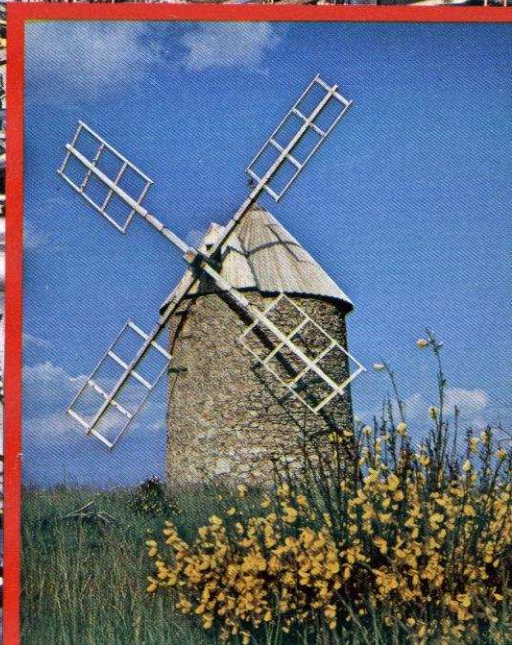


pcem

*la
production
centralisée
d'énergie*

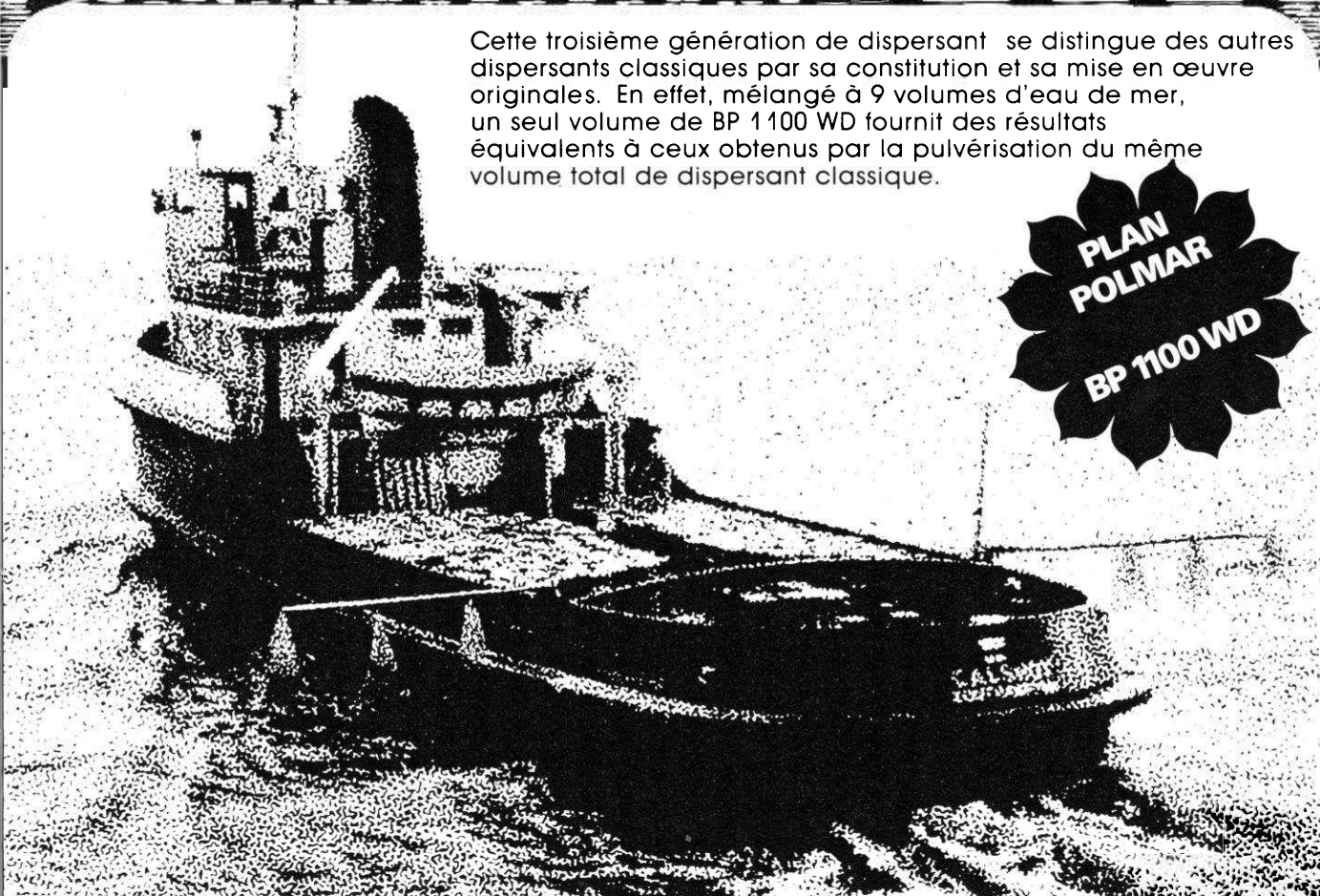


Après BP 1100X BP vient de démontrer en France
l'efficacité de son nouveau dispersant concentré lors du
traitement des nappes de pétrole en haute mer

BP 1100 WD

3^e génération dispersant concentré

Cette troisième génération de dispersant se distingue des autres dispersants classiques par sa constitution et sa mise en œuvre originales. En effet, mélangé à 9 volumes d'eau de mer, un seul volume de BP 1100 WD fournit des résultats équivalents à ceux obtenus par la pulvérisation du même volume total de dispersant classique.



Par sa concentration, le BP 1100 WD apporte les avantages suivants :

Utilisation plus rationnelle

BP 1100 WD permet de traiter pour un même volume de dispersant classique, une nappe d'hydrocarbures 10 fois plus importante

Traitement plus intensif

Les rotations en haute mer des bateaux de traitement étant moins fréquentes le temps ainsi gagné permet une pulvérisation de BP 1100 WD plus intense

Facilité de stockage Économie à l'usage

Accrues par rapport à la précédente génération de dispersant

Application aisée

Une pompe doseuse - Une pompe d'aspiration pour l'eau de mer - Une pompe de pulvérisation.

D'une toxicité très faible BP 1100 WD est agréé et utilisé dans de nombreux pays.



mensuel
28, rue des Saints-Pères
Paris-7^e

Directeur de la publication :

Jacques LECLERCQ
Président de l'Association

Administrateur délégué :

Philippe AUSSOURD
Ingénieur
des Ponts et Chaussées

Rédacteur en chef :

Olivier HALPERN
Ingénieur
des Ponts et Chaussées

Rédacteur en chef adjoint :

Benoît WEYMULLER
Ingénieur
des Ponts et Chaussées

Secrétaire générale

de rédaction :

Brigitte LEFEBVRE DU PREY

Rédaction - Promotion

Administration :

28, rue des Saints-Pères
Paris-7^e - 260.25.33

Bulletin de l'Association des Ingénieurs des Ponts et Chaussées, avec la collaboration de l'Association des Anciens Elèves de l'Ecole des Ponts et Chaussées.

Abonnements :

— France 150 F.
— Etranger 150 F. (frais de port en sus)
Prix du numéro : 18 F.

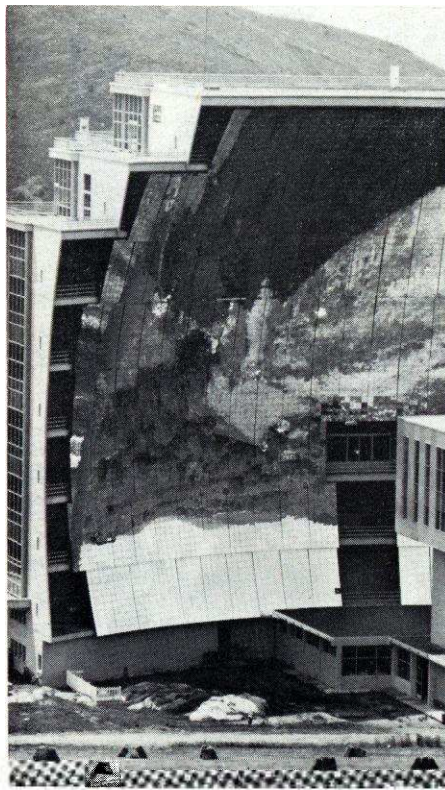
Publicité :

Responsable de la publicité :
Jean FROCHOT
Société Pyc-Editions :
254, rue de Vaugirard
75015 Paris
Tél. 532-27-19

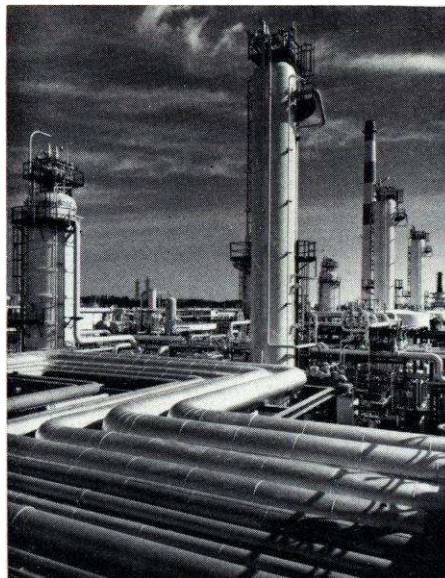
L'Association des Ingénieurs des Ponts et Chaussées n'est pas responsable des opinions émises dans les conférences qu'elle organise ou dans les articles qu'elle publie.

