'industriel est responsable de l'élimination de ses déchets dans des conditions conformes à la loi. Il a trois possibilités : l'envoi en centres collectifs, l'envoi en décharge et le traitement dans l'usine.

Les centres collectifs ont été mis en place depuis l'adoption de cette loi et effectuent un nombre limité d'opérations : incinération, détoxification, régénération. En 1989, 41 centres collectifs ont assuré l'élimination de 12 millions de tonnes par traitement physico-chimique ou par incinération. L'exemple de SCORRI (encadré p. 19 - source IFE [8]) montre quelques filières de valorisation possibles.

Le traitement dans l'usine est assez pratiqué puisque 6 millions de tonnes de déchets spéciaux sont ainsi traitées. Les grandes usines ont parfois mis en place des installations très performantes, comme ATOCHEM (voir encadré p. 19 - source IFE [8]).

**Tableau 4 :** Estimation du taux de recyclage sur Dunkerque d'après les résultats obtenus en individuel. Source : AMORCE [11]

Matériau	Taux Dunkerque en individuel	Taux supposé en collectif	Taux sur l'ensemble de la ville
Verre	60	40	50
Papiers/cartons	28	14	20
Métaux	20	10	15
Plastiques	14	7	10

**Tableau 5 :** Influence du taux de recyclage obtenu (tableau 6) sur les résultats de l'usine d'incinération. Source : AMORCE [11]

	Avant	Après	%
<b>Chaleur</b>	2 127	1 881	- 12
<b>PCI</b>	2 127	2 184	3
<b>Poids</b>	1 000	861	- 14
<b>Machefers</b>	0,33	0,25	- 26

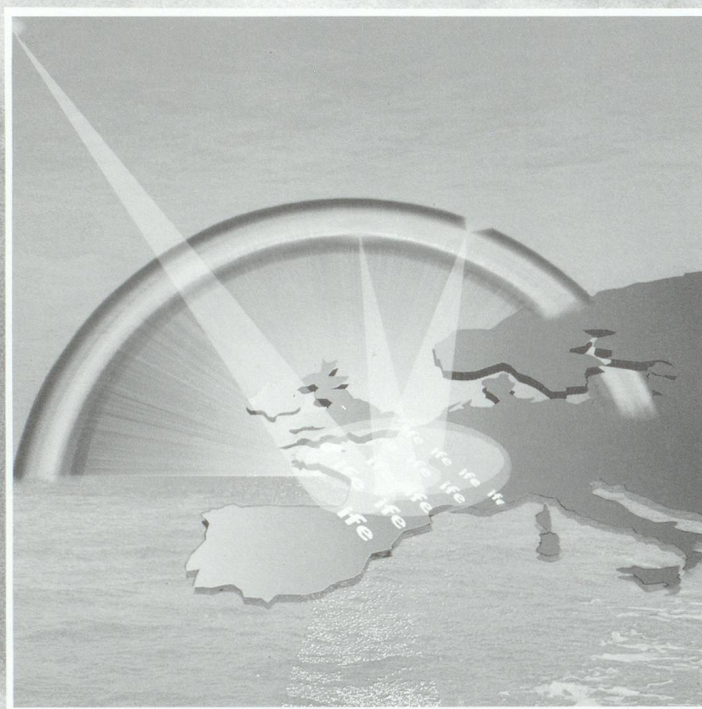
***Votre formation professionnelle continue !***

***Votre information !***

***Dans le domaine de l'énergie et de l'environnement***

***Ensemble . . .***

***Conjuguons futur au présent !***



**Des stages pour ingénieurs et techniciens :**

*Élimination et valorisation des ordures ménagères, du 11 au 15 mai 1992*

*Pollution atmosphérique et maîtrise de l'énergie, du 21 au 25 septembre 1992*

*Élimination et valorisation des déchets industriels, du 12 au 16 octobre 1992*

---

**Une publication "ENERGIRAMA" :**

*Valorisation énergétique des déchets industriels et hospitaliers (Edition 1991-290 pages)*

**Prix : 560 F TTC (France) - 590 F (Étranger)**

**Tél : (16-1) 45 24 46 14**

3, rue Henri Heine 75016 PARIS Fax : (1)45 27 58 70

Mais la majorité des déchets spéciaux n'est pas valorisée ni même traitée : 10 millions de tonnes sont stockées dans des décharges internes, et posent souvent des problèmes. Sur 150 décharges analysées, 4 présentaient une pollution importante et 26 un risque potentiel de nuisance.

Ces trois paragraphes nous montrent qu'en France, la majeure partie des déchets finit en décharge. Pourtant, bon nombre de ces déchets (les ordures ménagères ou DIB notamment) pourraient être incinérés ou valorisés.

Nous avons vu rapidement au passage le cadre législatif français. Nous souhaitons à présent rappeler les défis majeurs qu'il faut relever et l'état de la recherche sur les déchets en France.

Ainsi, nous serons mieux à même de comprendre les orientations que souhaite développer l'état français.

#### LES DÉFIS À RELEVER

**N**ous allons montrer que les différentes parties prenantes doivent faire face essentiellement à deux aspirations contradictoires.

##### □ La saturation des capacités de traitement

Jusqu'à présent, la France a toujours été autonome dans le traitement de ces déchets. Cette situation peut cependant se dégrader dans les années à venir.

En effet, le volume des déchets produits s'accroît régulièrement. Et si rien n'est fait, une saturation des décharges de classe I (habilités à recevoir des déchets spéciaux) pourrait survenir d'ici 6 ans. Certes, en limitant les importations de déchets étrangers et en interdisant le stockage d'ordures ménagères dans les décharges de classe I, on peut reculer l'échéance de 9 ans supplémentaires.

Mais la majeure partie des déchets ménagers qui ne sera pas mise en décharge devra être incinérée. Et cette solution n'est pas toujours facile à envisager. En Ile-de-France par

### SCORI

**Activité :** Traitement, valorisation et élimination de déchets spéciaux.

**Type de déchets**  
Solvants, bases huileuses, eaux polluées, hydrocarbures, poussières d'électro-filtres, résidus solides de décantation, résidus de la métallurgie, peinture, brais..., fonds de séries, loupés de fabrication, pièces de l'industrie automobile, déchets de démolition.

**Procédés utilisés**  
Groupage, mélange, reconditionnement, prétraitement, séparation de phases physiques et physico-chimiques.

**Valorisation**

- ◆ Préparation d'un combustible à base de déchets à l'usage des cimenteries (limitation de la teneur en Cl). Quantité commercialisée : 200 000 t/an ; pouvoir calorifique 90 000 tep/an.
- ◆ Préparation d'un combustible dit «fuel sous condition d'emploi» équivalent au fuel n° 2, 15 000 tep/an recyclage de matières premières.
- ◆ Préparation de déchets envoyés en décharges de classe I.

**Equipement**

- ◆ 3 centres préparant le fuel sous condition au Havre, à Marseille et à Metz
- ◆ 4 centres de préparation de combustibles de cimenterie : 2 dans le Nord, 1 en région parisienne, 1 au Sud de la France.

exemple, pour répondre à l'accroissement du tonnage de déchets à traiter, il faudrait construire 15 usines supplémentaires de 200 000 tonnes/an chacune.

##### □ NIMBY (Not In My Backyard)

En effet, le premier défi qui consiste à prévoir des capacités de traitement suffisantes doit être relevé conjointe-

### ATOCHÉM

**Activité :** chlorochimiste  
4 usines : Fos (13), Lavera (13), Saint-Auban (06), Jarrie (38)

**Type de déchets :** Déchets organochlorés dont les PCB, provenant du process (contenance : jusqu'à 60 à 70 % de chlore)

**Procédés :** Incinération avec régénération des résidus par procédé VRC (Valorisation des Résidus Chlorés à haute teneur en chlore), procédé mis au point par ATOCHÉM

**Valorisation :** Après incinération et distillation, obtention d'acide chlorhydrique à 33 % (récupération de 91 à 96 % du chlore).

**Equipement :** Four vertical en matériau réfractaire équipé d'un brûleur (brevet ATOCHÉM) adapté à des fluides visqueux ou à des liquides contenant des particules, ou à des gaz

**Réalisation :** ATOCHÉM exploite ce procédé dans chacune de ses 4 usines

**Capacité totale d'incinération des résidus chlorés :** 55 000 t/an (Fos : 5 000 t ; Saint-Auban : 25 000 t + atelier de 15 000 t en réserve).

Vente de 8 licences en France et à l'étranger

**Bilan du site de Saint-Auban :** production de 135 t/j de vapeur et 90 t/j d'HCl commercialisable.

**Voici la clé de quelques  
secrets parmi  
les mieux gardés au monde.**



Cette clé est celle du  
coffre où la reine  
Marie-Antoinette conservait  
ses secrets. La tige de cette  
clé porte encore  
les attributs royaux et le  
système de chiffrement très  
élaboré qui figure  
sur l'anneau permettait  
d'utiliser un code secret.  
Musée National  
des Techniques, Paris.

**Voici la clé de la plus  
européenne des banques suisses  
d'investissement.**

En 1872, quand la Société de Banque Suisse a été fondée pour financer le réseau ferré, les marchés financiers étaient encore stables et transparents et il était encore relativement aisé d'harmoniser les souhaits des investisseurs et ceux des émetteurs. La situation a changé aujourd'hui du tout au tout et le maillage des marchés des capitaux à l'échelle mondiale ne simplifie pas les choses. Futures, options, produits dérivés et gestion des risques confèrent aux opérations bancaires de nouvelles dimensions et les défis à relever sont de taille. La compétence de la SBS en la matière, son ingénierie financière, son expérience internationale et la solidité de son assise financière sont chaque année attestées par la notation AAA, marque de confiance très prisée mais rarement accordée par les agences de notation. La SBS jouit aujourd'hui d'une notoriété incontestée sur tous les grands marchés financiers. Avoir à vos côtés une banque d'investissement où puissance novatrice et volonté d'aboutir se conjuguent, c'est mettre toutes les chances de votre côté. La SBS, c'est plus de 300 agences en Suisse et des représentations dans 37 autres pays. En cas de besoin, sachez que la plus proche n'est jamais bien loin...



**Société de Banque Suisse**  
Schweizerischer Bankverein  
Swiss Bank Corporation  
The key Swiss bank

ment à ce deuxième défi : vaincre la réticence des riverains et de leurs élus face à un projet d'usine d'incinération ou de décharge contrôlée.

Cette attitude de rejet - que les américains ont baptisé «NIMBY» - embarrasse les autorités. Ainsi, en France, la dernière ouverture d'une décharge de classe I remonte à 1984 !

Clairement, le problème des déchets ne pourra être réglé sans informer, expliquer, faire comprendre au public le bien-fondé de certains projets de traitement ou d'élimination des déchets.

□ **Les points noirs**

Les points noirs sont des héritages du passé, et ne rentrent pas dans le cadre de la valorisation des déchets. Signalons simplement qu'ils regroupent de nombreux dépôts à risque ignorés, des friches industrielles (anciennes usines à gaz, terrils miniers...) provenant du temps où l'élimination des déchets était assurée par les entreprises sans aucun contrôle (avant la loi cadre de 1975).

Le financement, et donc la mise en œuvre de leur réhabilitation, pose un problème dans la mesure où les responsabilités individuelles sont trop difficiles à établir. Une enquête récente a estimé à 100 le nombre de nouveaux points noirs à réhabiliter.

**L'ORGANISATION DE LA RECHERCHE EN FRANCE SUR LES DÉCHETS**

Le rapport d'information présenté par M. Jean-Marie Bockel [10] donne quelques éléments sur l'organisation de la recherche en France dans le domaine des déchets.

Il est difficile de quantifier la recherche publique sur les déchets. Elle est en effet effectuée par une multitude d'acteurs sous les auspices des ministères de la Recherche, de l'Environnement et de l'Industrie. Selon le ministère de la Recherche et de la Technologie, son montant s'élève à environ 50 millions de francs et la contribution des entreprises représente un montant équivalent. Si ces chiffres sont exacts, le pourcentage

de la recherche est particulièrement faible (0,5 %).

Les deux principaux services publics français qui contribuent à la recherche dans le domaine des déchets sont :

- Le **SRETIE** (Service de la Recherche, des Etudes et du Traitement de l'Information sur l'Environnement) qui dépend du ministère de l'Environnement et a pour rôle l'incitation et l'orientation de la recherche finalisée.

- Le **Service des Technologies Propres et des Déchets** qui peut cofinancer, sous forme de subventions, une vingtaine d'opération pilotes de recherche et de démonstration.

Parmi les établissements publics de recherche, on peut citer l'ANRED (Agence Nationale pour la Récupération et l'Élimination des Déchets) créée par un décret d'application du 25 juillet 1976, qui a assuré l'animation et la coordination de deux programmes européens de recherche et de développement :

STEP sur les déchets toxiques, et REWARD pour l'utilisation des matériaux recyclés et la promotion des matériaux recyclables ; ces deux programmes sont aujourd'hui intégrés dans un seul programme «Technologies de protection et réhabilitation de l'environnement».

Et, pour finir, on peut mentionner RECORD (Réseau Coopératif de Recherche sur les Déchets), association de loi 1901 qui regroupe depuis 1989 dix industriels et nourrit en thèmes de recherche sur les déchets industriels une quarantaine de laboratoires universitaires (l'ANRED et le SRETIE participent à cette association).

**LES BESOINS EN RECHERCHE ET LES ORIENTATIONS ACTUELLES**

□ *Les besoins financiers en matière de recherche*

Le rapport d'information présenté par M. Bockel dresse une estimation en matières de recherche sur les déchets (voir tableau 8 ci-dessous).

Catégories	Moyens actuels	Moyens souhaitables dans les prochaines années
1 et 2 (connaissance et filière)	20 millions de francs essentiellement publics (dont 5 ANRED-AFME et 5 SRETIE)	50 millions de francs principalement publics (dont 25 AEME, 20 fonds propres des états publics de recherche, notamment INERIS)
4 (opération de chaîne de traitement)	80 millions de francs 30 publics (dont 10 ANRED-AFME)	120 millions de francs dont 50 publics, l'augmentation concernant les démonstrations relatives aux déchets ménagers et les décharges et points noirs (20 AEME, 30 fonds européens, Ets publics, collectivités)
3 (technologies propres et conception des écoproduits)	Engagements industriels importants mais non identifiables parmi les efforts de qualité, soutien public de quelques dizaines de millions de francs pour les technologies propres	Accroissement considérable avec appui public par les procédures appropriées dans le cadre de grands programmes (technologies innovantes, EUREKA) ; implication dans l'AEME, notamment vis-à-vis des PME pour des actions très spécifiques aux déchets à hauteur de 20 millions de francs

**Tableau 8 :** Estimation des besoins financiers en matière de recherche sur les déchets. Source : [10]

□ Les orientations actuelles

Parallèlement à l'estimation des besoins en recherche, ce rapport d'information a avancé une série d'options à promouvoir, qui devraient être reprises dans le projet de loi que prévoit de déposer le gouvernement d'ici la fin de l'année.