Dépôt légal 4^e trimestre 1978
N° 6905
Commission Paritaire N° 55.306

IMPRIMERIE MODERNE
U.S.H.A.
Aurillac



Four solaire d'Odeillo. (Photo Rapho)



Usine de Lacq. (Photo Yan)

dossier

Editorial 11
André GIRAUD,
Ministre de l'Industrie

Energie et aménagement du Ter-
ritoire 12
J.-C. DERIAN

Les économies d'échelle engen-
drées par la production cen-
tralisée d'énergie sont-elles
illimitées ? 15
J.-M. MARTIN

Aspects centralisateurs et décen-
tralisateurs de l'Industrie
électrique 19
M. BOITEUX

La production d'électricité d'ori-
gine nucléaire 22
J.-C. LENY et J. GAUSSENS

Face à des besoins dispersés,
une production centralisée. 29
J. COUTURE

L'avenir économique du pétrole. 31
J.-C. BALACEANU

Le solaire pourra-t-il être un jour
rentable 36
H. DURAND

rubriques

Mouvements 41

Maquette : Monique CARALLI

Couverture : Photos RAPHO

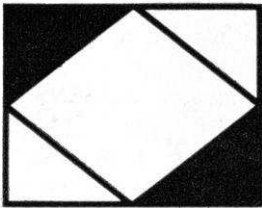


**partout en France
la qualité
c'est notre affaire**

SYNDICAT NATIONAL DES
**PRODUCTEURS DE MATERIAUX D'ORIGINE ERUPTIVE,
CRISTALLOPHYLLIENNE ET ASSIMILES**

3, rue Alfred-Roll - 75849 PARIS CEDEX 17
Tél. : 766.03.64

Un tiers du sol national recèle des gisements de valeur.



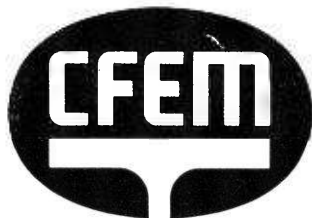
**Dragages et
Travaux Publics**

Tour Eve • La Défense 9 • 92806 Puteaux • Cedex France



**en France
et dans
le monde
entier**

- Terrassements
- Travaux maritimes
- Barrages et canaux
- Routes et voies ferrées
- Aéroports
- Ouvrages d'Art
- Bâtiments et usines
- Travaux souterrains



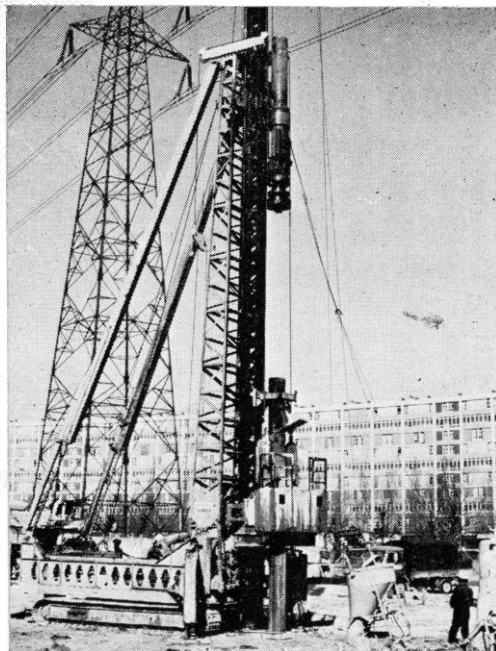
- entreprise générale
- constructions métalliques
- constructions mécaniques
- constructions nucléaires
- constructions off-shore
- aéroréfrigérants
- menuiserie métallique
- façades-murs-rideaux
- chaudronnerie-réservoirs
- ponts fixes et mobiles
- ouvrages hydrauliques

Compagnie Française d'Entreprises Métalliques

57, bd de Montmorency - B.P. 31816-75781 Paris Cedex 16 - Tél. 524 46 92 - Telex Lonfer Paris 620512

CFEM

fondations spéciales



PIEUX BATTUS MOULÉS VIBRO-ARRACHÉS

- DIAMETRE : 350 MM A 650 MM
- FICHE MAXIMUM : 28 M LINEAIRE
- CONTRAINTE DU BETON VIBRE ET MIS A SEC : 70 BARS MAXIMUM

AUTRES PIEUX

- PIEUX INJECTES RESISTANT A LA TRACTION
- PIEUX VIBRO-FONCES MOULES
- PIEUX BETON FORES MOULES Ø 0,40 M à 2 M
- PIEUX METALLIQUES H OU TUBE
- PIEUX BETON CENTRIFUGE SYSTEME BREVETE

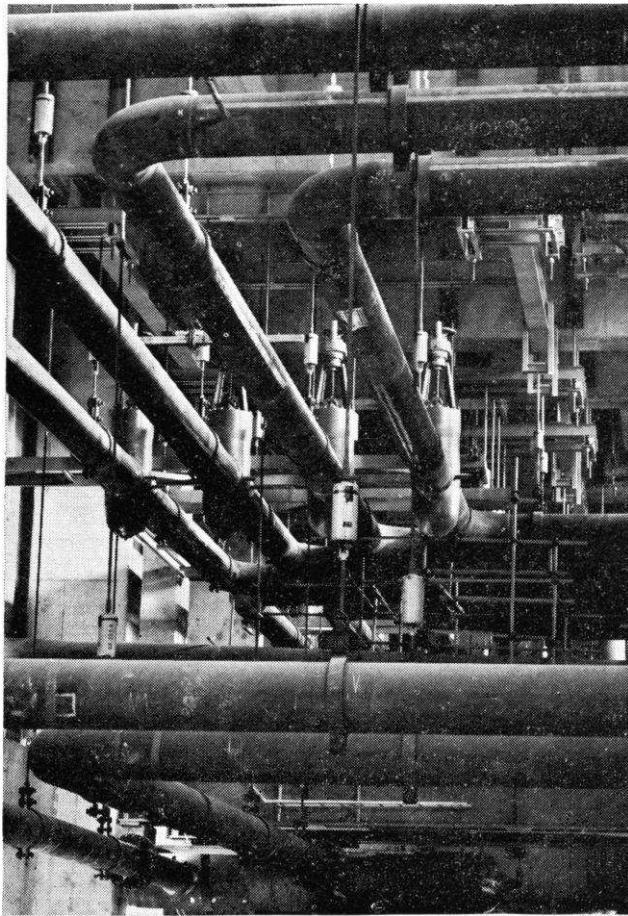


services techniques

9-11, av. michelet, 93400 st-ouen
tél. (1) 252.81.60 télex 640685 trindec

directeur : R. DEROIRE, ingénieur E.C.L.
directeur technique : J.-P. JOUBERT,
ingénieur E.N.P.C.

siège social
44, rue de lisbonne - 75008 paris
tél. (1) 522.19.09



tuyauteries industrielles

études, préfabrication, montage
de réseaux de tuyauteries pour
tous fluides et toutes industries.
installations "clé en main" d'en-
sembles industriels, tous corps
d'état.
mises en exploitation et entretien.
calculs thermodynamiques.

ENTREPOSE

direction technique et commerciale: 127, r. de
saussure - 75850 paris cédex 17 - tél:766.03.89

EDS Nucléaire Sarl

INGÉNIERIE POUR PROJETS D'ÉNERGIE NUCLÉAIRE

- ANALYSES DE TUYAUTERIES (ASME III)
- CONCEPTION DE SUPPORT DE TUYAUTERIES
- SERVICE CHANTIER EN TUYAUTERIE
- ANALYSE STRUCTURALE
- INTERACTION SOL STRUCTURE
- QUALIFICATION D'EQUIPEMENTS
- DESIGN REVIEW D'ENSEMBLES MECANIQUES
ET STRUCTURAUX

TECHNICAL AND MANAGEMENT SUPPORT FOR NUCLEAR POWER PROJECTS

- PIPING ANALYSES (ASME III)
- PIPING SUPPORT DESIGN
- PIPING FIELD SERVICES
- STRUCTURAL ANALYSIS
- SOIL STRUCTURE INTERACTION
- EQUIPMENT QUALIFICATION
- SYSTEMS DESIGN REVIEW



EDS NUCLÉAIRE s.a.r.l.

10, RUE DU COLISÉE - 75008 PARIS

☎ 225.52.75 + - TÉLEX : 641 709 F EDSNUCL

SOCIÉTÉ ANONYME
DES ENTREPRISES

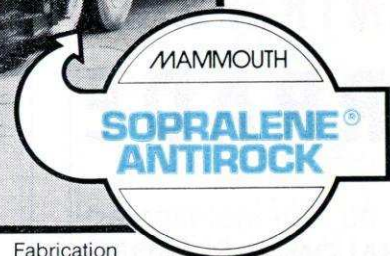
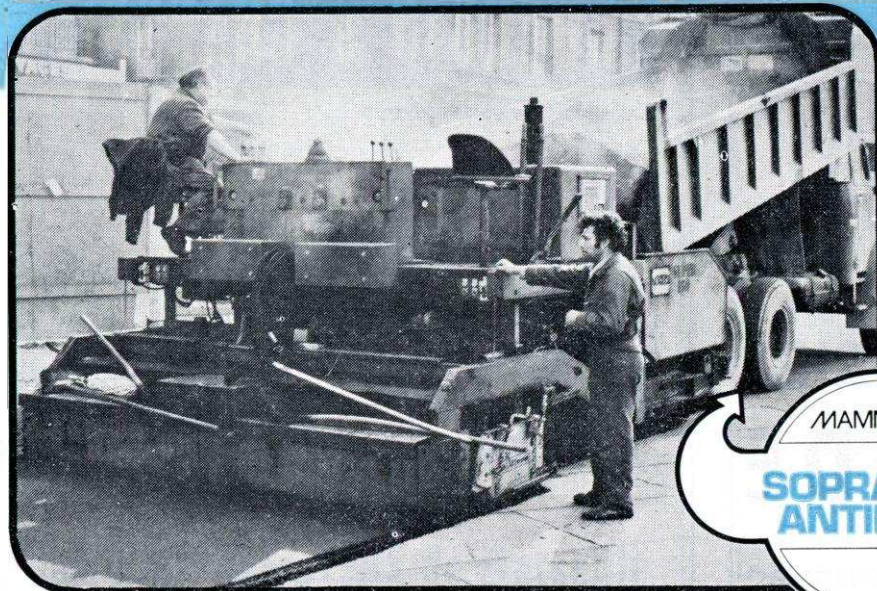
Léon BALLOT

au Capital de 25 500 000 F

**TRAVAUX
PUBLICS**

155, boulevard Hausmann, 75008 PARIS

**Etanchéité
pour ponts, viaducs, parkings...**



thS Strasbourg R.P.C

ETANCHEITÉ

A base de polyester non tissé 350 g/m² + bitume élastomère.
Directement sous enrobé bitumineux.



Fabrication

SOPREMA

B.P. 121 - 67025 Strasbourg Cédex - Tél. (88) 39.99.45 - Télex 890307 F



forclum

société de force et lumière électriques

Centre d'Affaires Paris Nord
Bât. Ampère n° 1
93153 LE BLANC-MESNIL CEDEX
Tél. 931.42.41

**TOUTES INSTALLATIONS
ÉLECTRIQUES
TOUTES PUISSANCES**

**Chauffage électrique
domestique et industriel**

EQUIPEMENT D'USINES, DE CENTRALES
ET DE POSTE DE TRANSFORMATION
IMMEUBLES DE BUREAUX
ET D'HABITATION
HOPITAUX - UNIVERSITES
EQUIPEMENTS SPORTIFS
ECLAIRAGE PUBLIC
RESEAUX DE DISTRIBUTION
TABLEAUX - CONTROLE - REGULATION
AUTOMATISME - TELECOMMANDE

BATIMENT

TRAVAUX PUBLICS

EXPLOITATION

DE CARRIÈRES

**ENTREPRISE
TERRADE**

18, rue du Colonel-Denfert
71 - CHALON-SUR-SAONE
Tél. : 48.68.18



BUREAU D'ETUDES DE SOLS
ET FONDATIONS
SONDAGES - ESSAIS DE SOLS

FONDASOL TECHNIQUE

Moyens mécaniques
Bureau d'Etudes
Ingénieurs conseils :

FONDASOL ETUDE

290, rue des Galoubets - B.P. 54
84005 AVIGNON CEDEX
Tél. : (90) 31.23.96
Télex : 431 999 FONDASOL MTFAV

FONDASOL INTERNATIONAL

5 bis, rue du Louvre - 75001 PARIS
Tél. : 260.21.43 et 44
Télex : 670 230 FONDASOL PARIS

FONDASOL EST

1, rue des Couteliers
57000 METZ BORNLY
Tél. : (87) 75.41.82
Télex : 860 695 FONDASOL METZ

FONDASOL CENTRE

19, rue Saint-Georges
71100 CHALON-SUR-SAONE
Tél. : (85) 48.45.60
Télex : 800 368 FONDASOL CHALN

FONDASOL ATLANTIQUE

79, avenue de la Morlière - ORVAULT
44700 NANTES
Tél. : (40) 76.12.12
Télex : 710 567 FONDATL

BUREAUX A L'ETRANGER

SAUDI ARABIA

RIYAD
I.A.O. « IBRAHIM ABUNAYYAN
ORGANIZATION »
Po. Box 71
Tél. : 53.085 — Télex : 20.132 SJ

AL KHOBAR
I.A.O. « IBRAHIM ABUNAYYAN
ORGANIZATION »
Tala Street
Tél. : 44.115 — Télex : 67.036 SJ

JEDDAH
INDECOM

Queen's Building Office 307
Po. Box 2838
Tél. : 24.066 — Télex : 40.126 SJ

QATAR

DOHA
INAGE
Po. Box 3304
Tél. : 23.031 — Télex : 4423 DH

BAHRAIN

MANAMA
Bahrein Markets
Po. Box 799
Télex : 8280

ENTREPRISE

BOURDIN & CHAUSSE

S.A. au Capital de 21 000 000 F

NANTES :

Rue de l'Ouche-Buron - Tél. : 49.26.08

PARIS :

36, rue de l'Ancienne Mairie
92 - BOULOGNE-BILLANCOURT - Tél. : 604 13-52

**TERRASSEMENTS
ROUTES
ASSAINISSEMENT
RÉSEAUX EAU et GAZ
GÉNIE CIVIL
SOLS SPORTIFS**



JEAN LEFEBVRE

TRAVAUX ROUTIERS • TRAVAUX PUBLICS
TERRASSEMENT • ASSAINISSEMENT • VIABILITE
ENROBAGE DE TOUS MATERIAUX
BETONS BITUMINEUX • TERRAINS DE SPORTS
SOLS INDUSTRIELS : PROCEDE SALVIACIM

S.A. AU CAPITAL DE 36 135 000 F • 11, BD JEAN-MERMOZ
92202 NEUILLY-SUR-SEINE • TEL. 747.54.00

Entreprises de bâtiment et travaux publics

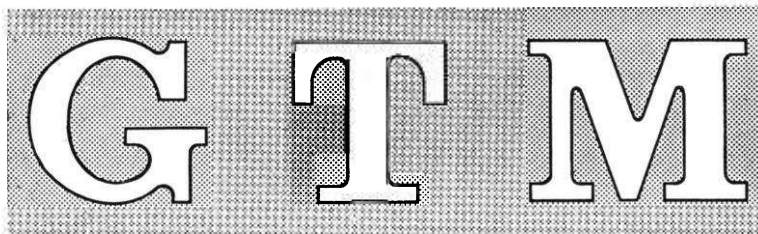
Engineering

Coordination pilotage

Missions de contractant principal

Promotion

Groupe



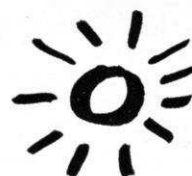
Société des Grands Travaux de Marseille

61, avenue Jules-Quentin — NANTERRE (Hauts-de-Seine)
Tél. : (1) 725.94.40
Télex : GTMNT 611 306 — Télécopieur

**la qualité
de la Vie**

SAUR

**s'en préoccupe
depuis plus
de 40 ans**



études,
construction,
exploitation
de services publics,
de distribution
d'eau potable,
d'irrigation,
d'assainissement,
de collecte
et de traitement
des ordures ménagères

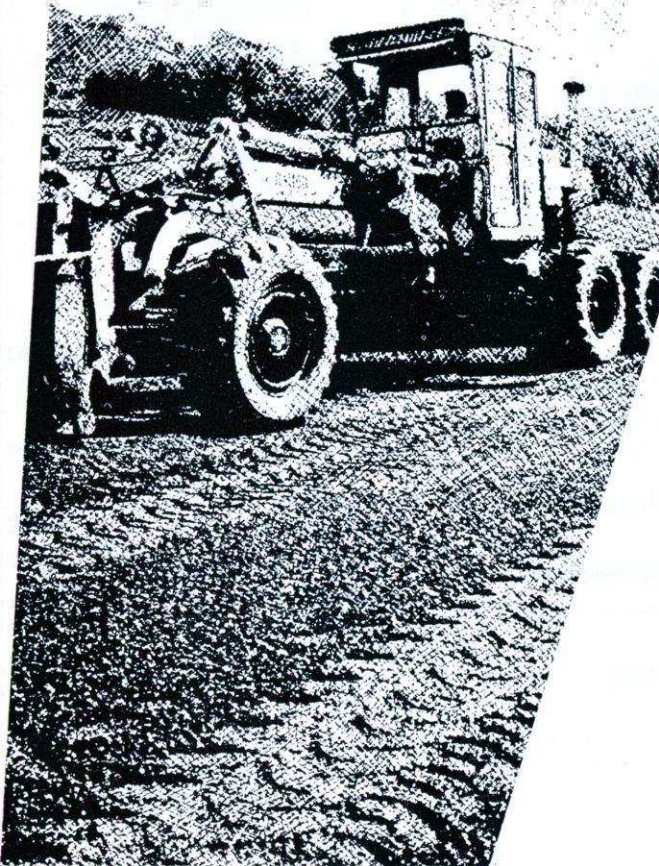
SAUR

**SOCIETE D'AMENAGEMENT
URBAIN ET RURAL**

Siège Social :
50/56, rue de la Procession
75015 PARIS
Tél : 539 22 60
Télex : 202 090 F
15

Directions Régionales en France

Filiales :
SODEN (Nîmes) - SAUR/AFRIQUE
SODECI (Abidjan)