En ce qui concerne les **déchets urbains** se dégagent les options suivantes :

- Choix du mode de traitement en fonction des caractéristiques du déchet plutôt que sur des critères purement financiers ;
- Priorité à la valorisation et au recyclage. Une évaluation réalisée en septembre 1991 fait état d'un surcoût de 420 F/tonne de déchets incinérés. L'objectif est de recycler 25 % de déchets solides en 1995.

Pour l'instant, le Conseil des Ministres a décidé l'application d'une taxe de 20 F par tonne de tout déchet mis en décharge, sauf pour les déchets industriels spéciaux si les industriels parviennent à se mettre d'accord sur une autre solution. Dans le domaine des **déchets industriels**, une enquête est en cours afin de mieux connaître le flux de déchets. Ce travail permettra d'actualiser les résultats de l'enquête de 1979. L'ANRED dispose d'un budget de 10 millions de francs pour la résorption des points noirs dont les responsables (pollueurs/payeurs) n'ont pu être identifiés.

A l'heure où la politique gouvernementale en matière d'environnement se met en place, les industriels proposent également aux ministères des actions concrètes. Rhône-Poulenc, par exemple, réclame un dispositif étatique qui rassemblerait et gérerait les statistiques dans le domaine de l'environnement, comme l'INSEE le fait dans le domaine économique. L'entreprise souhaiterait en outre que l'Etat joue le rôle de catalyseur en favorisant notamment :

- le caractère partenarial des plans de progrès dans lesquels s'engageront les entreprises,
- un soutien amplifié de l'Etat pour le développement d'une industrie de la

valorisation et du traitement des déchets, compétente et dynamique,

- les démarches de normalisation,
- la concertation entre l'Etat et l'industrie, notamment pour améliorer les positions françaises au sein des discussions européennes en matière d'environnement.

Mais, surtout, Monsieur Fourtou propose dans ce rapport la création d'une fondation Industrie-Environnement qui, parmi d'autres actions, pourrait intervenir financièrement sur les déchets industriels spéciaux.

Enfin, le rapport de M. Bockel propose de réserver à la **mise en décharge** les seuls déchets pour lesquels aucun autre traitement ne peut être réalisé (déchet ultime) et de réserver les décharges de classe I aux seuls déchets industriels français de préférence.

Actuellement, en effet, seulement 35 % des déchets stockés en décharge de classe I correspondent à des déchets spéciaux français - le reste comprend des déchets importés, plus rémunérateurs et surtout des ordures ménagères des communes voisines -.

CONCLUSION

Aujourd'hui, à l'occasion de la mise en place du grand marché européen, la France organise son système de contrôle et de gestion des déchets, afin d'aider les différentes parties prenantes dans le traitement et l'élimination des déchets à se placer en conformité avec la nouvelle législation. L'état d'esprit face aux déchets devra probablement changer. Le public, d'une part, devra cesser de s'opposer systématiquement à la création d'installations de traitement ou d'élimination de déchets à proximité de son habitat. L'industriel, d'autre part, devra dès la conception d'un nouveau produit, réfléchir aux moyens de le valoriser ou de l'éliminer.

Des organismes tels que l'Institut Français de l'Energie peuvent aider les industriels à trouver l'information qu'ils cherchent en matière de valorisation énergétique des déchets et en matière de pollution atmosphérique (législation, techniques d'épuration des gaz de combustion). En outre, au travers de ses stages de formation, l'IFE offre la possibilité aux industriels de maîtriser des techniques de valorisation énergétiques des déchets. ■

Bibliographie :

- [1] Fabre P. - Hutin L. - **Nantes : la performance par l'innovation 1989** - Réseaux et Chaleur N° 1. Janvier - Mars 1989. pp 43-49, 4 fig, 2 photos
- [2] **La France de l'incinération**. 1989, Info Déchets Environnement et Techniques n° 87. Juin 1989. pp. 30, 32-41, 43, 23 fig. ISSN 0241-7375
- [3] **Les Etats Généraux version 1989**. Info Déchets Environnement et Techniques, N° 87.- Juin 1989. pp 22-23. ISSN 0241-7375.
- [4] A.N.R.E.D. - **Les chiffres clés des déchets**. A.N.R.E.D. Angers, 1989. 24 p.
- [5] Descloux J.C - Scheuer C. **L'usine d'incinération de Vitre : production de chaleur et d'électricité**, 1989. Réseaux et Chaleur n° 4. Octobre-décembre 1989. pp. 57-61, 5 fig, 5 tabl.
- [6] Cabanes A. **Comment maîtriser à la fois énergie, déchets et qualité de l'air : chaleur et électricité**, 1990. Génie Urbain Aménagement et Territoire. Vol. 38, n° 371. Novembre 1990. pp. 54-57. 2 tabl. - 3 photos. ISSN 0336-4410
- [7] **5ème Inventaire des Unités de traitement des Ordures Ménagères - Répertoire 1990**. TSM Techniques Sciences Méthodes Génie Urbain Génie Rural n° 11 bis. Novembre 1990. 227 p. ISSN 0299-7258.
- [8] Brun M.J. - Leforestier C. **Valorisation énergétique des déchets industriels et hospitaliers** IFE, 3, rue Henri Heine, 75016 Paris. 1991. Collection Energirama IV - 290 p. ISSN 0993-8869 560 F.
- [9] Ministère de l'Environnement - **L'état de l'environnement 1990 : données statistiques commentées**, thèmes d'environnement. La Documentation Française, Paris. 1991. 306 p. ISBN 2-11-086957-7 145 F.
- [10] Bockel J.M. **Rapport d'information déposé en application de l'arrêté 145 du règlement par la commission de la production et des échanges sur la gestion des déchets**. Assemblée Nationale. Première Session Ordinaire de 1991-1992. N° 2275. 270 p. 31 F
- [11] Cabanes A. **Ordures ménagères : tri sélectif et pouvoir calorifique**. 1991. Info Déchets Environnement et Technique n° 111. Novembre 1991. pp. 20-21, 23-25, 14 tabl. - 1 photo, ISSN 0241-7375.
- [12] **Utilisation et utilité de la récupération d'énergie dans une usine d'incinération**. 1991. Réseaux et Chaleur n° 12. Octobre-décembre 1991. pp. 35-40, 3 fig. - 1 tabl. ISSN 0993-3522.

# Valorisation énergétique des déchets en Suisse

*Hans-Peter Eicher, Cabinet d'Ingénierie  
Eicher & Pauli SA, Liestal*

**Les progrès accomplis dans le domaine de la valorisation énergétique des déchets et des matières résiduelles non recyclables se traduisent par un apport bienvenu, encore que limité, à l'approvisionnement de la Suisse en énergie. L'intérêt se porte tout particulièrement sur la production d'électricité et les transferts de chaleur à partir des usines d'incinération existantes. De même, le vieux bois, et notamment le bois d'œuvre, apparaît comme une importante énergie de substitution au charbon et à l'huile lourde dans l'industrie du ciment.**

Rien d'étonnant, dès lors, que le programme «Energie 2000» vise aussi à développer l'exploitation de ces sources d'énergie. Ses auteurs estiment que d'ici l'an 2000, et moyennant la mise en place d'un certain nombre de «conditions-cadres» favorables, elles pourraient couvrir 1 à 2 % de nos besoins en électricité et en chaleur. La réalisation de cet objectif exigerait toutefois quelque 2 à 2,5 milliards de francs suisses d'investissements. Enfin, tandis que la production de courant électrique à partir de la combustion des déchets est d'une manière générale économiquement rentable, l'exploitation de la chaleur des usines d'incinération, en revanche, ne couvre pas ses coûts dans les «conditions-cadres» actuelles.

## MESURES DE SOUTIEN

Récemment, deux importantes mesures de soutien ont été arrêtées en faveur de l'exploitation énergétique des déchets en Suisse.

◆ D'ici l'an 2001, des mesures devront être prises à l'appui de l'utilisation de la récupération de la chaleur des usines d'incinération des ordures

ménagères. Ces mesures sont prescrites par l'ordonnance technique sur les déchets du 10 décembre 1990.

◆ Conformément à l'arrêté fédéral pour l'utilisation économe et rationnelle de l'énergie (AUE), la Confédération peut fournir des contributions destinées à encourager l'exploitation de la chaleur résiduelle, notamment d'origine industrielle.

◆ En vertu de l'AUE, les tarifs offerts pour le courant fourni au réseau par des tiers et provenant d'énergies renouvelables (exemple : le vieux bois) seront majorés. Dans ces conditions,

la production d'électricité par les centres d'incinération, surtout dans le domaine industriel, devient économiquement avantageuse.

Malgré ces éléments d'incitation, un certain nombre d'obstacles demeurent, qu'on ne saurait négliger. Ces obstacles sont principalement liés au renforcement des normes anti-pollution intervenu aux titres de l'ordonnance fédérale sur la protection de l'air (OPAir 92) et des diverses ordonnances cantonales visant le même but. Il est certain que le coût élevé des dispositifs d'épuration supplémentaires que réclame l'application de ces normes plus sévères pourrait se révéler prohibitif, en particulier pour les petites installations.

Non seulement l'exploitation de la chaleur résiduelle des usines d'incinération exige de gros investissements, mais elle est encore inintéressante d'un point de vue purement économique. Enfin, compte tenu des déficits aigus qui caractérisent aujourd'hui les budgets publics, il faut s'attendre à des retards dans l'application du programme de développement.

## LES DÉCHETS PARTICULIÈREMENT INTÉRESSANTS DU POINT DE VUE ÉNERGÉTIQUE

Les déchets urbains ainsi que l'utilisation du vieux bois ou de débris ligneux sont ceux qui offrent le potentiel le plus intéressant, surtout au regard de la production de courant électrique, qui apparaît d'ores et déjà profitable sur le plan économique. Le tableau énergétique des divers types de déchets se présente comme suit :

Types de déchets	Exploitation	Produit énergétique
<b>Déchets ménagers</b>		
◆ Ordures	→ Combustion/turbine	→ Courant, chaleur
<b>Déchets de construction</b>		
◆ Vieux bois	→ Cimenteries → combustion /turbine	→ Substitut charbon et énergies fossiles → courant, chaleur
<b>Déchets industriels</b>		
◆ solvants	→ combustion/turbine	→ courant, chaleur
◆ Produits organiques	→ Gazéification/moteur à gaz	→ courant, chaleur
<b>Biogaz</b>		
◆ gaz d'épuration	→ Moteur à gaz	→ courant, chaleur
◆ gaz de décharges	→ moteur à gaz	→ courant, chaleur

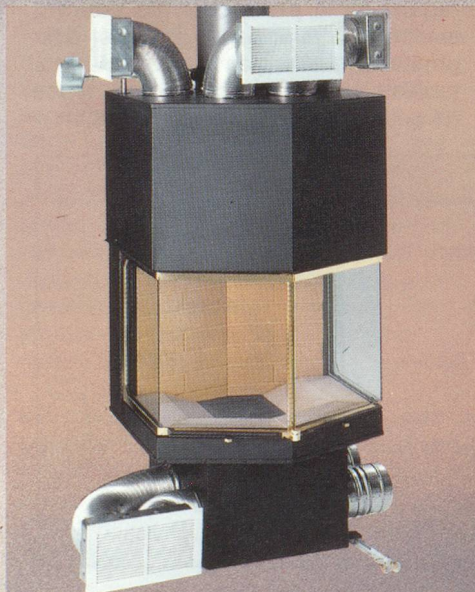
Le foyer 3 faces de Rüegg sort de l'ordinaire ...

Il a 4 faces!

Sparflam Sigma, la synthèse parfaite de l'esthétique et du confort d'une cheminée chauffante.



◆◆ E. Müller-Sommerfeld



Au choix: 8 modèles de formes différentes. Habillage personnalisé selon votre goût. Consultez le concessionnaire Rüegg régional.

**Cheminée**  
**rüegg**

France: Rüegg Cheminée SA  
Pascal Castellan  
B.P. 47  
F-25250 L'Isle sur Doubs

Suisse: Schwäntenmos 4  
CH-8126 Zumikon

**FOIRE de PARIS - Stand 7/1 B5**  
**Coupon:**

Je désire recevoir une documentation  
Sparflam et l'adresse du concessionnaire  
français le plus proche.

Nom

Adresse

Téléphone

**Cheminée**  
**rüegg**  
**Sparflam Sigma**

La porte en verre réfractaire céramique s'escamote totalement à l'intérieur de l'habillage. Elle s'ouvre aussi latéralement pour faciliter le nettoyage.

De plus, certains types de déchets qui étaient jusqu'ici essentiellement destinés au recyclage, comme les vieux papiers, deviennent des candidats de plus en plus intéressants pour la production d'énergie. Dans le domaine des déchets, la situation est telle que de nombreuses communes doivent payer pour l'élimination de leurs ordures. Gageons que l'idée de chauffer au moins une partie des bâtiments communaux grâce à de petites installations de distribution de chaleur alimentées au vieux papier ne va pas tarder à séduire les élus locaux.

**VALORISATION ÉNERGÉTIQUE,  
AUJOURD'HUI ET DEMAIN**

**Les déchets urbains**

L'exploitation énergétique des déchets urbains offre encore un potentiel de développement considérable. Aujourd'hui en Suisse, plus de 2,24 millions de tonnes d'ordures sont brûlées chaque année. Cette énergie pourrait fournir annuellement 1,25 TWh d'électricité et 3,9 TWh de chaleur. Au total, on en récupère actuellement 462 GWh sous forme électrique et 1 055 GWh sous forme calorifique. Selon certaines projections, la montagne d'ordures devrait atteindre 3,1 millions de tonnes par année vers l'an 2000. Dans cette perspective, plusieurs projets ont été lancés dans le but d'accroître les capacités électrogènes des usines d'incinération existantes.

Par rapport à la situation actuelle, et à l'aide de mesures de soutien réalistes, on estime à 1 - 1,5 TWh d'électricité et à 1,5 - 2 TWh de chaleur le potentiel d'énergie supplémentaire qui pourrait être exploité. L'utilisation de ce potentiel sous forme d'électricité ne pose guère de problème ; elle est économique dans la plupart des cas. Les restrictions budgétaires dont souffrent les communes vont néanmoins retarder les projets correspondants.

Pour ce qui est de développer l'utilisation de la chaleur résiduelle, en revanche, deux conditions importantes doivent être remplies : la fourniture à des prix compétitifs et l'aménagement de débouchés dans le voisinage des usines d'incinération. Les prix compétitifs doivent être obtenus sans re-

cours aux subventions (inoportunes) des pouvoirs publics, mais au moyen par exemple, d'une taxe sur les ordures. Ce prélèvement est d'ailleurs conforme au principe du pollueur-payeur inscrit dans la loi sur la protection de l'environnement. D'autre part, afin d'assurer des débouchés solides à cette chaleur de récupération, une planification énergétique à long terme est nécessaire. Il s'agit notamment de dresser l'inventaire des immeubles situés à distance raisonnable des centres d'incinération et susceptibles de se prêter à cette forme de chauffage. On veillera également à faire en sorte, sur la base de plans de zones et de prévisions, que les nouveaux immeubles ou les extensions de bâtiments existants puissent être raccordés au réseau ultérieurement.

Les investissements très importants que nécessite la construction d'un réseau de chaleur constituent manifestement une difficulté. En Suisse, l'exploitation intégrale du potentiel de chaleur résiduelle à des fins de chauffage exigerait l'aménagement d'un réseau de chaleur d'une puissance totale de 2 400 MW. D'ici l'an 2000, la somme des investissements nécessaires à cet ouvrage se situe entre 1 et 1,5 milliard de francs suisses.