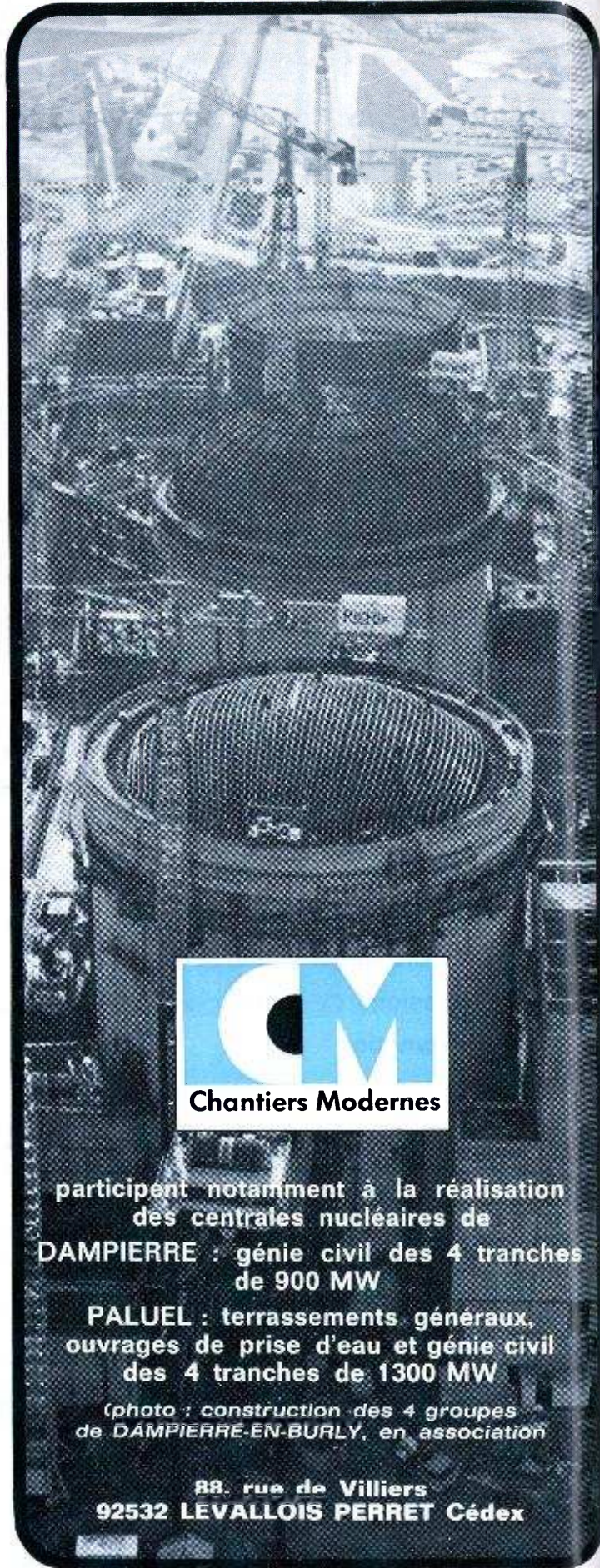
ACTIMIX

Emulsion de bitume
pour grave-émulsion

SCR

CHIMIQUE DE LA ROUTE

5, avenue Morane-Saulnier, 78140 VELIZY-VILLACOUBLAY
Boite Postale n° 21 — Téléphone : 946.97.88.



participent notamment à la réalisation
des centrales nucléaires de
DAMPIERRE : génie civil des 4 tranches
de 900 MW

PALUEL : terrassements généraux,
ouvrages de prise d'eau et génie civil
des 4 tranches de 1300 MW

(photo : construction des 4 groupes
de DAMPIERRE-EN-BURLY, en association

88, rue de Villiers
92532 LEVALLOIS PERRET Cédex

La nuit, les français ont peur. L'éclairage est-il en cause?

Sur RTL et Radio Monte Carlo, le Centre d'Information de l'Eclairage ouvre devant les Français un dossier de première importance. La France est-elle bien ou mal éclairée?

Si l'on en croit le rapport Peyrefitte sur la violence, 43% des Français ont peur la nuit et disent que la rue est considérée comme l'endroit le plus dangereux. Certains répugnent à se rendre le soir dans diffé-

rents quartiers, notamment ceux qui ne sont pas éclairés. Cette insécurité a deux aspects : les agressions d'une part, les accidents de la circulation d'autre part.

Vous le savez, l'éclairage insuffisant est souvent à l'origine d'accidents nocturnes de la circulation urbaine dont les piétons et surtout les cyclomoteuristes sont les premières victimes. Chacun est conscient que ces accidents représentent

une lourde charge pour la collectivité.

Depuis de nombreuses années, bien avant que les économies d'énergie ne soient devenues une nécessité, les professionnels de l'éclairage, en collaboration avec les élus et les responsables techniques des municipalités, ont mis au point des solutions qui permettent d'obtenir le maximum d'effets utiles avec le minimum de dé-

penses : ainsi, en quelques années, l'éclairage public a gagné jusqu'à 125% d'efficacité lumineuse.

En s'adressant, aujourd'hui, directement au grand public, le Centre d'Information de l'Eclairage souhaite recueillir des témoignages provenant de toutes les régions de France. Mais c'est surtout les opinions et les avis des responsables qui aideront à mieux définir les conditions optimales d'un éclairage équilibré en zone urbaine.

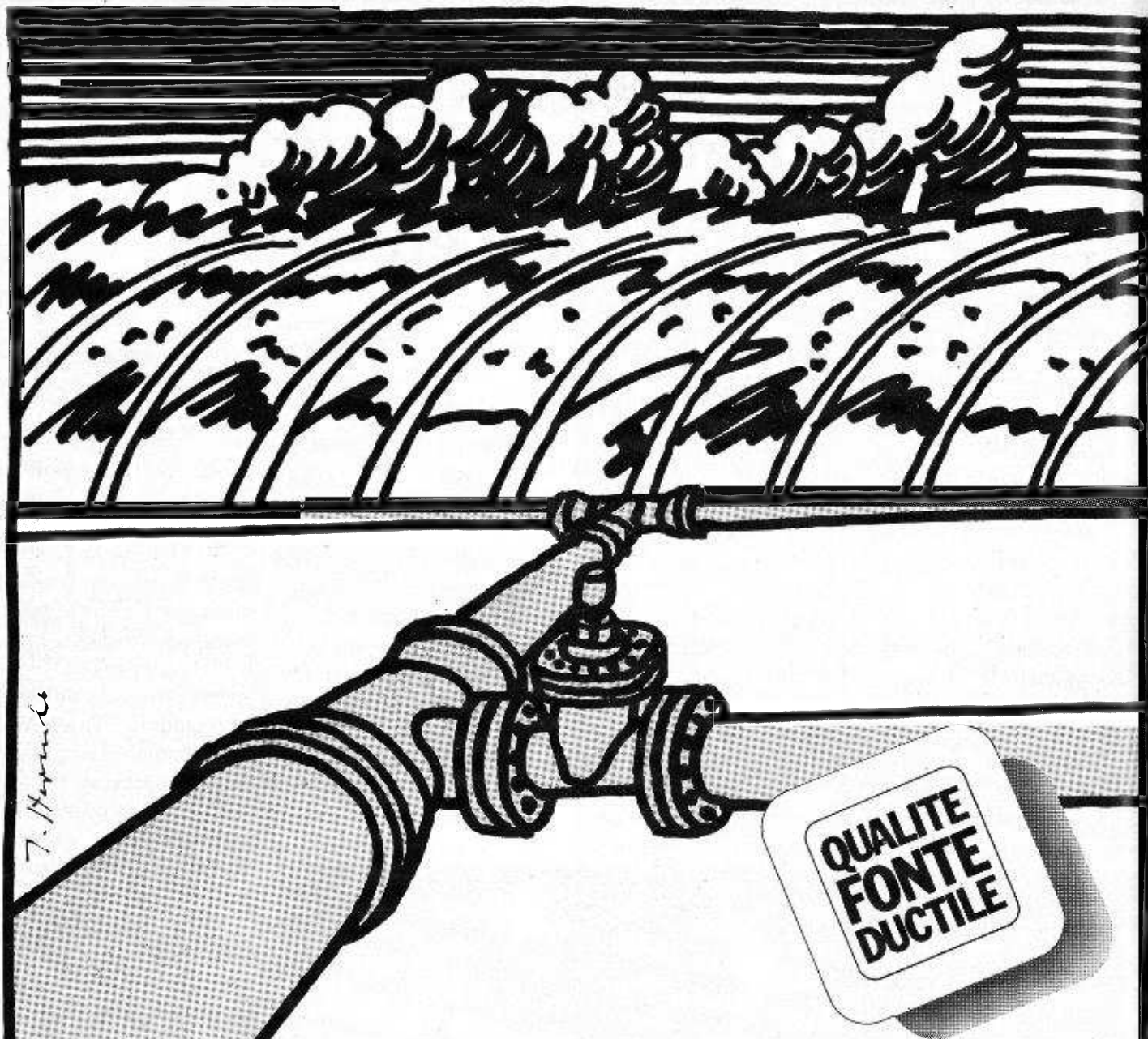
Vous aussi, écrivez-nous, faites-nous part de vos expériences, de vos réussites et de vos difficultés.

Nous établirons un dossier à partir de ces informations et nous vous l'enverrons si vous le désirez.

**CENTRE
D'INFORMATION
DE L'ECLAIRAGE**
52 boulevard Malesherbes,
75008 PARIS



**L'éclairage,
pour la sécurité des Français.**



7. H. H. H.

Canalisations d'irrigation Pourquoi la fonte ductile ?

Parce que les canalisations en Fonte Ductile sont durables. Elles sont étanches, elles résistent à la corrosion et aux mouvements de terrain.

Parce que les canalisations en Fonte Ductile sont résistantes. Elles supportent des pressions de service qui s'échelonnent de 40 bars, pour le diamètre 60 mm, à 25 bars, pour le diamètre 1000 mm. Elles offrent donc un large coefficient de sécurité en cas de surpressions.

La Fonte Ductile = le meilleur matériau pour canaliser l'eau.

Pont-à-Mousson S.A.

Bon à retourner au service publicité : 4X, 54017 NANCY CEDEX.
Je désire recevoir une documentation sur les canalisations d'irrigation en Fonte Ductile.

Nom _____
 Société _____
 Adresse _____
 Téléphone _____

PONT-A-MOUSSON S.A.
 91, av. de la Libération, 54017 NANCY.
 Tél. : (28) 96-81-21,
 télex : PAMSA X 85 0003 F



éditorial



André GIRAUD,
Ministre de l'Industrie

C'est l'une des querelles de société de notre temps que d'opposer l'individu à des structures étatiques, pesantes, lointaines, en bref d'opposer centralisation et autonomie personnelle. On sait aussi que ce thème a connu un certain succès dans le domaine de l'énergie, très précisément avec le lancement, dans les pays industrialisés, de programmes électronucléaires à la mesure des défis globaux que ces pays devaient affronter.

Pourquoi ce succès ?

Pour les lecteurs de PCM, et pour les auteurs des excellents articles repris dans ce numéro spécial, la production centralisée d'énergie se justifie quand elle est techniquement envisageable et économiquement optimale. Pourtant, si le raisonnement est sans défaut, il ne convainc cependant guère le citoyen de base, même s'il n'est pas directement concerné, dans ses biens, ou dans son cadre de vie.

La formule est donc socialement imparfaite. Les optimistes estimeront que la production centralisée est décriée parce qu'on ne connaît pas assez les inconvénients pratiques d'une trop grande dispersion. Les pessimistes se contenteront d'affirmer que, dans notre société, où existe la tentation croissante, chez les individus, de rejeter les disciplines collectives, il ne faut pas espérer aboutir à un « consensus » utopique.

Ce n'est pas une raison pour ne pas réagir. Les lecteurs de PCM, ingénieurs ou anciens ingénieurs de l'Etat, donc quotidiennement confrontés aux exigences individuelles et aux manifestations des intérêts particuliers, le savent mieux que bien d'autres. L'amélioration nécessaire des relations entre l'Etat, et ses prolongements, d'une part, et les citoyens d'autre part, dépend pour beaucoup de leur action.

Ce faisant, ils préserveront l'Etat de ses éventuels excès. Après tout, des structures très centralisées, notamment dans le domaine de l'énergie, pourraient devenir le siège d'une lutte pour le pouvoir. A ce genre de lutte, la sérénité du corps social, voire la démocratie, n'ont rien à gagner.

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'André Giraud', written in a cursive style. The signature is contained within a thin black rectangular border.

énergie et aménagement du Territoire

par J.-C. DERIAN

Chargé de Mission à la Délégation à l'Aménagement du Territoire et à l'Action régionale.

Au cours de l'histoire, l'énergie a souvent conditionné la répartition spatiale des activités et l'organisation des établissements humains.

Les mines de charbon ont, au 19^e siècle, constitué les premiers pôles du développement économique. Plus près de nous, la nécessité d'importer massivement du pétrole a donné naissance à des complexes industrialoportuaires — Dunkerque, Antifer, Fos — qui ont modelé la physionomie industrielle de la France.

Organisant la conversion industrielle des zones minières en déclin d'activité, ou anticipant les infrastructures portuaires nécessaires à l'accroissement des importations d'énergie, la politique d'aménagement du territoire a depuis vingt ans apporté au secteur énergétique une contribution essentielle, permettant de transposer dans des conditions acceptables au niveau des régions l'incidence des révolutions énergétiques successives.

Les activités du secteur énergétique et principalement les industries de production et de transformation ont, de leur côté, très largement contribué à l'essor économique d'un certain nombre de régions. Plus récemment, le développement des réseaux centralisés de distribution de gaz et d'électricité a constitué un facteur favorable à l'industrialisation de nombreuses régions dont l'activité dominante était jusque là agricole.

L'énergie, à des titres divers, a donc constitué depuis 20 ans une donnée

importante pour l'aménagement du territoire.

A l'exception des installations productrices d'électricité et de leurs annexes (complexes nécessaires au cycle du combustible nucléaire par exemple), il est peu probable toutefois qu'apparaissent dans les 20 prochaines années des nouveaux pôles de production et de transformation énergétiques comparables à ceux qui sont nés au cours des deux dernières décades.

Est-ce à dire que le secteur énergétique concernera moins désormais l'aménagement du territoire ?

Les bouleversements qui ont depuis 5 ans affecté le secteur énergétique sont dans une certaine mesure, à l'échelle de ceux qui affectent l'organisation de l'espace. Nouvelles données énergétiques et nouvelles données de l'aménagement du territoire conduisant à examiner sous un angle nouveau les relations entre ces deux domaines.

1. - L'énergie, un facteur indispensable à l'amorce d'une dynamique du développement au plan local et régional

A une période de croissance économique rapide a succédé depuis quelques années une croissance ralentie accompagnée de réorganisations in-

dustrielles profondes. Cette situation nouvelle engendre des déséquilibres régionaux sans précédent, l'industrie de certaines régions comme les Vosges, la Lorraine étant frappée brutalement par la concurrence étrangère. Dans le même temps, on constate que le surplus des emplois dégagés par la croissance et autrefois mobilisable au profit des régions les plus défavorisées tend à s'amenuiser.

Ces nouvelles données de l'aménagement du territoire conduisent à privilégier deux types d'actions nouvelles :

- convertir l'activité des bassins de main-d'œuvre les plus touchés et possédant des industries en crise (sidérurgie, construction navale, textile, etc...);
- fournir à chaque région les conditions lui permettant de trouver sa propre dynamique de développement, notamment par la valorisation systématique de ses atouts, de ses ressources spécifiques humaines, agricoles et naturelles. Ceci signifie pour l'aménagement du territoire la mise en œuvre d'un ensemble d'actions nouvelles concernant, par exemple, la décentralisation des circuits financiers, la création de services régionaux à l'exportation, la mise en place de moyens technologiques et d'essais, etc...

En ce qui concerne l'énergie, cette orientation conduit, d'une part à s'assurer que chaque zone géographique

dispose en quantité et qualité de l'énergie nécessaire à son développement, d'autre part à s'engager dans une politique de valorisation systématique des ressources énergétiques locales et régionales.

La poursuite de l'équipement des régions en ce qui concerne les lignes haute tension et les réseaux de distribution de gaz devrait, au cours des prochaines années, permettre la réduction progressive des disparités interrégionales pour ces produits énergétiques essentiels que sont le gaz et l'électricité.

Dans le cas de l'électricité, le simple accès au réseau n'est pas toujours une condition suffisante, un grand nombre d'industries exigeant également une qualité constante d'approvisionnement, c'est-à-dire l'absence d'interruptions, aussi brèves soient-elles, dans la distribution. La nécessité de fournir une qualité de service satisfaisant dans un certain nombre de régions en voie d'industrialisation comme les régions de l'ouest, doit donc guider le choix des priorités pour la poursuite de la réalisation du programme d'équipement haute tension. Ce souci de parvenir progressivement à une meilleure qualité de service en tout point du territoire conduit également à recommander le rapprochement des installations productrices des lieux de consommation. On constate en effet une dégradation plus grande du service dans les régions qui, comme la Bretagne, dépendent d'un approvisionnement électrique à longue distance. Ce rapprochement entre centres de production et de consommation est également souhaitable afin de minimiser les coûts de transport de l'électricité.

Il apparaît donc souhaitable de doter progressivement les grandes zones de consommation d'installations productrices d'électricité correspondant à la satisfaction de leurs propres besoins. L'objectif est de parvenir à un relatif équilibre entre production et consommation par grande zone de développement : Bassin Parisien, Nord, Est, Ouest, Sud-Ouest, etc... A cet égard, on doit souligner le retard accumulé par les régions ouest du pays qui vont, au cours des prochaines années, dépendre de façon croissante de l'extérieur, ce qui constitue-

ra une cause de fragilité supplémentaire de leur approvisionnement en électricité.

A cet effort d'équipement concernant la production centralisée d'électricité doit s'adjoindre un effort systématique de valorisation des ressources spécifiques des régions. L'objectif doit être d'une part de compléter et de diversifier leur approvisionnement énergétique en apportant à la population et aux industriels de nouveaux services ou des formes d'énergie mieux adaptées à leurs besoins, d'autre part de créer ou développer des activités, donc des emplois locaux, par la valorisation de ces ressources.

L'utilisation de la chaleur dans les réseaux de chauffage urbain, soit à partir de centrales calogènes, d'installations de production jointes chaleur-électricité ou de récupération des déchets thermiques industriels, figure au premier rang de ces préoccupations. On observe dans ce domaine une convergence entre le souci d'économiser l'énergie, le souci de distribuer celle-ci à la population sous une forme commode et non polluante, et celui de développer un secteur d'activité faisant travailler des industries de main-d'œuvre locales.