**Déchets de construction**

L'utilisation du vieux bois constitue depuis quelque temps l'un des aspects problématiques de la valorisation des déchets. D'une part, en effet, l'entreposage du bois est aujourd'hui fort coûteux, quand il n'est pas devenu impossible du fait de l'encombrement des centres d'incinération ; et d'autre part, la combustion de vieux bois dans de petites installations locales exige l'acquisition de systèmes antipolluants très onéreux.

L'initiative prise par l'industrie suisse du ciment en matière d'utilisation de vieux bois ou d'autres déchets est tout à fait positive. De grands projets de production de chaleur et de courant électrique à partir de tels déchets sont en cours de réalisation dans plusieurs usines. Au total, cette valorisation du vieux bois n'est pas seulement écologique ; elle est également intéressante sur le plan économique. Et la majoration escomptée des tarifs de rachat de l'électricité produite par des énergies renouvelables devrait encore renforcer cet attrait économique. Il y a donc tout lieu d'espérer que le vieux bois ne permettra pas seulement de produire de la chaleur, mais aussi davantage de courant électrique.

*(ndlr)* Comparaison de la consommation finale d'énergie dans l'industrie  
1989-1990 (en TJ)

Type d'énergie	1989	%	1990	%
<b>Electricité</b>				
◆ du réseau	31 038,73	25,6	32 561,71	26,9
◆ production propre hydraulique	8 018,54	6,6	7 226,29	6,0
◆ production propre thermique	1 617,85	1,3	1 586,48	1,3
<b>Chaleur chauffage à distance</b>	2 346,97	2,0	2 009,47	1,7
<b>Gaz naturel</b>	22 325,69	18,4	24 318,05	20,1
<b>Huile de chauffage/carburant</b>	33 966,20	28,1	30 462,71	25,2
<b>Coke de pétrole</b>	1 496,12	1,2	495,92	0,4
<b>Charbon/coke</b>	12 162,03	10,0	13 666,67	11,3
<b>Production propre provenant</b>				
◆ de déchets	3 843,13	3,2	4 256,92	3,5
◆ de chaleur	1 493,82	1,2	1 639,71	1,3
◆ autres	2 966,59	2,4	2 730,13	2,3
<b>Total général</b>	<b>121 275,67</b>	<b>100,0</b>	<b>120 954,06</b>	<b>100,0</b>

Source : Consommation d'énergie dans l'industrie suisse 1990. Rapport de l'Union Suisse des Consommateurs d'énergie de l'Industrie et des autres branches économiques, Bâle.

### **Les déchets industriels**

Les déchets industriels les plus intéressants du point de vue énergétique sont essentiellement les résidus chimiques et organiques combustibles, qui conviennent à la production de gaz méthane. Plusieurs installations d'incinération de déchets industriels sont actuellement en projet ou en construction en Suisse. Dès lors que dans la plupart des cas, seules de grandes firmes industrielles se lancent dans de telles opérations, la chaleur ainsi récupérée ne peut être utilisée le plus souvent que pour couvrir les besoins propres à ces entreprises. Notons toutefois que selon l'arrêté fédéral sur l'utilisation de l'énergie, il sera également possible à des tiers d'injecter de la chaleur de récupération dans les réseaux publics de chauffage à distance.

En Suisse, un certain nombre d'entreprises produisent déjà du biogaz industriel. Le potentiel de biogaz provenant des déchets organiques et des eaux résiduelles est évalué à quelque

0,3 TWh/a. De sorte qu'une production de courant de 100 GWh par année est considérée comme possible.

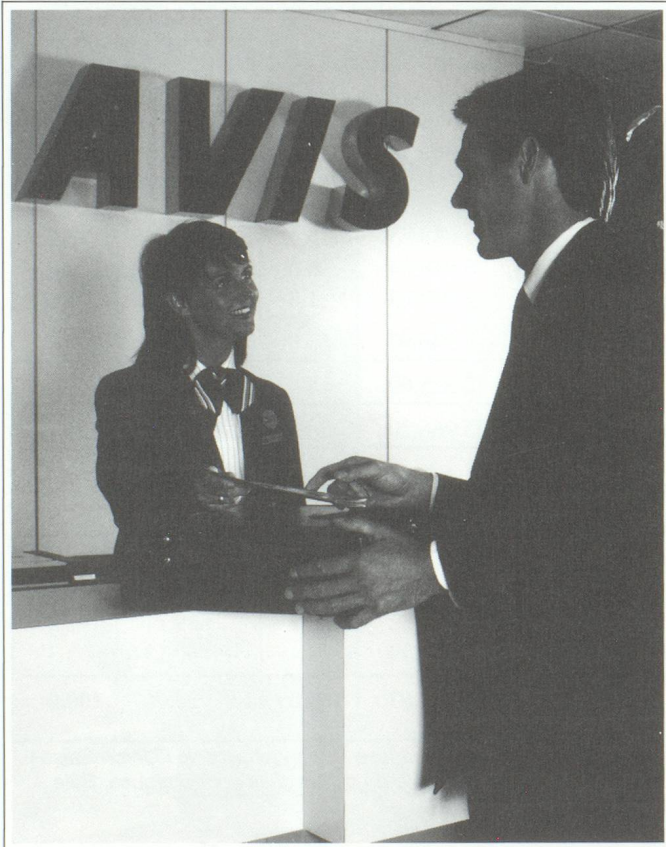
### **Gaz d'épuration et de décharges**

En Suisse, on dénombre actuellement quelque 350 stations d'épuration plus ou moins importantes ainsi qu'un certain nombre de grandes décharges produisant du gaz exploitable. Une centaine de stations d'épuration sont équipées de moteurs à gaz pour la production d'électricité. La production annuelle d'énergie mécanique a atteint quelque 0,05 TWh en 1990. Le potentiel encore inexploité est estimé à 0,1 TWh. La majoration des tarifs pour les fournitures de tiers au réseau rendra encore plus intéressante la production de courant électrique à base de biogaz, production qui est d'ores et déjà économique dans la plupart des cas (avec un prix de revient du KWh inférieur à 10 ct). On peut donc s'attendre à ce que ce potentiel soit presque entièrement valorisé d'ici l'an 2000.

### **CONCLUSION**

La valorisation énergétique des déchets et des matières premières non recyclables est appelée à prendre de l'importance en Suisse. Offrent les perspectives de développement les plus intéressantes : la production d'électricité par les centres actuels d'incinération des ordures, l'utilisation de vieux bois par les cimenteries ainsi que la production de courant et de chaleur à partir du biogaz.

En revanche, dans les conditions générales actuelles, la distribution de chaleur par les centres d'incinération des déchets n'est économique que si la chaleur peut être consommée dans les environs immédiats de ces centres. Le prélèvement d'une taxe sur les déchets ainsi qu'une planification énergétique fondée sur l'étude des zones de desserte potentielles permettraient d'assurer une large exploitation de cette source d'énergie sans recourir aux subventions publiques. ■



**AVIS est le premier réseau de location de voitures courte durée en France. Mettant à votre disposition ses 520 points de vente, AVIS est présent au cœur de 200 grandes gares et de 55 aéroports.**

**CENTRE INTERNATIONAL  
DE RÉSERVATION**

**TÉL. : (1) 46.09.92.12**

**AVIS**

**Décidés à faire mille fois plus.**

## Le programme d'action «Energie 2000» Recours aux énergies renouvelables dans l'industrie suisse : nécessité ou simple possibilité théorique ?

Jean-Louis von Planta, Directeur de l'Union Suisse des  
Consommateurs d'énergie de l'industrie et des autres  
branches économiques, Bâle

**L**e 23 septembre 1990, le peuple et les cantons ont refusé l'abandon de l'énergie nucléaire, mais accepté «l'initiative du moratoire» interdisant la construction de toute nouvelle centrale nucléaire pendant dix ans. Dans la foulée, le peuple suisse a également adopté un «article sur l'énergie» qui offre une base constitutionnelle à la politique énergétique de la Confédération et assigne aux pouvoirs publics le principal mandat que voici :

*«Dans les limites de leurs compétences, la Confédération et les cantons s'emploient à promouvoir un approvisionnement énergétique suffisant, diversifié, sûr, économique et compatible avec les exigences de la protection de l'environnement, ainsi qu'une consommation économe et rationnelle de l'énergie».*

Fort de ce mandat, le Conseil fédéral a publié en février 1991 le programme d'action «Energie 2000», qui se fixe les objectifs suivants :

1. Stabiliser la consommation totale des énergies fossiles ainsi que les rejets de CO<sub>2</sub> d'ici l'an 2000, puis réduire cette consommation et ces rejets.
2. Infléchir la croissance de la consommation d'électricité au cours des années nonante, puis stabiliser la demande à partir de l'an 2000.
3. Accroître l'apport des énergies renouvelables en l'an 2000, soit à hauteur de 0,5 % de la production d'énergie électrique et de 3 % de la consommation totale de chaleur d'origine fossile.
4. Augmenter de 5 % la production d'électricité d'origine hydraulique et de 10 % la puissance des installations nucléaires existantes.
5. Réaliser les dépôts de déchets radioactifs prévus par la CEDRA (société coopérative nationale pour l'entreposage de déchets radioactifs).

Notons que ces prescriptions énergétiques viennent s'ajouter à toute une série d'autres objectifs fixés dans le cadre de la politique de l'environnement. On se souvient notamment qu'en 1987, le Parlement entérinait un texte sur la protection de l'air qui entend ramener d'ici 1994 les émissions d'anhydride sulfureux (SO<sub>2</sub>) à leur niveau de 1950, et les rejets d'oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>) et d'hydrocarbures (HC) à leurs niveaux de 1960. En ce qui concerne les hydrocarbures, la politique de l'environnement a encore du pain sur la planche, car il est peu probable que l'objectif puisse être atteint, même en appliquant à la lettre les prescriptions prévues. Ainsi les hydrocarbures organiques volatils (les fameux COV: composés organiques volatils) proviennent d'un grand nombre de sources différentes ; les saisir toutes exigerait non seulement une somme énorme de dispositions nouvelles, mais encore des efforts et des dépenses d'exécution démesurées. Aussi le Conseil fédéral a-t-il proposé, en mai 1990, de prélever une taxe dissuasive sur les solvants à base de COV.

Ces données politiques, qui sont d'ailleurs à peu près les mêmes dans la plupart des pays d'Europe occidentale, obligent l'industrie à se dépenser tant et plus pour se ménager un approvisionnement énergétique fiable et à des prix raisonnables. Cet approvisionnement comprend, sans doute aucun, les énergies renouvelables. Mais encore faut-il savoir de quoi l'on parle. Alors que l'industrie considère comme une «vue de l'esprit» l'objectif d'«Energie 2000» qui vise à assurer aux énergies renouvelables, d'ici la fin de la décennie, des parts de 0,5 % et 3 % (respectivement à la production totale d'électricité et à la production totale de chaleur), elle estime en revanche qu'une augmentation dans ce même délai de quelque 3 % de la production moyenne d'énergie hydraulique et d'environ 4 % de la puissance des installations nucléaires existantes est tout-à-fait concevable, et même d'une urgente nécessité dès lors que les besoins en électricité sont appelés à croître constamment en raison même de la mise en œuvre des mesures de protection de l'environnement et de la multiplication des équipements électroniques. Cette énergie renouvelable qu'est, par excellence, l'énergie hydraulique, devrait donc constituer pour la Suisse, dans les huit années à venir, le meilleur garant de sa sécurité énergétique. Or, voici que cette garantie est menacée par l'initiative populaire dite «pour la sauvegarde de nos eaux», déposée le 9 octobre 1984. Le nouvel article que ses auteurs voudraient ancrer dans la Constitution prévoit que, pour toute installation de retenue ou tout prélèvement nouveau ou existant...

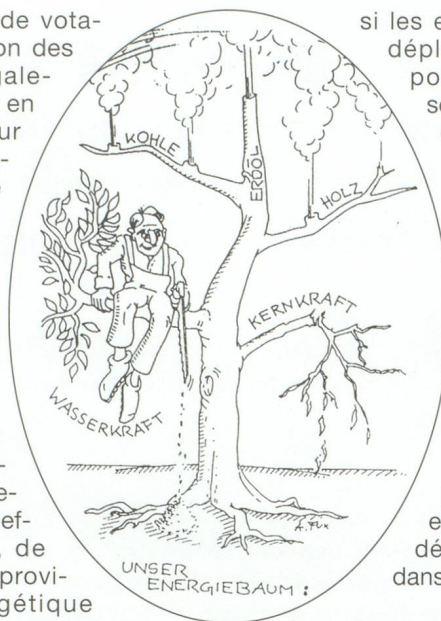
*«un débit d'eau suffisant sera assuré en permanence tout au long du cours d'eau».*

La protection des plantes, des animaux et de l'agriculture constitue ici le seul critère de mesure retenu. L'initiative demande également à la Confédération de créer un fonds d'indemnisation pour les ayants-droit touchés par les restrictions à la propriété. Un fonds qui devra être alimenté par les propriétaires de centrales hydro-électriques, c'est-à-dire par les lésés eux-mêmes (!). Les nouvelles normes sur les débits minimums devraient entrer en vigueur dans les deux ans qui sui-

vent l'adoption du nouvel article en votation. Il ressort de diverses études qu'en cas d'acceptation de l'initiative, la production moyenne des centrales hydro-électriques suisses baisserait de 23 % à 26 %.

En guise de contre-projet, les Chambres fédérales ont révisé la loi fédérale sur la protection des eaux. La nouvelle loi proposée fixe désormais une valeur-limite certes inférieure pour les débits minimums, mais qui doit être maintenue de façon rigide tout au long de l'année. Le débit minimum correspond à une part déterminée du volume naturel des eaux qui doit être assurée pendant 347 jours de l'année. Cette limite proportionnelle désavantage les exploitants des cours d'eau modestes. Comparée à l'initiative, la loi présente l'avantage de n'entrer en vigueur qu'au moment du renouvellement des concessions ; elle assure ainsi des périodes transitoires qui, selon les cas, peuvent s'étendre au-delà de la moitié du siècle prochain. N'oublions pas toutefois que les usines électriques des industries ont été les premières à voir le jour, et que les concessions d'un certain nombre d'entre elles vont devoir être renouvelées dès le tournant de ce siècle.