économiser

l'énergie

et la

distribuer

sous forme

non

polluante

Le développement de la géothermie répond à un souci analogue. La carte des gisements montre que cette source d'énergie pourrait contribuer utilement au chauffage des locaux dans le Sud-Ouest, l'Alsace et une partie du Bassin Parisien. L'exploitation des rejets thermiques et de la géothermie peuvent également contribuer à l'expansion d'activités agricoles nouvelles sous serres chaudes.

Le développement des techniques solaires notamment pour l'exportation, conduit peu à peu à l'apparition d'un nouveau secteur industriel, dont l'implantation devrait logiquement être orientée en priorité vers les régions de la façade méditerranéenne et la Corse, qui sont dès maintenant bien placées pour accueillir les installations pilotes de démonstration.

L'exploitation des énergies renouvelables de type biomasse, quoique réalisable dans un futur plus lointain, représente également un potentiel intéressant pour l'aménagement du territoire. L'exploitation de cultures ou forêts énergétiques nécessitera en effet la création d'un ensemble d'activités de transformation dispersées dans les zones de récolte. Leur développement dans certaines régions comme le Sud-Ouest permettrait de fixer la population rurale dans les zones en voie de désertification. La prise en compte de ces éléments humains et d'aménagement du territoire dans l'analyse du bilan économique de ces formes d'énergie décentralisées peut les rendre attrayantes, même si leur contribution aux bilans énergétiques nationaux demeure longtemps quantitativement réduite ou économiquement marginale.

D'une manière plus générale, l'exploitation des ressources énergétiques locales peut contribuer à l'équilibre de l'emploi d'un certain nombre de zones géographiques. En région de montagne, la mise en œuvre des petits barrages et des installations au fil de l'eau peut apporter de l'énergie, donc faciliter le développement d'activités dans des zones isolées.

Bien entendu, la réalisation d'une installation productrice d'électricité de grande taille dans une région, contribue efficacement à son activité économique. Le chantier d'une centrale nu-

cléaire de 4 tranches de 1 300 MW, qui emploie jusqu'à 2 000 personnes, constitue un appoint appréciable sur le marché du travail local pendant la dizaine d'années que durent les travaux de préparation du site, de construction et de mise en service. Dans le même ordre d'idées, une amélioration éventuelle de la compétitivité des centrales thermiques utilisant du charbon importé, qui justifierait la création d'investissements nouveaux dans ce domaine, aurait une incidence non négligeable sur l'activité de certaines zones portuaires susceptibles d'accueillir ces installations, comme Brest, Saint-Nazaire ou Marseille.

Doter les différentes zones géographiques du territoire des formes d'énergie les plus appropriées aux conditions spécifiques de leur développement exige donc une mise en œuvre simultanée des systèmes centralisés et décentralisés de production d'énergie. Si l'apport quantitatif des systèmes centralisés est indispensable à leur développement industriel, le développement des systèmes décentralisés répond à des préoccupations multiples de l'aménagement du territoire qu'il importe donc de prendre en compte dans l'évaluation de leur compétitivité et de l'opportunité de leur mise en œuvre.

2. - Aménagement du territoire, mode de vie et énergie

La forme sous laquelle était disponible l'énergie a eu, à chaque époque, une profonde incidence sur l'organisation de l'espace. Ainsi le pétrole bon marché a-t-il favorisé, dans les années 60, un essor sans précédent des transports individuels, qui ont bouleversé les règles d'organisation des villes et la répartition des activités.

L'énergie abondante et bon marché a pendant plusieurs décades constitué l'un des éléments moteurs vers la généralisation d'un certain mode de vie (robotisation des tâches ménagères, confort moderne, etc...), qui a lui-même conditionné l'organisation de l'espace. Ainsi les pôles de modernité réalisés en matière d'urbanisme

**énergie,
mode de vie
et
aménagement
de l'espace
sont
étroitement
liés**

durant les dix dernières années ont, dans une large mesure, transposé le modèle de gaspillage énergétique américain : immeubles climatisés de grande hauteur, nécessitant des batteries d'ascenseurs, escaliers et tapis roulants, éclairage à giorno, etc... Les changements intervenus depuis cinq ans dans le domaine énergétique — coût plus élevé et nécessité de réduire le gaspillage — vont très probablement être à l'origine de nouvelles inflexions dans ces modes d'organisation de l'espace.

La profondeur des changements dépendra elle-même du niveau de rigueur qui devra être imposé pour limiter la consommation énergétique.

Si, par exemple, il apparaissait nécessaire de substituer massivement des transports collectifs aux transports individuels, il en résulterait de nouvelles inflexions dans l'organisation

des villes. Une telle évolution conduirait notamment à une plus grande densification de l'habitat, ce qui remettrait au moins partiellement en cause l'évolution actuelle vers un habitat individuel plus dispersé, qui semble pourtant correspondre aux aspirations d'une fraction importante de la population.

A l'inverse, le regain d'intérêt pour la sphère locale, le besoin d'autonomie, le souci de se réaliser à l'échelle d'une communauté de petite dimension sont des tendances socio-culturelles nouvelles, qui semblent se développer depuis quelques années dans la population française. Elles pourraient donner naissance à des formes d'organisation collective moins dispersées, donc plus propices à une meilleure gestion des ressources en énergie.

Energie, mode de vie et organisation de l'espace sont, nous le voyons donc, étroitement interdépendants.

Les choix effectués aujourd'hui en matière d'organisation de l'espace et d'énergie conditionneront pour les 30 prochaines années la vie des Français. Pour l'aménagement du territoire, l'objectif est de parvenir à une meilleure répartition de la richesse nationale entre les régions et de fournir à leurs habitants un cadre de vie correspondant mieux à leurs aspirations.

La politique énergétique peut efficacement contribuer à cet objectif, à condition qu'elle intègre aussi complètement que possible les données et contraintes locales du développement. Si les grandes orientations énergétiques doivent incontestablement être dictées par des considérations économiques d'ensemble, notamment d'équilibre des paiements extérieurs, la diversification des sources et des modes d'utilisation d'énergie au niveau décentralisé répond à une préoccupation actuelle de l'aménagement du territoire. Elle semble également répondre aux données nouvelles du paysage énergétique mondial. Multiplier et diversifier les solutions possibles, n'est-ce pas en effet la stratégie la plus efficace dans une période de grande incertitude et de bouleversement rapide ?

les économies d'échelle engendrées par la production centralisée d'énergie sont - elles illimitées ?

par Jean-Marie MARTIN

*Directeur de recherche au CNRS
Institut économique et juridique de l'Énergie - Grenoble.*

Dans l'un des meilleurs articles publiés en langue française sur le sujet, Luigi Bruni affirme que les économies de dimension des installations industrielles sont non seulement l'un des trois facteurs fondamentaux du développement économique, mais qu'elles commandent les deux autres, à savoir, l'accroissement de la demande et l'innovation technique (1). A défaut d'une stricte vérification (l'auteur reconnaît d'ailleurs « qu'il est bien difficile de pouvoir distinguer la part du progrès économique due à l'adoption de nouvelles techniques de celle due à la diffusion des économies de dimension »), cette affirmation peut être corroborée par de nombreux exemples empruntés à l'évolution industrielle. Dans celle-ci, les industries de l'énergie offrent un champ d'observation particulièrement fertile (2) : les économies de dimension y ont été amples, nombreuses et rapides (3) ; elles ont fréquemment poussé à l'introduction de techniques nouvelles (4) ; les unes et les autres, à travers les diminutions de coûts (relatifs et parfois même absolus), ont contribué à faire croître l'élasticité de la demande d'énergie par rapport à la PIB. L'intensification énergétique de l'économie qui en a résulté a « naturellement » appelé des installations de production et des réseaux de plus grande dimension.

La force de cette évolution a été telle que l'on imagine mal un futur qui ne s'inscrirait pas dans son prolon-

gement. Toute croissance énergétique à venir ne pourrait procéder que d'une extension des grands systèmes énergétiques, ou de certains d'entre eux, au sein desquels d'éventuelles tendances aux coûts croissants seraient efficacement combattues par les bénéfices de nouvelles économies d'échelle. L'avenir appartiendrait déjà aux seuls réseaux à échelle continentale, alimentés par des unités de production géantes. De telles perspectives ne sous-estiment-elles pas l'impact de certaines tendances qui pourraient contrarier la poursuite d'une évolution vers des tailles de plus en plus grandes ? C'est ce que l'on peut se demander lorsque l'on décèle un certain nombre d'inflexions tendant, les unes à pénaliser tout le gigantisme des installations de production, des réseaux et des institutions qui les sous-tendent, les autres à favoriser l'émergence de sources et de techniques nouvelles, de petite dimension et localisées à proximité de l'utilisateur final.

A défaut d'un examen attentif que les limites imposées à cet article n'autorisent pas, nous nous proposons d'évoquer quelques-unes de ces tendances, le plus souvent d'ailleurs sous une forme interrogative, avant de nous demander, en conclusion, s'il n'est pas temps de réexaminer la place que les systèmes de différentes tailles devraient occuper dans l'organisation de notre approvisionnement énergétique.

(1) Cf. Les économies de dimension dans un processus de développement et l'influence de l'intensité de la demande in **Revue d'Économie Politique**, mars-avril 1965, n° 2, pp. 385-404.