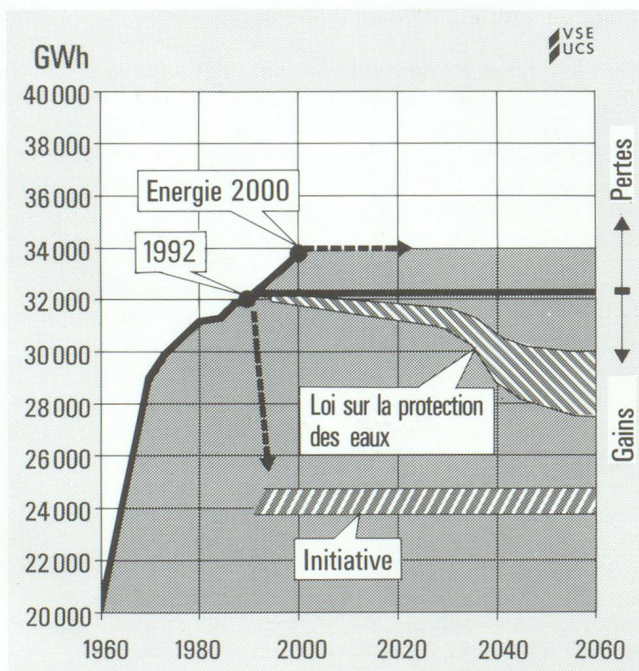
Ce double sujet de votation sur la protection des eaux constitue également une menace, en fin de compte, pour les objectifs du programme «Energie 2000» mis en route par la Confédération. Sans possibilité d'accroître la production d'énergie hydro-électrique, laquelle couvre aujourd'hui quelque 60 % des besoins en électricité de la Suisse, il devient impossible en effet (voir figure 1), de «promouvoir un approvisionnement énergétique suffisant, sûr, économique et compatible avec les exigences de la protection de l'environnement», ainsi que l'article constitutionnel sur l'énergie en donne le mandat à la Confédération. L'acceptation par le peuple de l'un ou de l'autre des deux sujets proposés ne remettrait pas seulement en cause le programme d'action du Conseil fédéral ; elle désavouerait aus-



si les efforts considérables déployés par l'industrie pour utiliser l'énergie sous toutes ses formes de manière rationnelle. L'industrie peut se targuer notamment d'avoir réduit ses besoins de chaleur de 40 % depuis les années 1972-73. En valeur absolue, l'industrie a consommé l'an dernier autant d'énergie qu'en 1972, alors que la production de biens et de services a considérablement augmenté dans l'intervalle.

En plus de ces efforts d'économies et d'utilisation rationnelle de l'énergie, l'industrie a également fait preuve de son souci de l'environnement en menant au pas de charge toute une série d'opérations de substitution aux énergies fossiles au cours de ces dernières années. Opérations qu'il a fallu conduire au détriment des économies d'électricité et, partant, des économies d'énergie hydraulique. Cette énergie, dite aussi houille blanche ou encore «énergie solaire liquide du cycle climatique», constitue et de loin l'énergie renouvelable la plus importante au monde. On est donc en droit de se demander ce que visent en fin de compte les auteurs de l'initiative «pour la sauvegarde de nos eaux» en remettant en cause l'utilisation de cette énergie renouvelable majeure. Le débat, on le voit, déborde nécessairement le cadre de l'utilisation des énergies renouvelables par l'industrie suisse pour s'intéresser aux modifications institutionnelles ou économiques que l'on vise à obtenir par le biais de la protection de l'environnement et de la politique énergétique. A la question posée dans le titre de cet article, l'industrie est tentée de répondre, pour sa part : que ceux qui reconnaissent la nécessité d'utiliser des énergies renouvelables plutôt que des énergies préjudiciables à l'environnement soient donc autorisés à en faire pleinement usage ! ■

**Combien d'énergie hydraulique à l'avenir ?**



Légende de l'illustration : Notre arbre «Energies» (Kohle : charbon ; Erdöl : pétrole ; Holz : bois ; Wasserkraft : énergie hydraulique ; Kernkraft : énergie nucléaire.

## L'Institut National de la Consommation et la maîtrise de l'énergie

*Michel de Maurin, Ingénieur d'Etudes, Institut National  
de la Consommation, Paris*

**L**es problèmes liés à l'utilisation de l'énergie avaient été étudiés par le Club de Rome bien avant que n'éclatent les crises pétrolières des années 70 : il lançait un cri d'alarme.

Cette mise en garde était destinée à faire prendre conscience du tarissement inéluctable des gites de combustibles fossiles de la planète. Il a fallu un surenchérissement brutal du pétrole pour, qu'avec ce nouvel éclairage, les utilisateurs envisagent une réduction de leur consommation.

L'Institut National de la Consommation (INC), chargé de la défense des consommateurs et outil technique de leurs organisations, s'est trouvé en première ligne en 1970 pour définir avec les administrations les actions envisageables. Elles ont conduit à la réglementation thermique de la construction et pour parer au plus pressé, à la fameuse "chasse au gaspi" - chasse au gaspillage -. Des incitations fiscales ont encouragé les travaux d'isolation thermique des bâtiments et les mesures d'économie d'énergie.

Parallèlement à ces travaux, les essais comparatifs de l'Institut prenaient systématiquement en compte l'aspect "consommation d'énergie" des produits étudiés.

Dans l'électro-ménager d'abord - machines à laver le linge ou la vaisselle, réfrigérateurs, congélateurs, etc. - mais surtout dans le chauffage du logement.

Le rendement des chaudières a pu être amélioré de plus de 20 % comme celui des chauffe-eau électriques par exemple qui étaient au début des années 80 de véritables passoires à calories. Il fallait aussi faire le tri des initiatives des solutions alternatives proposées par les industriels.

Des études et essais ont été entrepris sur les pompes à chaleur ; nous en avons conclu à l'époque qu'il valait mieux les réserver aux gros consom-



...Le rendement des chaudières a pu être amélioré de plus de 20 % comme celui des chauffe-eau électriques par exemple qui étaient au début des années 80 de véritables passoires à calories... © INC

mateurs de fioul (plus de 5.000 l/an). A vouloir les diffuser sans tenir compte de la rentabilité, les industriels ont perdu le marché, d'autant plus que les prix de l'énergie ont baissé.

Les travaux réalisés sur les capteurs solaires pour le chauffage de l'eau chaude sanitaire conduisaient à une prescription d'utilisation en régions ensoleillées (Sud-Ouest-Côte d'Azur). Les contre-performances constatées dans des zones moins favorables ont là encore nui au produit comme la baisse en franc constant du kilowatt-heure électrique.

De la même manière le Centre d'Essais Comparatifs de l'INC a réalisé deux études sur les cheminées à bois, les récupérateurs de chaleur et les inserts de cheminée pour en déterminer les avantages et les inconvénients et préciser leurs performances par rapport aux allégations de certains fabricants.

On pourrait aussi citer les essais de thermostats d'ambiance et horloges programmables ou d'isolants thermiques qui sont des moyens efficaces de mieux gérer les consommations d'énergie.

Après ces périodes de rareté et de cherté de l'énergie nous entrons dans l'ère de la protection de l'environnement. A ce titre on est encore conduit à consommer toujours moins, mais aussi à consommer plus propre.

Pour mieux guider les consommateurs dans l'achat de leurs équipements, l'INC a intégré depuis plusieurs années la qualité des combustions des matériels. En tout premier et, dès 1989, la production de NO<sub>x</sub> (Oxydes d'azote) dans les chaudières et à titre d'exemple, dans un essai récent, la qualité de combustion (production de CO-monoxyle de carbone - et d'imbrûlés) d'un moteur de tondeuse à gazon qui a aussi le mérite de consommer beaucoup moins.

Sans doute cette dimension écologique sera-t-elle un facteur de mobilisation plus efficace que les réactions passagères face à la pénurie et à la hausse des coûts du pétrole et verrons-nous émerger un effort généralisé de maîtrise de l'énergie. ■

**Un monde plus**   
**sain, plus** **vert,**  
**plus** **novateur, et**  
**plus** **performant,**  
**où l'homme** **tient**  
**la plus grande place.**

**L**e Groupe suisse Ciba-Geigy est un des leaders de la chimie mondiale.

En développant recherche et innovation, Ciba-Geigy crée des produits de haute performance au service de l'homme et de son environnement : pour la santé (spécialités pharmaceutiques, produits de diagnostics, automédication, lentilles de contact), pour l'agriculture (protection des plantes, santé animale, semences) et pour l'industrie (colorants, produits d'ennoblissement, additifs, pigments, polymères, matériaux composites, balances de précision).

Avec 4 500 personnes en France, Ciba-Geigy réalise un chiffre d'affaires de 7,7 milliards de francs.

**CIBA-GEIGY**

## «Energie 2000» Engagement de la Société Suisse des Constructeurs de Machines (VSM)

*Ernst Widrig, Société Suisse des Constructeurs de  
Machines, Zurich*

**E**n acceptant l'article constitutionnel sur l'énergie et l'initiative sur le moratoire, une ligne politique claire visant à renforcer les efforts en matière d'économies a été définie. La concrétisation de ces initiatives en mesures de politique énergétique demande, toutefois, des solutions proches du marché, viables à long terme, et non, des excès de zèle aboutissant à un flux de réglementations dirigistes. Il est donc important de ne pas prendre seulement en considération les mesures d'économies demandées par le peuple suisse, mais de tenir également compte de la nécessité de la sécurité de l'approvisionnement et de son coût de revient.

Les constructeurs de machines attendent des pouvoirs publics qu'en matière de politique énergétique les décisions à venir soient prises en étroite collaboration avec les organisations économiques. Le programme d'action «Energie 2000» représente à ce sujet une étape importante.

Les restrictions supplémentaires relatives aux débits résiduels des cours d'eaux, telles que les prévoient le projet de révision de la loi fédérale sur la protection des eaux et l'initiative populaire «pour la sauvegarde de nos eaux» (vote prévu pour 1992), font apparaître de nouveaux problèmes et conflits d'objectifs. De par ces deux projets, la sécurité de l'approvisionnement se verra inutilement menacée et les coûts d'électricité renchérissent. Le VSM est résolument de l'avis qu'il faut, compte tenu des problèmes causés par le CO<sub>2</sub>, favoriser les sources de courant propres et renouvelables, et non y faire obstacle. Et ce, d'autant plus, quand il s'agit de solutions économiques comme l'énergie hydraulique. Aussi bien en raison du moratoire sur l'énergie nucléaire qu'au vu de la demande toujours croissante en cou-

rant électrique, le secteur économique et en particulier l'industrie, ont besoin de flexibilité pour développer l'énergie hydraulique.

### EXEMPLE DE L'INDUSTRIE DES MACHINES

La nécessité d'économiser et d'utiliser aussi rationnellement que possible le facteur de production qu'est l'énergie était déjà, pour les constructeurs de machines, une préoccupation sérieuse bien avant le 23 septembre 1990. Une enquête statistique du VSM montre, en effet, que la consommation spécifique en énergie a été, durant la période de 1980 à 1990, réduite de 19 % ; ce qui veut dire qu'aujourd'hui les industries des machines utilisent, par rapport à 1980, 19 % d'énergie en moins pour faire fonctionner une unité de production.

Pourtant, cette efficacité n'était due ni à un militantisme grandiloquent, ni à une législation dirigiste. C'étaient bien plus la pression des coûts, la concurrence et

(NDLR) Consommation d'énergie par les industries mécaniques (VSM) et métallurgiques					
Type d'énergie	Unité	1989	%	1990	%
<b>Electricité :</b>					
◆ du réseau	TJ	10 750,50	38,9	12 459,30	44,5
◆ Production propre hydraulique	TJ	1 160,40	4,2	394,00	1,4
◆ Production propre Thermique	TJ	17,50	0,1	9,20	-,
<b>Chaleur chauffage à distance</b>	TJ	822,70	3,0	345,40	1,2
<b>Gaz naturel</b>	TJ	5 518,00	20,0	5 953,30	21,3
<b>Huile de chauffage/ carburant</b>	TJ	7 921,20	28,6	7 633,00	27,2
<b>Charbon</b>	TJ	962,30	3,5	827,40	3,0
<b>Coke de pétrole</b>	TJ	147,00	0,5	0,20	-,
<b>Production propre provenant de</b>					
◆ déchets	TJ	51,30	0,2	55,30	0,2
◆ de chaleur	TJ	279,70	1,0	316,30	1,1
◆ autre	TJ	9,10	-,	14,60	0,1
<b>Total Général</b>	<b>TJ</b>	<b>27 639,70</b>	<b>100,0</b>	<b>28 008,00</b>	<b>100,0</b>

Source : «Consommation d'énergie dans l'industrie suisse en 1990». Enquête publiée par l'Union Suisse des Consommateurs d'énergie de l'industrie et des autres branches économiques, Bâle.

## Les économies d'énergie en France et en Suisse

l'innovation qui en étaient les moteurs. Côté produit également, les constructeurs de machines ont déjà, dans le passé, entrepris de gros efforts pour améliorer le rapport énergie/production ainsi que la compatibilité de leurs programmes avec l'environnement.

### PROGRAMME D'ACTION «ENERGIE 2000» : CONTRIBUTION ET POINT DE VUE DU VSM

Les objectifs du programme «Energie 2000» sont très ambitieux, en particulier ceux visant la modération ou la stabilisation de la consommation d'électricité. Le VSM est prêt à accepter, en la matière, des mesures allant encore plus loin. A condition toutefois qu'elles soient fondées sur la raison. Il participe donc activement à des groupes de travail chargés d'évaluer et de mettre au point de nouvelles mesures d'économie. En outre, à partir de l'automne 1992, le VSM apportera, en entreprise, sa contribution au programme RAVEL (utilisation rationnelle de l'électricité en milieu industriel), en tant qu'organisateur ou support de cours appliqués destinés aux préposés à l'énergie dans l'entreprise (comme il le fait déjà depuis des années avec grand succès, en collaboration avec l'Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysa-

ge, dans le domaine de la protection de l'environnement).

La mise en œuvre du programme fédéral «Energie 2000» ne doit en aucun cas se traduire par un corset de contraintes pour l'industrie. Le Conseil fédéral a, certes, admis que les objectifs quantitatifs définis dans son programme ne présentaient juridiquement aucun caractère obligatoire. Des expériences similaires dans le domaine de l'environnement (concept de l'assainissement de l'air) ont toutefois montré que de telles valeurs indicatives tendaient en Suisse à prendre tacitement, au fil du temps, un caractère contraignant. Il faut donc veiller à ce qu'une telle évolution, handicapante pour l'industrie, ne se réitère pas dans le domaine de l'énergie. C'est pourquoi le VSM tient, par mesure de sécurité, à ce qu'il soit tenu compte des éléments suivants lors de la mise en œuvre concrète du programme :

- ◆ Priorité aux mesures volontaires et conformes aux tendances du marché ;
- ◆ compatibilité avec les échanges extérieurs : pas d'initiatives isolées contraires à l'intégration ;
- ◆ Eviter toute forme de pénurie ;
- ◆ Viabilité économique : ne doit pas constituer une menace pour le potentiel industriel suisse ;

- ◆ Mix rationnel d'objectifs : pas de priorité absolutiste à l'épargne ;
- ◆ Efficacité : pas de militantisme bureaucratique, ni de carence d'exécution.

### PERSPECTIVES

Compte tenu de ces principes, certains points de l'arrêté fédéral sur l'énergie (ENB) et du projet d'ordonnance y afférent, ont, du point de vue du VSM, de quoi inquiéter. Les exigences prévues par ces textes (consommation maximum d'énergie admissible, contrôles techniques supplémentaires, limitation d'accès au marché pour certains produits) s'inscrivent en dehors du paysage politique d'intégration. Conflits en matière de politique commerciale, bureaucratisme et déficience à l'exécution sont, d'ores et déjà, préprogrammés. Le VSM s'est donc, lors de la procédure de consultation, engagé avec force pour que soit éliminé ce potentiel conflictuel.