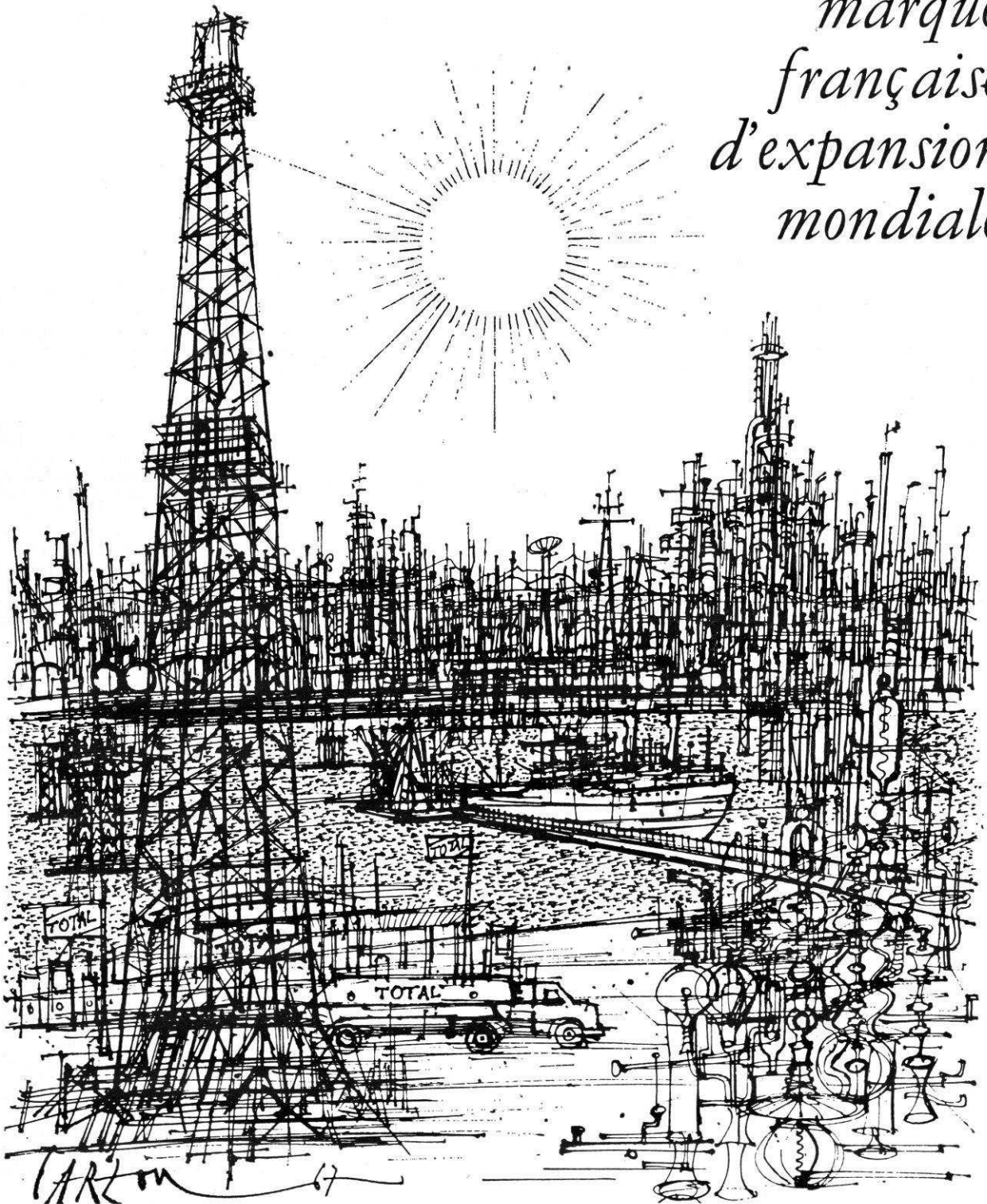
(2) On trouve en effet des économies de dimension ou d'échelle dans toutes les branches de l'énergie, mais ce n'est que dans certaines d'entre elles que les installations de production, de transport et de distribution forment un système technique fermé. Tel est le cas des industries du gaz et de l'électricité qui sont plus particulièrement visées dans ce qui suit. Nous parlons, à leur propos, de grand système ou de production centralisée par opposition à micro-système ou production décentralisée, bien que le contenu de tous ces concepts ne soient pas encore parfaitement défini (une installation de chauffage urbain combine une production centralisée et un réseau qui peut être considéré comme micro par comparaison à ceux du gaz et de l'électricité !). Une première tentative de définition et de typologie vient d'être présentée par des chercheurs de l'IEJE à l'occasion de la Table Ronde CNRS-SRC de Toulouse (28 septembre 1978).

(3) Et par exemple J.P. Martino and S.K. Conner. The step-wise growth of electric generators size, in **Technological Forecasting and Social Change**, 1972, n° 3, pp. 465-471.

(4) Mais pas toujours. Une enquête effectuée sur 458 entreprises électriques aux États-Unis conclut que les accroissements unitaires de capacité de production, per se, « usually incorporate extrapolations of existing technology rather than pioneering innovations in generating techniques », cf. Bruce A. Smith. Technological innovations in electric power generation : 1950-1970, in **Land Economics**, 1974, n° 4, pp. 336-347.

TOTAL

*marque
française
d'expansion
mondiale*



1. - Les tendances susceptibles de contrarier la poursuite de l'évolution vers les grandes tailles

Simplifions le problème à l'extrême en distinguant les coûts privés des coûts sociaux, et, à l'intérieur des uns et des autres, le niveau de la production de celui du transport — distribution, ou réseau (5).

Même en supposant qu'il parvienne à contenir les pressions qui s'exercent sur lui en vue d'internaliser les coûts sociaux qui lui sont imputés au titre de la sécurité des installations ou de la qualité de l'environnement, le producteur d'énergie peut fort bien ne plus retrouver, à l'avenir, des économies d'échelle comparables à celles qu'il a connues dans le passé. Dans ces économies qui proviennent de diminutions, par unité produite, des coûts de matière première, de main d'œuvre et d'équipement, ces dernières sont évidemment les plus importantes dans des branches très capitalistiques comme celles de l'énergie. Au niveau de la production, la complexité et la sophistication croissantes des installations n'entraînent-elles pas déjà des élévations de coût aussi rapides que la croissance des gains qu'il est encore possible de tirer d'une réduction des surfaces et des poids spécifiques ? Certains seuils n'ont-ils pas déjà été atteints, ou ne sont-ils pas prévisibles, dans certaines catégories d'installations ? La récente étude de J.C. Fischer répond par l'affirmative à cette question : sur un échantillon de 200 centrales thermiques classiques construites aux Etats-Unis entre 1960 et 1972, les économies d'échelle sur les dépenses d'équipement n'apparaîtraient pas de façon significative au-delà de 200 MWe.

Dans le cas des centrales nucléaires le seuil passerait au voisinage de 600 MWe (6). Au niveau du transport et de la distribution, les diminutions de coûts que certains envisagent encore ne reposent-elles pas sur des hypothèses excessivement optimistes de croissance des densités de consommation et de « foisonnement » des usages ? Inversement, ne tend-on pas à sous-estimer les coûts que pourrait entraîner une vulnérabilité accrue des très grands systèmes à tout type de défaillances ?

La pertinence de ces interrogations

est peut-être plus grande encore à la lumière des changements qui s'opèrent dans la perception de certains effets négatifs (plus ou moins réductibles à des coûts sociaux), attribués aux grands systèmes énergétiques. On peut en effet se demander si les désaménités ne croissent pas plus que proportionnellement à la dimension des systèmes, et ce aussi bien avec les installations de production qu'avec les réseaux. Les nuisances imputables aux premières sont fréquemment amplifiées par la concentration spatiale des émissions qui interdit l'auto-épuration des éco-systèmes. Sur le seul cas des rejets thermiques, par exemple, S.H. Schneider et R.R. Denney ont bien analysé ce phénomène qu'ils rattachent, en grande partie, au gigantisme des installations (7). Un récent document de l'O.C.D.E. insiste lui aussi sur la difficile « capacité d'assimilation » des grandes installations énergétiques par l'environnement pris dans son sens le plus large (8). De ce point de vue, les oppositions de plus en plus fréquentes aux installations de grande taille ne procèdent pas que de l'ignorance des populations concernées (9). Les réseaux de transport et de distribution, de leur côté, contribuent à saturer un espace de plus en plus rare dans les économies industrialisées. Le coût de l'encombrement qui en résulte n'est encore que très partiellement mesuré par les dépenses d'enterrement des lignes électriques dans l'enceinte des grandes villes. Il ne peut que croître à l'avenir avec les réactions de l'opinion publique au développement des lignes de transport dans les régions qui sont les plus sensibles (10).

2. - Les tendances favorables à l'émergence de sources et de techniques de production décentralisées

La supériorité des grands systèmes énergétiques, aussi bien en termes de prix que de qualité-sécurité de la fourniture, a été telle, jusqu'à présent, que toutes les tentatives en vue de développer d'autres modes d'approvisionnement énergétiques ont été vouées à l'échec. La collectivité n'en a pas retiré que des avantages dans la mesure où, même dans le passé, ces systèmes n'ont jamais été adaptés à la satisfaction de tous les besoins.