Aussi bien dans l'intérêt de cette paix de l'énergie si souvent revendiquée ces derniers temps que dans celui de nos échanges avec l'extérieur, la Suisse ne peut plus aujourd'hui se permettre de porter de tels coups à son économie. ■

Étudier, évaluer  
louer et gérer  
vendre et acheter  
TOUS  
BIENS IMMOBILIERS

60 ans de présence  
et d'expérience à PARIS



Appelez  
**NEVEU & Cie**  
75016 PARIS  
103, bd de Montmorency  
Tél. 16 (1) 47.43.96.96  
Fax 16 (1) 47.43.19.29

Président-Directeur Général : Marcello MOTTO

## Solar 91 - pour une Suisse plus indépendante au plan énergétique

*Gallus Cadonau, Directeur de Projet Solar 91 et Beat Gerber, Délégué aux finances Solar 91, Berne*

**C**'est à l'occasion de la publication du manuel Solar 91 qu'a été lancé, le 22 mai 1990, pour la commémoration des 700 ans de la Confédération Suisse en 1991, le projet Solar 91 «Pour une Suisse plus indépendante au plan énergétique». Le Comité de travail Solar 91 associant la Société Suisse pour l'Energie solaire (SSES), la Fondation SSES - Tour de Sol et la Fondation Greina Suisse pour la sauvegarde des cours d'eaux alpins (SGS) a ainsi voulu s'attaquer aux défis de l'avenir.

Dans le cadre de ce projet national, toutes les communes, entreprises privées et personnes physiques ont été, en mai, invitées à planifier, concevoir ou construire, avant le 1<sup>er</sup> août 1991, 700 installations solaires de 2 KW à 1 MW. D'ici à l'an 2000, il doit y avoir dans toute commune suisse au moins une installation fonctionnant à l'énergie solaire qui fournira électricité ou énergie thermique.

1991, année anniversaire de la naissance de la Confédération Suisse, fut l'occasion de se souvenir de la volonté d'indépendance et des motivations qui en furent à l'origine, et de réfléchir sur l'autonomie de la Suisse d'aujourd'hui. La Suisse importe 80 % de ses besoins en énergie et, de ce fait, dépend d'autant de décisions étrangères. Cette dépendance et menace éventuelle pesant sur notre liberté n'est pas inéluctable, même en matière d'énergie ! Les installations solaires déjà existantes et celles en projet montrent que la consommation énergétique des habitations et bâtiments à usage professionnel peut être, même chez nous, couverte à 100 % par de l'énergie solaire. La maison solaire de Jenni à Oberburg, près de Berne, alimentée à 100 % par de l'énergie solaire et dotée de tout le confort mo-

derne, en est un premier et excellent exemple. Tout aussi remarquables, sont les bâtiments à usage commercial et industriel de la Société Aerni Fenster AG à Arisdorf (Canton de Bâle), dont 70 % des besoins en énergie sont couverts par du solaire.

Ces quelques exemples parmi beaucoup d'autres prouvent, avant tout, que l'on peut, même en Europe du Centre, grâce à l'énergie solaire, s'affranchir de l'importation de pétrole, gaz, charbon ou uranium. Chaque KWh produit sur notre sol grâce au solaire renforce d'autant notre indépendance (énergétique) vis-à-vis de l'étranger !

### **Large soutien et écho positif**

Patronné par l'Office fédéral de l'énergie à Berne, le Comité de Travail «Solar 91» jouit d'un large soutien sur l'ensemble du territoire.

Il est, entre autres, soutenu par l'Association des communes suisses, l'Union Suisse des Arts et Métiers (USAM), l'Union Syndicale Suisse (USS), la Conférence des Directeurs cantonaux de l'énergie (CDE), les délégations cantonales à l'énergie ainsi que par de nombreuses personnalités.

### **Une nécessité en matière de politique énergétique**

L'objectif est d'inciter les particuliers, entreprises, industries et collectivités tournés vers l'avenir à utiliser le solaire comme source de chauffage et surtout, dans un premier temps, comme source d'alimentation pour l'éclairage, les ordinateurs, les appareils ménagers et les véhicules solaires. Chaque année, à partir de 1991, le Comité Solar 91 décernera aux meilleurs participants, entreprises et communes le "Prix Solar Suisse".

Solar 91 et tous les participants au projet s'efforcent, tout d'abord en Suisse et sur le terrain, d'aider les pouvoirs publics et les particuliers dans l'application de l'ordonnance sur l'assainissement de l'air et la mise en œuvre du programme fédéral «Energie 2000». C'est à cela que sert, en premier lieu, le manuel Solar 91 où sont répertoriées les adresses des délégués régionaux à l'énergie solaire. On peut ainsi apprendre, dans la partie technique de ce manuel, comment fonctionne une installation solaire et comment il est possible de construire rationnellement des habitations, des locaux à usage professionnel, des piscines, etc. et de les alimenter en énergie thermique et électrique d'origine solaire. On peut également y trouver des explications concernant les modalités d'autorisation et de construction au niveau des communes et des cantons.

Il y est également fait état des efforts entrepris par chaque canton pour encourager, dans le cadre du programme fédéral et cantonal de politique énergétique de 1988 et 1990, l'utilisation de l'énergie solaire. Arrivent en tête les cinq cantons de Berne, Bâle-Ville, Bâle-Campagne, Genève et Neuchâtel. Solar 91 s'engage dans la campagne de promotion de l'énergie solaire, tout en revendiquant une situation concurrentielle saine et conforme aux lois du marché. Comparée aux premières lampes électriques qui furent installées en 1879 à St Moritz, la solar-électricité obtenue par effet photovoltaïque est déjà aujourd'hui d'un prix intéressant. Quant à la chaleur ainsi produite, elle est en règle générale, même en Europe du Centre, compétitive dans le cas de grosses



A L'IMAGE DU PRESTIGIEUX GOLF  
DE CRANS-SUR-SIERRE,  
GASTON BARRAS CONSTRUIT POUR VOUS  
DES RÉSIDENCES DE GRANDE QUALITÉ



AGENCE IMMOBILIÈRE  
Gaston et Christian BARRAS

VENTE - LOCATION

3963 CRANS-SUR-SIERRE VALAIS/SUISSE  
TÉLÉPHONE : 027 / 41 27 02 - TÉLEX : 473 80

FAX : 027/414671

LA MAISON DU VALAIS

20, rue Royale  
75008 PARIS

Tél. : (1) 42 60 22 72  
(1) 42 60 23 75

installations. Tout comme autrefois, on recherche des entrepreneurs dans le domaine du solaire. Et ils sont aujourd'hui plus nécessaires que jamais !

### **Un grand intérêt et un premier objectif dépassé**

L'écho du projet dépassa, à de multiples égards, toute attente. L'objectif ambitieux de 700 installations solaires fut non seulement atteint au 1<sup>er</sup> août, mais, avec 789 installations, dépassé de plus de 10 %.

En outre, le projet rencontra, aussi bien en Suisse qu'à l'étranger, un grand intérêt auprès des médias.

### **Le respect de nos espaces verts**

Toutes ces installations prouvent une chose : elles peuvent, en effet, être installées sur des surfaces déjà bâties, des toits ou façades de maisons, des rues ou des écrans d'insonorisation, sans qu'aucun m<sup>2</sup> de terre cultivée ou d'espace vert n'y soit sacrifié.

### **Les délégués Solar 91 : structures décentralisées, également au service d'«Energie 2000»**

Le Comité de travail Solar 91 regroupe des délégués représentant toute la Suisse. Ces délégués «Solar 91» ont un haut niveau de qualification, en général une formation d'ingénieur. Ils travaillent dans la région où ils habitent, c.à.d. de manière décentralisée. Ils parlent la langue de leurs concitoyens et sont là pour répondre aux questions qu'ils se posent sur le projet, l'utilisation rationnelle de l'énergie et le programme fédéral «Energie 2000».

Evidemment, aucun canton n'a encore rattrapé le canton pionnier qu'est Berne en ce qui concerne l'utilisation effective de l'énergie solaire. Mi-novembre 1991, ce canton pouvait fêter dans le district de Schwarzenburg sa 1 000<sup>ème</sup> installation solaire. Mais même dans les cantons jusqu'à présent plutôt conservateurs, comme par exemple l'Argovie, le projet Solar 91 a été diffusé de pied en cap, et ce, non pour le moins, grâce aux efforts de notre délégué local, Monsieur Hüsler. Toutes les communes ont, en effet, reçu la documentation correspondante.

### **PLUS D'ÉCONOMIE DE MARCHÉ DANS LE SECTEUR DE L'ÉNERGIE**

#### **Plus d'économie de marché, moins de distorsion dans la concurrence**

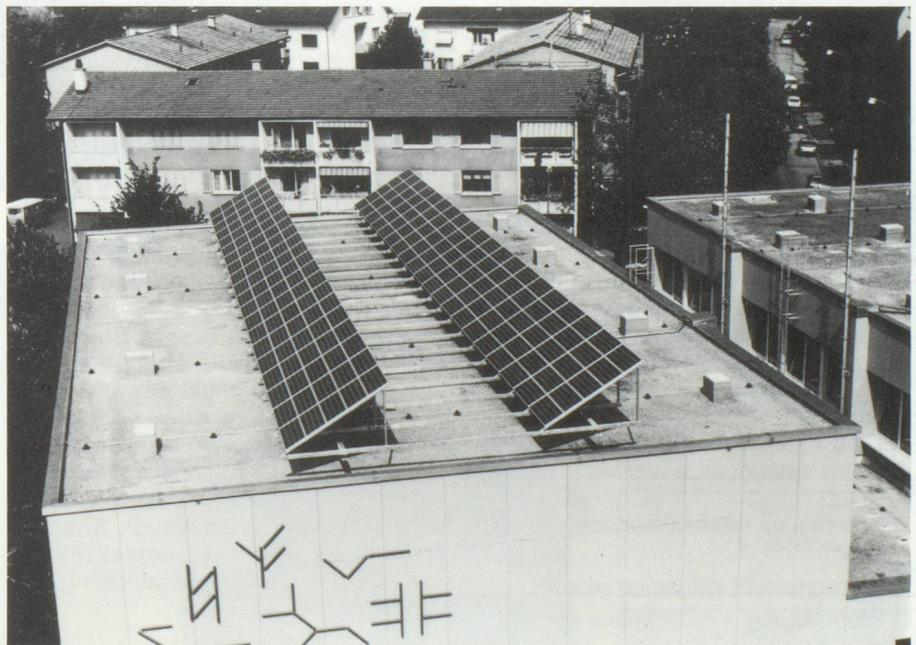
En matière de construction et de promotion d'installations solaires en Suisse, la palme revient, comme nous l'avons déjà dit, au canton de Berne. La promotion de l'énergie solaire ne signifie pas le subventionnement systématique d'un comportement écologique, mais s'oppose aux distorsions du système.

Grâce à l'énergie solaire, il est possible de réduire les taux de substances polluantes, telles que les oxydes d'azote, le dioxyde de soufre, la suie, le CO<sub>2</sub>, etc. et d'éviter la combustion de combustibles fossiles. L'avantage économique en résultant pour la collectivité (environ 2.750 FF par m<sup>2</sup> de collecteur), doit au moins être remboursé partiellement à l'acquéreur d'une installation solaire, si l'on veut garantir une concurrence conforme aux normes du marché. Sinon, ce seraient les propriétaires d'installations solaires qui, de par leurs impôts, subventionneraient indirectement ceux qui polluent l'air et l'environnement.

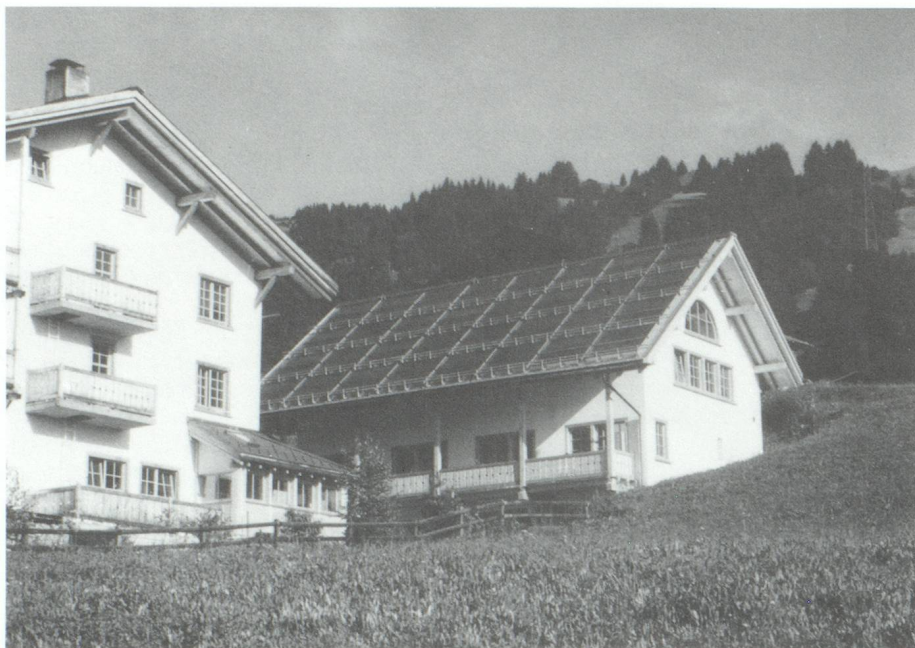
### **Une contribution au programme Energie 2000**

Si chaque année, ne serait-ce que la moitié des 3 029 communes suisses participe à Solar 91 en se dotant d'une modeste installation de 20 KW, on obtiendra au plan national une puissance électrique de 30 MW, ce qui correspond à la plus importante centrale hydraulique actuellement en construction (ILANZ 1/34 MW). En outre, si une industrie sur 10 parmi les 30 000 que compte la Suisse, participe en s'équipant d'une petite installation de 3 KW, cela correspond à 90 MW. Au total, cela constituera, chaque année, une puissance électrique ou thermique supplémentaire d'environ 120 MW.

La planification et la construction de telles installations constituent, sans aucun doute, à la fois un travail pionnier et une recherche concrète. Cela, mais aussi les erreurs et les expériences, nous profitent à tous ainsi qu'à l'économie en général. Il devrait donc être évident que ces hommes et ces entreprises à l'esprit d'initiative qui, pour le bien et dans l'intérêt de tous, veulent une production plus soucieuse de l'environnement, ne doivent pas être laissés seuls face à une telle tâche dans un contexte de haute technologie.



*Ecole Lange-Heid à Münchenstein (canton de Bâle) : Ensemble de capteurs solaires représentant 12,5 KW (à la fin de la construction : 25 KW).*



L'installation modèle de l'Hôtel Ucliva à Waltensburg (canton des Grisons) produit, avec environ 100 m<sup>2</sup> de capteurs solaires, la chaleur couvrant la consommation d'eau chaude des clients de l'hôtel.

### LE PRIX SOLAR SUISSE 1991

Le manuel Solar 91 et le règlement du prix Solar Suisse furent, en 1990/91, distribués à toutes les communes de Suisse, aux associations professionnelles ainsi qu'à des centaines de sociétés, entreprises, etc. Il y eut au total 409 inscriptions, provenant de 256 communes. Et que la remise des prix, le 4 octobre 1991 à Brienz, se soit faite en présence du Conseiller fédéral Adolf Ogi, de M. Wolfgang Plaz, directeur du Programme «Energies renouvelables» à la Direction Générale XII des Communautés Européennes, et d'autres personnalités du monde politique, économique et scientifique fut, sans aucun doute, un honneur exceptionnel aussi bien pour Solar 91 que pour tous les lauréats. Les commissions de sélection et le jury du Prix Solar 91 ont, au total, récompensé 16 lauréats dans les catégories suivantes :

- Communes suisses (surface par habitant)
- Entreprises et industries suisses
- Propriétaires d'installations solaires
- Personnalités et institutions
- Installations solaires les mieux intégrées.

### Les lauréats 1991 du 1<sup>er</sup> Prix Solar Suisse

#### a) Catégorie «Communes suisses» (au total 76 projets)

Cette catégorie fut remportée par la commune de Brienz/Brinzauls (130 habitants), située dans le canton des Grisons, avec 144 m<sup>2</sup> de collecteurs et de cellules solaires, soit 1,108 m<sup>2</sup> par habitant. Le soleil de Brienz, avec une durée moyenne d'ensoleillement de 1 684 heures par an, permet ainsi d'économiser, sur un an, environ 45 kg de pétrole par habitant, et de réduire d'autant la pollution atmosphérique due à la combustion de produits d'origine fossile. Des 3 029 communes que compte la Suisse, Brienz est celle qui présente le plus haut taux d'équipement en photopiles par habitant. Et compte tenu de sa population, elle peut se féliciter d'être, sur le plan énergétique, la commune la plus indépendante de Suisse. Arrivent ensuite Mézières (canton de Vaud), Arisdorf (canton de Bâle-Campagne), Flond (canton des Grisons), Krattigen (canton de Berne), etc.

#### b) Catégorie «Entreprises et industries» (au total 30 projets)

Pour leurs remarquables prestations dans le domaine du solaire, le jury a récompensé, à titre ex-æquo, les candidats suivants :

- ◆ Société Colt AG, Baar (canton de Zoug)
- ◆ Menuiserie métallique H. Schaefer, Konolfingen (canton de Berne)
- ◆ Menuiserie métallique Scheidegger Metallbau AG/Hochstetter + Partner, Kirchberg/Bienne.

#### c) Catégorie «Propriétaires d'installations solaires» (au total 274 projets).

Cette catégorie vise à récompenser les personnes morales ou physiques présentant la plus grande autonomie énergétique et utilisant au mieux l'énergie solaire suisse pour faire face à leurs besoins. Les lauréats 1991 de cette catégorie sont :

- ◆ La famille G. Girsberger (2 personnes), Altikon (canton de Zurich), avec 94 m<sup>2</sup> de collecteurs et cellules solaires, soit 47 m<sup>2</sup> par personne.
- ◆ La Société Energie Solaire SA (5 salariés), Sierre (canton du Valais) avec 200 m<sup>2</sup> de Collecteurs et, ainsi, 40 m<sup>2</sup> par personne.
- ◆ B + K Spöndlin (2 personnes), Binningen (canton de Bâle-Campagne), qui disposent depuis mai 1991 d'une installation photovoltaïque de 60 m<sup>2</sup> et donc, de 30 m<sup>2</sup> par personne.

#### d) Catégorie «Personnalités et institutions»

Les personnalités suivantes ne se situent pas sur le devant de la «scène solaire» suisse, mais se sont pourtant particulièrement engagées dans la promotion de l'énergie solaire, en jouant un important rôle de relais et de médiation :

- ◆ M. René Bärtschi (canton de Berne) qui, en sa qualité de Conseiller d'Etat, est le mieux parvenu à promouvoir l'utilisation du solaire au niveau cantonal.
- ◆ M. Fulvio Caccia, Conseiller National. On lui doit, en tant que Conseiller d'Etat du Tessin, la première installation photovoltaïque de Suisse.
- ◆ M. Simon Camartin, Député au Grand Conseil, qui a vu, en 1990, ses efforts couronnés de succès au Parlement cantonal des Grisons : sa motion pour la promotion de l'énergie

solaire (contribution cantonale de l'ordre de 25 à 50 %) a été adoptée par 64 voix contre 7 contre la volonté du Gouvernement. On lui doit, en outre, en tant que Président de la commune de Disentis/Muster, la construction d'une installation photovoltaïque de 100 KW.

◆ M. Georges Krebs, ingénieur (Canton de Genève) et la ville de Genève : réalisation d'un programme de promotion de l'énergie solaire pour immeubles collectifs d'habitation dans l'agglomération de Genève.

◆ M. Paul Daniel Panchaud, Directeur, Compagnie Vaudoise d'Electricité (CVE) qui, dans le cadre d'un remarquable programme dont on gagnerait à s'inspirer, a très largement favorisé la construction d'installations photovoltaïques dans le canton de Vaud (pour toute nouvelle installation photovoltaïque de 3KW en 1991, la CVE a pris à sa charge le tiers des coûts d'investissement).

e) Catégorie «Installations solaires les mieux intégrées»

- ◆ Fabrique de Fenêtres Aerni AG, Arisdorf (canton de Bâle-Campagne)
- ◆ Maison solaire Bühler, Lausen (canton de Bâle-Campagne)
- ◆ Menuiserie métallique Scheidegger AG/Hochstetter + Partner, Kirchberg (canton de Berne)

f) Prix Solar 91 «Hors Catégorie»

La maison à 100 % solaire construite en 1989 à Oberburg (canton de Berne) marquera notre temps. Elle a, en effet, permis de démentir la majorité des théories et dogmes établis et autres calculs émanant des plus grands bureaux d'ingénierie, selon lesquels une couverture à 100 % solaire pour une maison abritant 2 familles et présentant tout le confort habituel, n'était pas réalisable en plein cœur de la Suisse. Cette maison à 100 % solaire constitue, dans le domaine de l'éner-

gie solaire, une réalisation exceptionnelle de dimension européenne.

#### PERSPECTIVES D'AVENIR

L'action Solar 91 sera poursuivie en 1992 et, selon toute prévision, jusqu'en l'an 2000. Contrairement à 1991, on jugera cette année, essentiellement l'accroissement des installations solaires. Ne seront donc plus récompensées que les installations qui auront été construites ou mises en service entre le 1<sup>er</sup> août 1991 et le 31 juillet 1992. On tiendra compte, en outre, pour les bâtiments, du coefficient volumique de déperdition thermique, ce qui évitera de primer des installations déficientes sur le plan énergétique. Actuellement, 40 nouvelles installations sont déjà inscrites pour le prix Solar. Et nous sommes convaincus que, cette année aussi, de nouvelles implantations nous rapprocheront un peu plus de notre but, à savoir «d'une Suisse plus indépendante au plan énergétique». ■

# LAPERRIERE

# TRANSPORTS SERVICES

240 VÉHICULES  
DE TOUS TONNAGES

AGENCES EN DOUANE

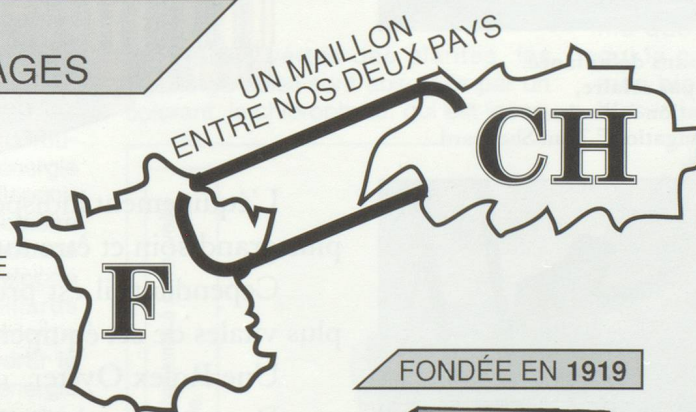
LIAISONS RÉGULIÈRES  
FRANCE-SUISSE &  
PRINCIPAUX PAYS D'EUROPE

TOUS LES JOURS

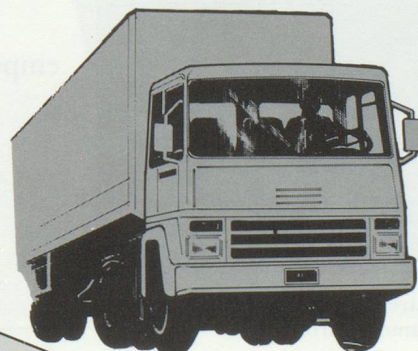
LYON  
PARIS  
MARSEILLE  
BOURGOGNE  
RHONE-ALPES  
FRANCHE-COMTE

SERVICES MARITIMES & AÉRIENS

L'EXPERIENCE  
LES MOYENS  
DE VOUS SATISFAIRE



FONDÉE EN 1919

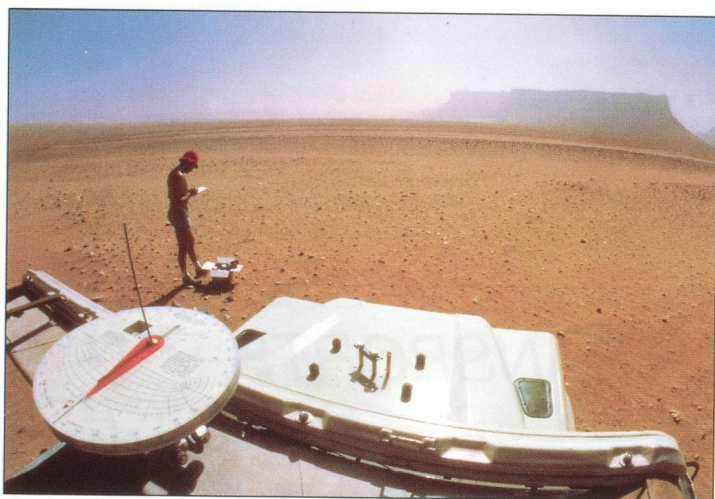


39200	SAINT-CLAUDE Z.I. du Plan-d'Acier B.P. 113 Tél. 84.45.00.11
01102	OYONNAX CEDEX Rte de Dortan - B.P. 2010 Tél. 74.77.68.77
94387	BONNEUIL-SUR-MARNE 5, chemin de Stains Tél. (1) 43.39.78.02
69800	SAINT-PIERRE 7, rue du Lyonnais Tél. 78.20.69.65
39220	LA CURE Tél. 84.60.00.88 Télex 360.447
01220	DIVONNE-LES-BAINS Tél. 50.20.26.44
NEW YORK MONTRÉAL TOKYO	
SUISSE	
1265	LA CURE (VD) Tél. (022) 60.14.48
1264	CHAVANNES-DE-BOGIS (VD) Tél. (022) 776.49.03

# Une Rolex ne donne pas seulement l'heure



"Au fond des mers, ma Rolex est encore plus à l'aise que moi." Sylvia Earle.



"Ma Rolex a fonctionné sans défaillance. Utilisée avec le compas solaire, elle a permis une orientation à l'estime, dernier recours en matière de navigation." Tom Sheppard.

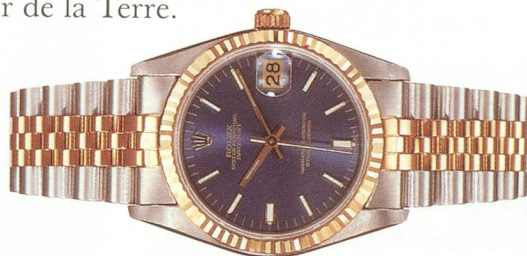


"Dans l'Arctique, une montre est l'équipement de survie de base." Janusz Kurbiel.

Au moment où vous lisez ces lignes, quelqu'un quelque part dans le monde, s'aventure dans l'inconnu.

Il est peut-être en mer - un minuscule point sur l'océan, à bord d'une frêle embarcation progressant lentement à travers le Pacifique.

Ou au plus profond des mers, explorant l'espace intérieur de la Terre.

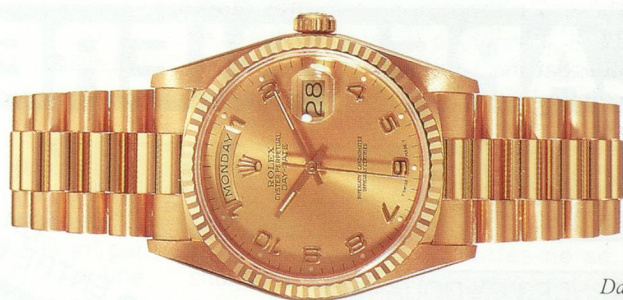


Datejust

Ou essayant un tourbillon de poussière dans la chaleur impitoyable d'un désert insoupçonné.

Ou endurant des températures de 60° au-dessous de zéro en s'élançant en traîneau à chiens sur la calotte polaire.

Affronter ces environnements inhospitaliers sans avoir consacré des semaines, des mois, voire des années de préparation, serait folie pure.



Day-Date

L'équipement indispensable devra être choisi avec le plus grand soin et être totalement fiable.

Cependant, il est probable que l'une des pièces les plus vitales de cet équipement sera portée à leur poignet. Une Rolex Oyster.

Dans quel endroit du monde emporterez-vous la vôtre ?

  
**ROLEX**  
GENÈVE



Perpetual Date

Documentation sur demande à SAF des Montres Rolex, 10, avenue de la Grande-Armée - 75017 Paris.

# La photosynthèse artificielle

Conversion de la lumière en électricité  
par un système photovoltaïque moléculaire  
de haut rendement

*Michael Graetzel, Professeur, Institut de  
Chimie Physique, Ecole Polytechnique Fédérale, Lausanne*

**A** l'Institut de Chimie Physique, des recherches dans le domaine de la photosynthèse artificielle sont effectuées qui portent, en particulier, sur l'effet photovoltaïque moléculaire et son utilisation pour la génération d'électricité à partir de la lumière. Notre laboratoire a développé des couches d'oxydes semi-conducteurs ayant une rugosité très élevée. Dérivatisées par des chromophores appropriés, ces membranes minces donnent des rendements extraordinaires de conversion de lumière monochromatique en courant électrique, dépassant 90 % pour certains systèmes. En exploitant cette découverte étonnante, nous avons réalisé un nouveau type de pile photovoltaïque dont le principe est proche de la méthode utilisée par les feuilles vertes dans la conversion de l'énergie solaire par photosynthèse. En lumière directe, nos modules ont déjà atteint un rendement de 10 % à la fin de 1991. En lumière diffuse, ou sous un ciel nuageux, le rendement de nos cellules est étonnamment élevé, dépassant déjà celui des cellules conventionnelles au silicium polycristallin. Leur coût ne devrait pas dépasser le dixième de celui des piles classiques.

## LE PRINCIPE DE LA PHOTOSYNTHESE NATURELLE

**L**a photosynthèse constitue la route principale par laquelle l'énergie libre de l'univers devient disponible au monde vivant. La survie de notre espèce dépend de cette source d'énergie et de nourriture. Développé par les plantes il y a trois milliards d'années, ce processus utilise l'énergie lumineuse du soleil pour convertir le gaz carbonique en glucides. L'énergie captée par la photosynthèse est phénoménale. Sur toute la terre, 1017 kcal sont convertis par an, ce qui correspond à la génération continue d'une puissance électrique de treize mille gigawatt et à l'assimilation de dix milliards de tonnes de gaz carbonique !

Les recherches très poussées de ces dernières années ont pu éclaircir le mécanisme de ce processus fascinant qui est la photosynthèse. Dans

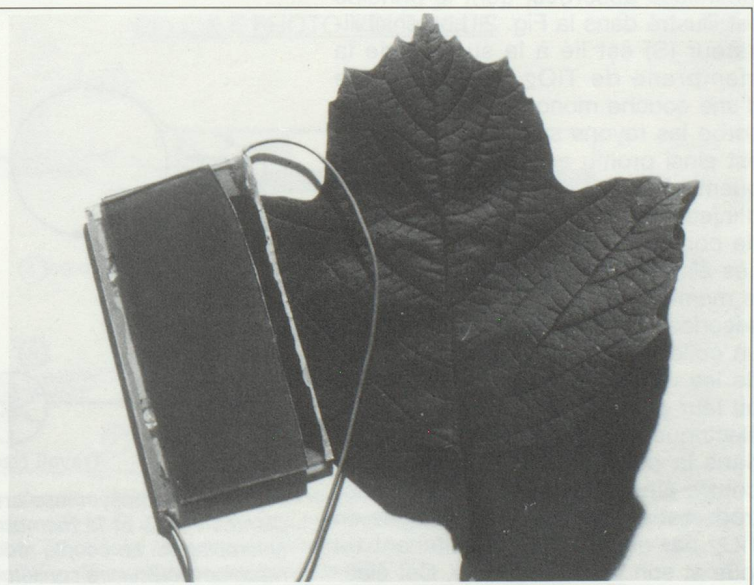
les feuilles vertes des plantes, les rayons du soleil sont absorbés par un colorant, la chlorophylle, qui est incor-

poré dans une membrane lipidique, les thylakoides. L'excitation lumineuse déclenche une chaîne de réactions d'oxydoréduction résultant en la séparation de charges électriques à travers la membrane. Ces charges sont ensuite utilisées pour la production des glucides et d'oxygène. Le rendement de conversion accompli par les plantes est d'environ 10 % pour l'acte primaire de la séparation de charges, mais il décroît à moins de 2 % pour le processus global de la photosynthèse.

## L'IMITATION DU SYSTEME NATUREL, LA PHOTOSYNTHESE ARTIFICIELLE

**L**a Fig. 1 juxtapose une feuille verte à notre nouvelle cellule photovoltaïque simulant les principes essentiels de la photosynthèse. Or, les composants du système artificiel doivent être choisis afin de répondre aux critères de stabilité imposés par une application pratique. En effet, un système photovoltaïque doit pouvoir fonctionner pendant 20 ans sans que ses performances présentent une dégradation notable. Dans le cas des systèmes vivants, cette exigence est de moindre importance, car les composants instables pourront être remplacés au fur et à mesure de leur disparition. La chlorophylle, de même que les membranes lipidiques qui la contiennent dans les systèmes biologiques, ne sont pas stables *in vitro*, et ne peuvent donc pas

Figure 1 : Une feuille verte juxtaposée à la nouvelle pile solaire, la feuille artificielle.



être repris tels quels. Ainsi, dans le système artificiel, la chlorophylle sera remplacée par une molécule sensibilisatrice (S), plus stable, dont le rôle est identique à celui de la chlorophylle. Elle absorbe l'énergie solaire incidente afin de permettre une réaction de transfert de charge.

Une membrane céramique en dioxyde de titane remplace la membrane lipidique des systèmes biologiques. Cette matière est un semi-conducteur qui n'absorbe pas la lumière visible. De plus, elle est totalement inerte et ne présente aucun danger à l'environnement, et sa grande stabilité la rend particulièrement bien adaptée au présent usage. Le  $TiO_2$  existe dans la nature sous forme d'ilménite, et est employé en grande quantité comme pigment blanc dans les peintures ainsi que comme additif dans la formulation de pâtes dentifrices. Il s'en produit environ un million de tonnes par an dans le monde, et son coût est de ca. 1.50 SFr./Kg. Comme la membrane utilisée ne mesure que 4 microns d'épaisseur, la fabrication d'un mètre carré de capteur solaire met en œuvre quelque 10 grammes de  $TiO_2$ , impliquant un coût de moins de 0,02 SFr/m<sup>2</sup>.

◆ *La pompe à électrons actionnée par la lumière*

Dans notre cas, comme dans la photosynthèse naturelle, l'absorption d'énergie solaire met en route une pompe à électrons mue par l'énergie lumineuse absorbée, dont le principe est illustré dans la Fig. 2. Le sensibilisateur (S) est lié à la surface de la membrane de  $TiO_2$ , sous la forme d'une couche monomoléculaire. Il absorbe les rayons solaires incidents et est ainsi promu en un état électronique excité S, d'où il est à même d'injecter un électron dans la bande de conduction du dioxyde de titane. Les électrons ainsi injectés traversent la membrane en moins de 100 microsecondes et sont ensuite recueillis par un collecteur de courant, qui permet de les diriger vers un circuit externe ou leur passage produit de l'énergie électrique. Ils sont ensuite réintroduits dans la cellule par le chemin d'une contre-électrode. Cette contre-électrode est séparée de la membrane en  $TiO_2$  par un électrolyte contenant du iode et son anion, le iodure. Cet élec-

trolyte garantit le transfert de charge entre les deux électrodes. Ainsi, le cycle des réactions redox est bouclé, transformant l'énergie solaire absorbée en un courant électrique, sans changement de la composition de quelque partie du système que ce soit. Exposée à la lumière directe du soleil, chaque molécule sensibilisatrice subit environ 20 fois par seconde cette transformation cyclique. La machine moléculaire fonctionne donc à une fréquence de 20 Hz.

◆ *L'absorption de la lumière par des couches moléculaires*

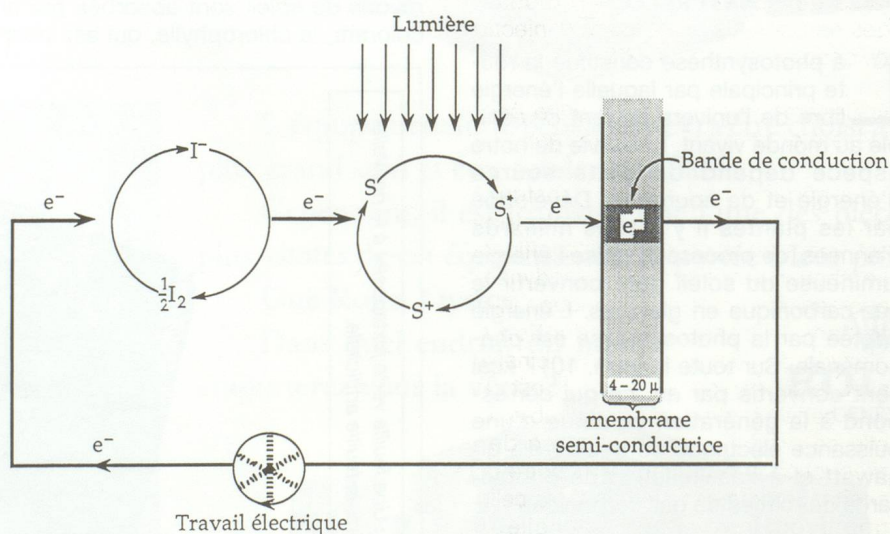
L'absorption de la lumière par un sensibilisateur à la surface de la membrane de  $TiO_2$  se heurte à l'obstacle que représente la faible efficacité d'absorption de la molécule du colorant. Chaque molécule de sensibilisateur occupe une surface 100 fois supérieure à sa section efficace d'absorption de la lumière, ce qui revient à dire qu'une couche mono-moléculaire de colorant sur une surface plane ne pourra jamais absorber plus de 1 % de la lumière incidente. De plus, l'emploi de couches sensibilisatrices plus épaisses ne résout pas le problème, car dans ce cas, les couches de colorants externes ne font que filtrer la lumière incidente, sans participer à la production de courant

électrique. L'emploi de couches monomoléculaires est donc inévitable.

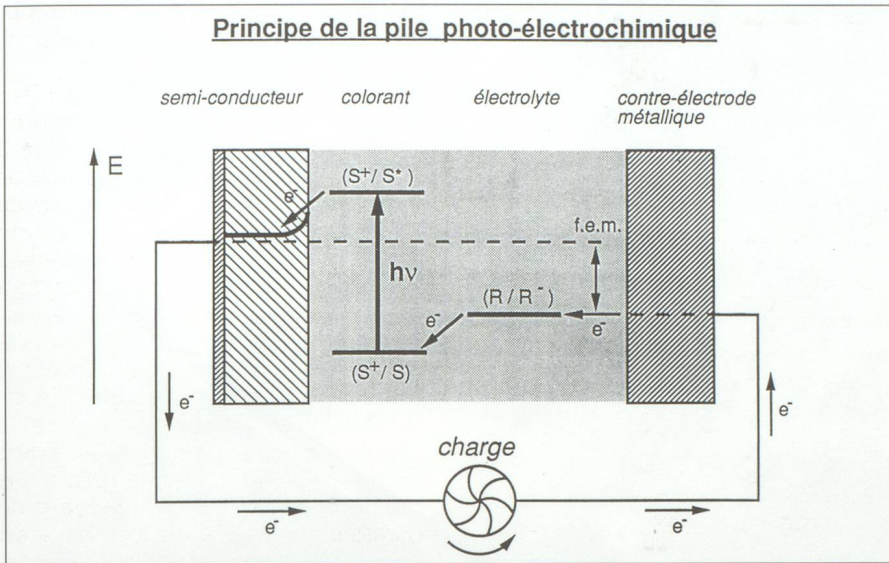
Une stratégie efficace pour la résolution de ce problème est l'emploi de membranes de dioxyde de titane à structure rugueuse. Des membranes transparentes de  $TiO_2$ , composées de particules colloïdales de 10 à 20 nm de diamètre, peuvent être réalisées par des méthodes sol-gel. Le contact électrique entre les particules est garanti par un bref frittage à 500°C. La structure obtenue est microporeuse et présente une rugosité énorme. En effet, la surface réelle d'une pareille membrane est, à taille égale, au moins mille fois plus grande que celle d'une membrane plane. En employant de pareilles membranes colloïdales, il est possible de capter toute la lumière incidente par la mono-couche du colorant dans le domaine spectral de sa bande d'absorption.

◆ *Le rendement quantique de l'injection de charge*

Le rendement quantique de l'injection de charge ( $\phi_{inj}$ ) représente la fraction des photons incidents donnant lieu à une injection d'électrons dans la bande de conduction de la membrane. Cette injection de charge se déroule en parallèle, et de manière compétitive, avec d'autres processus de



**Figure 2 :** Photosynthèse artificielle : le sensibilisateur (S) remplace la chlorophylle des plantes vertes et la membrane semi-conductrice remplace la membrane lipidique des chloroplastes. Le couple redox iode/iodure joue le rôle de relais d'électron. Cette nouvelle machine moléculaire constitue une véritable pompe à électron.



**Figure 3 :** Représentation schématique d'une cellule photoélectrochimique régénérative afin d'illustrer l'origine du photopotential.

désactivation du sensibilisateur excité. Cela signifie que l'injection de charge doit s'effectuer par le colorant en moins d'une picoseconde. De pareils sensibilisateurs ont en fait été développés dans notre laboratoire récemment. Ces colorants sont munis de groupes fonctionnels qui permettent non seulement une bonne fixation du sensibilisateur à la surface du dioxyde de titane, mais qui assurent également un excellent couplage électronique entre le colorant et la bande de conduction du semi-conducteur. De tels colorants permettent en général d'obtenir des rendements quantiques d'injection de charge supérieurs à 90 %.

◆ *Séparation de charge induite par la lumière et production de courant*

La dernière étape de la transformation de la lumière en courant électrique est une séparation de charge efficace. Le chemin réactionnel thermodynamiquement favorable pour l'électron injecté dans la bande de conduction du dioxyde de titane est la recombinaison avec le sensibilisateur oxydé. Il est clair que cette réaction est indésirable, car elle se produit en lieu et place de la production de courant. Dans notre dispositif, comme dans le cas de la cellule photovoltaïque conventionnelle, un champ électrique auto-généré est présent. Il se forme par transfert spontané d'électrons du semi-conducteur à l'électrolyte lorsque ces deux sont mis

en contact. La présence de ce champ empêche la recombinaison des charges.

Si l'on appelle  $\eta_e$  la fraction des électrons qui échappent à la recombinaison pour arriver dans le circuit extérieur, nous obtenons l'expression du rendement en courant sous irradiation monochromatique :

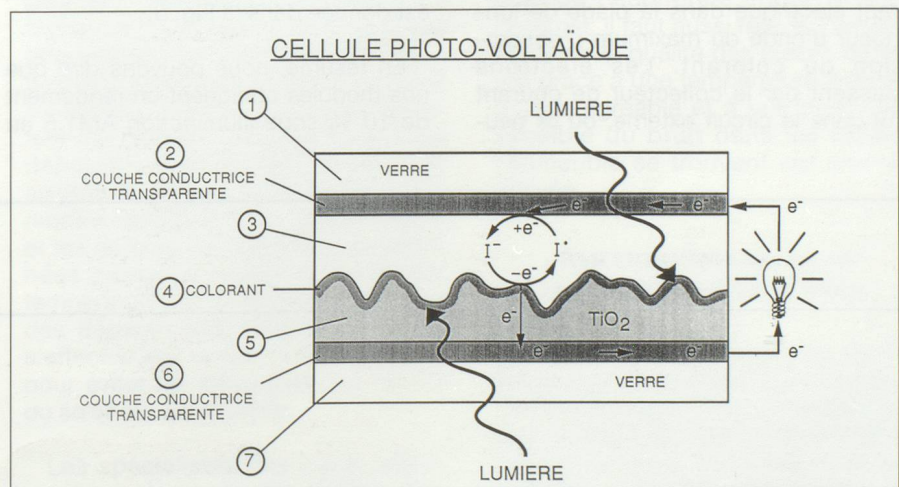
$$(1) \eta_i(\lambda) = ABS(\lambda) \times \phi_{inj} \times \eta_e$$

où ABS correspond à la fraction absorbée de la lumière de longueur d'onde  $\lambda$ . Ce rendement en courant

exprime le rapport entre le courant électrique mesuré et le nombre de photons incidents à une longueur d'onde donnée. L'optimisation de notre système a permis d'atteindre des rendements proches de 1. Ainsi, nous obtenons une transformation quantitative des photons de la lumière incidente en électrons, à condition que la lumière en question se trouve dans le domaine d'absorption du colorant.

◆ *Tension de cellule et rendement global*

Le photopotential de notre pile représente la différence entre le potentiel de l'électron dans le  $TiO_2$  et le potentiel redox de l'électrolyte (Fig. 3). Lors de l'emploi d'une solution alcoolique de iode et de iodure comme électrolyte, la cellule développe un photopotential de 0.7 à 1 V en circuit ouvert et sous irradiation solaire directe ( $890 W/m^2$ ). Sous une illumination mille fois plus faible, le potentiel de cellule ne décroît que de quelque 200 mV, c.-à-d. que la diminution relative de la tension n'est que de 20 à 30 %. A titre de comparaison, une cellule au silicium courante verrait sa tension aux bornes décroître d'un facteur de 3 sous les mêmes conditions. Ceci montre bien que notre cellule est moins sensible aux variations de l'intensité de l'irradiation incidente que les cellules photovoltaïques classiques.



**Figure 4 :** Construction d'un module sur des électrodes de verre transparent : (1) et (7) plaques de verre ; (2) et (6) couches conductrices transparentes ; (3) électrolyte contenant le couple redox ; (4) couche monomoléculaire de colorant absorbé à la surface de la membrane de  $TiO_2$  ; (5) membrane rugueuse de  $TiO_2$ .

Le rendement global de la cellule photovoltaïque peut être facilement estimé à partir de la densité du photocourant ( $i_{ph}$ ), le photopotential en circuit ouvert ( $V_{oc}$ ), le facteur d'idéalité de la cellule ( $ff$ ) et de l'intensité de la lumière incidente ( $I_s$ ), selon :

$$(2) \eta_{global} = i_{ph} \times V_{oc} \times ff / I_s$$

Sous la lumière directe, nos piles atteignent un rendement de l'ordre de 10-11 %.

#### DÉVELOPPEMENT ET ESSAIS DES PREMIERS MODULES DE CELLULES, LA FEUILLE ARTIFICIELLE

Le développement ainsi que les essais des premiers prototypes des modules destinés à une utilisation pratique ont déjà commencés. Le module est représenté dans la Fig 4. La cellule consiste en deux plaques de verre recouvertes d'une couche d'oxyde d'étain conductrice. L'une de ces couches est ensuite recouverte de dioxyde de titane colloïdal produit par une méthode sol-gel, caractérisé par une très grande rugosité, qui sert de piège à la lumière. La lumière visible est absorbée par une couche monomoléculaire d'un complexe d'un métal de transition adéquat qui sert de sensibilisateur. Celui-ci, une fois excité par la lumière incidente, injecte des électrons dans la bande de conduction du dioxyde de titane. De tels systèmes permettent de convertir plus de 80 % des photons incidents en courant électrique dans la plage de longueur d'onde du maximum d'absorption du colorant. Les électrons passent par le collecteur de courant (6) dans le circuit externe, où ils peu-

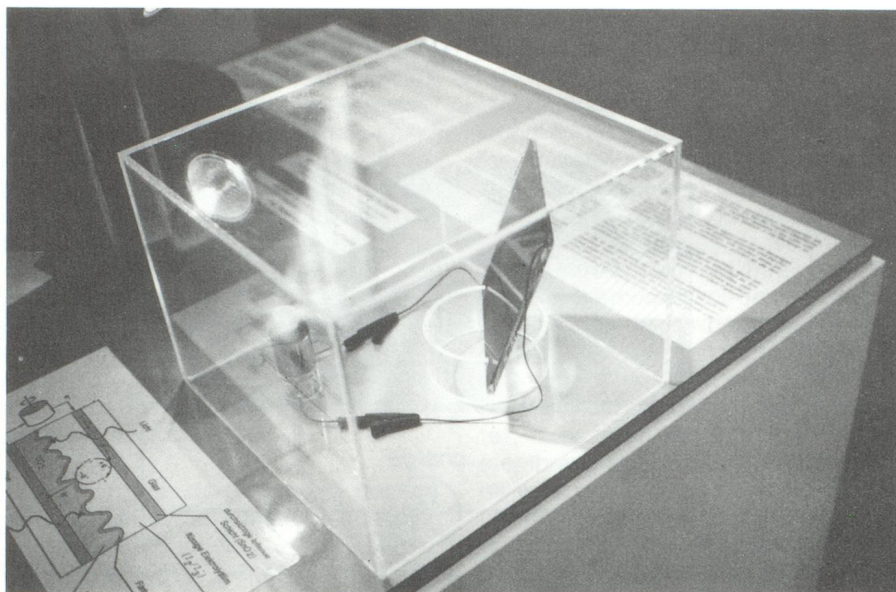


Figure 5 : Vue d'un module tel qu'il se présente au stade actuel du développement. La pile est transparente et de cette façon capte la lumière des deux côtés. Elle se prête surtout à l'application dans l'habitat, par exemple sous forme de fenêtre colorée.

vent accomplir du travail, pour être ensuite réintroduits dans la cellule par le biais de la contre-électrode (2). La couche de sensibilisateur (4) est séparée de la contre-électrode (2) par l'électrolyte (3). L'électrolyte (3) contient un système redox qui assure le transfert des électrons de la contre-électrode à la couche de sensibilisateur, qui est chargée positivement suite à l'injection d'électrons dans le semi-conducteur. Les modules en question ont des surfaces de 20 à 100 cm<sup>2</sup>. Une illustration d'une telle pile est donnée dans la Fig. 5.

En résumé, nous pouvons dire que nos modules atteignent un rendement de 10 % sous illumination AM1.5 au

stade actuel de leur développement, et que des rendements de 15 % devraient être réalisés avant la fin de 1992. Ces progrès seront principalement dus à une amélioration du recouvrement spectral entre le colorant et la lumière solaire. En lumière diffuse, ou sous un ciel nuageux, le rendement de nos cellules est étonnamment élevé, et dépasse déjà celui des cellules conventionnelles au silicium polycristallin. Leur coût ne devrait pas dépasser le dixième de celui des piles classiques. Ces cellules sont particulièrement adaptées pour l'application décentralisée, à savoir dans l'habitat, où elles donneront un appui considérable à l'approvisionnement énergétique des ménages. ■

Suisse de Réassurances



Zurich, Téléphone 01 285 21 21, Télex 815 722 sre ch, Télécopieur 01 285 29 99

## Les économies d'énergie proposées par une société d'électricité

*René Clément, Ing. dipl. EPFZ, sous-directeur des  
Entreprises Electriques Fribourgeoises, Fribourg*

**L'énergie est consommée pour produire principalement de la chaleur, de la force motrice et de la lumière, c'est-à-dire pour satisfaire les besoins en énergie utile des consommateurs. En Suisse, la chaleur représente environ les trois quarts des services rendus par l'énergie et la force motrice environ le quart. La lumière ne correspond quant à elle qu'à 0,5 % de l'énergie utilisée.**

Les sources d'énergie auxquelles on recourt sont en grande partie non renouvelables ; elles se trouvent par conséquent en quantité limitée sur notre planète. Par ailleurs, la combustion des énergies fossiles provoque une pollution de notre atmosphère. Ces deux constatations sont déjà suffisantes pour inciter les consommateurs d'énergie à l'économiser. Une diminution de la consommation est possible:

- par l'élimination de toute consommation inutile donc élimination du gaspillage,
- par l'amélioration des rendements de transformation grâce à l'utilisation rationnelle de l'énergie c'est-à-dire par la consommation la plus petite possible pour un service rendu identique.

Les Entreprises Electriques Fribourgeoises (E.E.F.) sont une régie du Canton de Fribourg. Elles ont pour but de produire, transporter et distribuer l'énergie électrique dans une région comprenant environ 200 000 habitants. De plus, elles collaborent activement à la politique énergétique du Canton en proposant au public des moyens d'analyse thermique et des techniques d'utilisation rationnelle de l'énergie.

### LA THERMOVISION

La thermovision est un moyen très efficace pour analyser les déperditions thermiques d'un bâtiment. Tous les corps émettent un rayonnement infrarouge dépendant de leur température et invisible à l'œil. La caméra infrarouge capte ce rayonnement, le transforme en un signal électrique qui permet de visualiser le phénomène et peut être traité par un ordinateur. La façade d'un immeuble chauffe a une température de surface qui est fonction des conditions climatiques et de sa qualité thermique. Cette température est d'autant plus élevée que les déperditions sont importantes. Une analyse au moyen de la thermovision montre rapidement les points faibles et les défauts. Le traitement des données permet d'établir un profil des températures et d'effectuer un calcul des déperditions. Une telle analyse s'effectue par temps froid et couvert pour éviter les influences des rayons du soleil sur les façades.

Les spécialistes des E.E.F. effectuent sur demande des clients, propriétaires et régies immobilières, des examens thermographiques de bâtiments de toute grandeur au moyen d'un équipement perfectionné. Un

rapport complet est délivré avec une évaluation de l'état thermique de l'enveloppe du bâtiment et des propositions d'amélioration.

### ASSAINISSEMENT THERMIQUE D'UN BATIMENT

Le siège principal des E.E.F. à Fribourg occupe un bâtiment d'environ 30 000 m<sup>3</sup> construit en 1934. Un programme d'assainissement a été établi en suivant une méthode de travail bien structurée. Ce programme contenait les priorités d'exécution, les montants à investir et les économies d'énergie de chauffage prévues. Tous les travaux planifiés ont été exécutés. Ils consistaient à isoler la toiture, à poser des vannes thermostatiques sur tous les radiateurs, à remplacer toutes les fenêtres par de nouvelles avec vitrage isolant, à installer deux nouvelles chaudières adaptées aux besoins après une campagne de mesures. La consommation annuelle est passée de 900 000 kWh à 600 000 kWh, soit une économie de plus de 30 %. Les travaux les plus rentables furent les remplacements des fenêtres et d'une chaudière. La rentabilité économique d'une telle opération dépend évidemment du prix des combustibles qui a baissé depuis le moment de la planification de ces travaux, mais le maintien de la qualité du patrimoine doit aussi être pris en considération. En plus de l'économie importante de l'énergie, il faut aussi relever l'amélioration de la qualité des places de travail grâce à une température ambiante plus agréable et à une diminution sensible du bruit dans les locaux, l'immeuble se trouvant sur une rue animée.

### AMÉLIORATION DU BILAN ÉNERGÉTIQUE D'UN HOPITAL

Pour être efficace, un groupe de travail chargé de diminuer la consommation énergétique d'un immeuble doit être multidisciplinaire et composé de représentants de l'exploitation et des utilisateurs ainsi que de spécialistes des systèmes énergétiques. Un tel groupe travaille à l'hôpital cantonal de Fribourg, le plus grand immeuble du Canton. Avec un volume d'environ

190 000 m<sup>3</sup>, il consomme 27 millions de kWh d'énergie thermique. Les E.E.F. participent à ce groupe avec divers spécialistes dont l'un en assume la conduite.

Une amélioration du bilan énergétique par une diminution des pertes est démontrée. Toutefois l'intérêt de l'opération réside dans l'étude et la réalisation d'une amélioration de ce bilan par la diminution des besoins. Comme les prestations de l'hôpital ne sont pas réduites, il s'agit d'une adaptation permanente de l'offre à la demande d'énergie. Cette adaptation est assurée par un ordinateur qui règle les valeurs de consigne en tenant compte de l'inertie thermique des bâtiments, des facteurs de surdimensionnement, des temps de fonctionnement, des climats extérieur et intérieur et de la qualité des services. Il agit sur le chauffage, la climatisation, les températures des processus, les débits, le temps de fonctionnement des installations électriques. La quantité d'énergie économisée estimée à près de 2 millions de kWh est déjà atteinte comme le montrent des mesures, alors que toutes les installations ne sont pas encore contrôlées par la centrale de commande dont le coût s'est élevé à SFr. 800 000.-. De plus, une meilleure gestion de l'eau, notamment

dans les circuits de refroidissement, a eu pour résultat une diminution de sa consommation de 25 %. Les économies d'énergie et financières étant supérieures à la prévision, une extension de la centrale de commande pour le raccordement de nouveaux secteurs est en cours. On constate avec cette action que dans les grands complexes, une gestion maîtrisée de l'énergie conduit à une diminution de la consommation d'énergie supérieure à celle obtenue uniquement par des mesures passives.

### LES POMPES À CHALEUR

Le principe de la pompe à chaleur est ancien puisqu'il a été découvert déjà au siècle passé. Toutefois, c'est à partir de la première crise pétrolière que le chauffage par pompe à chaleur a été relancé. La pompe à chaleur est une machine qui met à profit le cycle thermodynamique de la compression et de la détente d'un gaz en circuit fermé pour prélever de la chaleur d'une source dite froide et la transférer à une source chaude. Le cycle thermodynamique est entretenu par un compresseur qui fonctionne dans la plupart des cas grâce à un moteur électrique. Les sources froides se trouvent en général dans l'environnement, ce sont les cours d'eau, les nappes d'eau souterraine, les premiers mètres ou dizaines de mètres de la surface terrestre et l'air ambiant. Le prélèvement se fait au moyen d'un échangeur de chaleur parcouru par un liquide ou le fluide caloporteur. L'eau ou l'air de chauffage constituent les sources chaudes auxquelles la chaleur est transmise par un échangeur. La pompe à chaleur et l'armoire frigorifique fonctionnent selon le même principe mais les finalités sont inverses : la pompe à chaleur chauffe les locaux en refroidissant l'environnement et dans l'armoire frigorifique, on refroidit l'enceinte en réchauffant le local dans laquelle elle se trouve.

L'intérêt de la pompe à chaleur tient au fait qu'elle transporte de la chaleur de l'environnement dans les locaux avec une consommation réduite d'électricité. Le rapport entre la chaleur fournie et l'électricité consommée s'appelle coefficient de performance.

Le coefficient de performance d'une installation complète avec pompe à chaleur se situe en moyenne entre 2,5 et 3.

Depuis plus de dix ans, dans leurs nouveaux bâtiments ou lors de transformations de chaufferies, les E.E.F. installent un système de chauffage par pompe à chaleur. Ainsi pratiquement tous les types de pompes à chaleur et de nombreuses marques sont testés. Parallèlement des spécialistes sont formés chez les fournisseurs afin de pouvoir assurer l'entretien des installations.

Par leur secteur d'installations intérieures, les E.E.F. proposent à leur clientèle tous les systèmes de chauffage par pompe à chaleur. La prestation comprend le calcul des besoins de chaleur, la proposition du système le mieux adapté en fonction des conditions de l'environnement et les comparaisons économiques avec d'autres modes de chauffage, le montage de l'installation complète y compris l'échangeur extérieur, sa mise en service et un service d'entretien que l'on peut appeler en permanence. L'installation est équipée d'un comptage permettant d'établir régulièrement son bilan énergétique.

Le coût de l'installation de chauffage d'une maison familiale avec une pompe à chaleur et des sondes géothermiques - qui est un des systèmes les plus demandés actuellement - s'élève à environ SFr. 30 000.-. Par rapport à un chauffage électrique classique à résistances, une telle installation ne consomme que le tiers d'électricité. Avec les tarifs d'électricité en vigueur, l'économie financière annuelle se monte à près de SFr. 3 000.-. Par leur secteur des installations intérieures, les E.E.F. ont réalisé environ la moitié des 2 500 installations avec pompes à chaleur en service aujourd'hui sur leurs réseaux.

Les exemples présentés démontrent les possibilités d'économie ou d'utilisation rationnelle de l'énergie. Les moyens mis en œuvre nécessitent de l'expérience, du savoir-faire et des investissements. Les sociétés d'électricité ont un rôle important à jouer dans ce domaine en proposant des nouveaux services au public. ■



Chaufferie avec pompe à chaleur et stock-tampon d'eau chaude.  
© Entreprises Electriques Fribourgeoises.