Les pays industrialisés, par exemple, ont réalisé une électrification rurale à un coût probablement très supérieur à celui qu'aurait permis le recours à d'autres techniques (11). Les pays sous-développés de leur côté ne sont pas près de bénéficier des sources d'énergie modernes s'ils n'ont pas d'autres solutions que les grands systèmes pour électrifier leurs deux millions de villages (12).

Aucune de ces limites n'aurait cependant été suffisante pour stimuler le développement de sources et de techniques énergétiques décentralisées. Leur émergence, nous semble-t-il, résulte de la rencontre de plusieurs tendances.

Les premières, strictement énergétiques, concernent le renchérissement actuel et anticipé de tous les combustibles fossiles et l'incitation qui en résulte à une utilisation plus efficace des sources primaires. Les installations de très grande taille, le plus souvent localisées loin des fortes concentrations urbaines, ne sont pas les plus propices à cet égard. Elles ne permettent guère « l'économie de la qualité d'énergie » (13) c'est-à-dire la recherche d'une adaptation de chaque « qualité » (au sens du niveau de température) à chaque « besoin ».

(5) Les coûts auxquels nous faisons référence ici sont des coûts moyens (unitaires) en développement. Nous savons combien est complexe l'évolution du coût de transport et de distribution dans un réseau maillé comme l'est celui de l'industrie électrique. Nous admettons cependant que les économies d'échelle s'y manifestent sous l'effet : 1) de la croissance des densités de consommation ; 2) de l'élévation des tensions de transport.

(6) Le Docteur J.C. Fischer qui est Chief scientist power systems sector à la General Electric Company, vient de communiquer ces résultats au cours d'un séminaire de l'IASA (International Institute of Applied Systems Analysis).

(7) Cf. Climatic barriers to long term energy growth, in *Ambio*, IV, 1975, pp. 65-74.

(8) Cf. Groupe sur l'Energie et l'Environnement. L'implantation des grandes installations énergétiques, sept. 1977, 26 p.

(9) On oublie trop souvent qu'avant de se manifester dans le domaine du nucléaire, la contestation des grandes unités a visé l'hydraulique et le raffinage du pétrole.

(10) Le projet de traversée du parc régional du Vercors par une ligne à très haute tension en est un exemple actuel.

(11) Cf. Y. Mainguy. *L'économie de l'énergie*, Paris, Dunod 1967, 532 p., p. 380.

(12) Cf. E.F. Schumacher. *Small is beautiful*, Paris, Le Seuil, 1978, 316 p.

(13) Cf. Y. Maistre. Une conception globale de l'énergie, in *Revue Economique et Sociale*, Lausanne, tome 34, n° 3, août 1976, p. 176.

Même si l'économie d'une telle adaptation n'est pas encore parfaitement connue, les initiatives de plus en plus fréquentes, en matière de chauffage urbain, de cogénération industrielle, de pompes à chaleur, d'installations de chauffage solaire et de biométhane, révèlent un changement de perspectives qu'il serait dangereux de vouloir ignorer (14). Comme pour les autres biens d'équipement, des économies de série apparaîtront qui se répercuteront sur les coûts.

Les secondes tendances, beaucoup plus générales, ne manifesteront tous leurs effets que sur un horizon plus lointain. Comme tous choix technologiques, les choix énergétiques influencent et sont influencés par l'évolution des systèmes sociaux au sein desquels ils se développent (15). Dans ces derniers, les tendances à la concentration l'ont, jusqu'à présent, emporté sur toutes les autres. Une assez grande cohérence a ainsi été assurée entre l'évolution des technologies et celle des systèmes sociaux. Rien ne prouve que ces tendances se prolongeront indéfiniment. Bien plus, de nombreux indices conduisent à penser que la concentration industrielle, urbaine, administrative... a atteint des limites qui contraignent à imaginer de nouvelles formes d'organisation économique, politique et sociale. Ce n'est pas par hasard si les municipalités commencent à revendiquer un pouvoir d'initiative dans le domaine de l'approvisionnement énergétique. Cette tendance peut fort bien faire tache d'huile, à un niveau inférieur (la ferme, l'usine, le village) ou supérieur (les communautés urbaines, les districts ruraux, les petites régions). On peut même se demander si une telle évolution n'est pas la seule concevable pour les pays en voie de développement qui mesurent, plus que tous autres, le poids insupportable des conglomérats urbains et l'inadaptation de certaines formes d'industrialisation. Ces changements sociaux poussent à des développements technologiques nouveaux qui rejoignent ceux que commande la conservation de l'énergie.

Ces quelques observations ne prétendent pas épuiser le débat ouvert sur l'avenir des systèmes à production centralisée et décentralisée. Celui-ci s'inscrit en effet dans la pers-

pective plus générale des directions, possibles et souhaitables, du progrès technique. On commence, semble-t-il, à ne plus identifier systématiquement ce dernier à la seule croissance illimitée de la taille des installations (16). Mais le changement sera lent, tant l'évolution passée a imprégné les institutions et les comportements. A moins long terme, le problème que pose l'approvisionnement énergétique est celui de la compatibilité, technique, économique et institutionnelle, entre systèmes de dimensions différentes. D'ores et déjà, de nombreuses sources et techniques décentralisées sont compétitives avec les fournitures des grands réseaux, à qualité de service équivalente, dans un certain nombre d'usages bien précis (17). Pour la collectivité, le gain attaché à leur développement est encore plus grand si l'on tient compte du caractère renouvelable des sources considérées (ou de certaines d'entre elles), de leur faible impact environnemental, de l'indépendance qu'elle procure à l'égard des fournisseurs étrangers... Quelle devra être, à terme, leur place dans l'approvisionnement énergétique ? Dans quels usages et dans quelles régions a-t-on intérêt à pousser leur développement ? A quelles institutions confier celui-ci ? Telles sont les principales questions auxquelles devrait répondre une véritable planification énergétique à long terme.

(14) Moins en France qu'en Allemagne Fédérale, en Suisse, dans les pays Scandinaves, aux Etats-Unis. Mais la constitution de sociétés régionales telles que SECAPAR-NORD, RHONALPENERGIE, OUEST-ENERGIE, sont des signes avant-coureurs.

(15) Sur ces interactions complexes, les connaissances sont encore embryonnaires et les hypothèses fragiles. L'une des meilleures synthèses de l'état des connaissances nous semble avoir été effectuée par Nathan Rosenberg, in **Perspectives on Technology**, Cambridge University Press, 1976, 352 p.

(16) Citons une dernière fois E.F. Schumacher « Des machines toujours plus grosses entraînant des concentrations de pouvoir économique toujours plus grandes et violentant toujours davantage l'environnement, ne représentent nullement le progrès : ce sont autant de refus de sagesse ». Op. Cit., p. 34.

(17) Notamment dans le domaine du chauffage des locaux, de la production d'eau chaude sanitaire, de l'électrification de communautés isolées... comme le montrent bien les plus récents travaux de l'IEJE dans ce domaine.

aspects centralisateurs et décentralisateurs de l'industrie électrique

par Marcel BOITEUX

Directeur Général d'Electricité de France.

Jamais la société ne s'est autant interrogée sur elle-même qu'aujourd'hui. Sur ses fins et sur ses moyens, si ce n'est toujours sur leur adaptation réciproque.

C'est que, l'avenir n'est plus ce qu'il était. Ni le présent non plus. A la civilisation de la puissance, on préfère désormais celle de l'aménité. Au grand, le petit. Au lointain, le proche et le familier. Non sans raisons. Mais, dans le même temps, la crise du pétrole ajoutée à celle du système monétaire international est venue rappeler le poids des contraintes extérieures dans un pays pratiquement dépourvu des matières premières essentielles, et la nécessité d'une gestion rigoureuse.

L'équilibre à trouver entre toutes ces exigences est difficile. N'est-on pas allé trop loin dans la centralisation de la fonction productive ? Les aspirations nouvelles incitent à le penser. A l'inverse, la concentration ne procure-t-elle pas des gains de productivité particulièrement précieux dans un monde fini où les limites de la rareté paraissent plus proches qu'auparavant. Plus généralement, l'aménité est-elle forcément du côté du petit ? Les cruautés de la société médiévale sont connues. Et l'efficacité est-elle toujours du côté de la grande dimension ? La mort du diplodocus nous rappelle les dangers du gigantisme.

Cela étant, pour le secteur énergétique, la question est posée. « Face à

des besoins décentralisés, pourquoi une production centralisée ? Quels sont ses avantages et ses inconvénients ? Le système de production-consommation d'électricité présente-t-il à cet égard des aspects spécifiques ? ».

L'électricité, un système centralisé ? Pourquoi ? Comment ?

Centralisation ou décentralisation de la production d'électricité : quel est le problème ?

D'une façon générale, la fonction de tout système énergétique — quel qu'il soit — est moins de PRODUIRE de l'énergie que d'organiser son TRANSFERT de la source primaire où celle-ci se trouve, soit à l'état concentré (atome, combustibles fossiles), soit à l'état dilué (rayonnement solaire ou thermique du magma terrestre) jusqu'à l'utilisateur final. Au prix d'une cascade de transformations successives dont le but est de fournir à ce dernier l'énergie en la forme exactement adaptée à ses besoins spécifiques (mécanique, calorifique, chimique, etc), au moment et à l'endroit précis où elle lui est nécessaire. Selon la nature de la source primaire, il s'agira tantôt de déstocker et de diviser la production, tantôt au con-

traire de la concentrer et de la stocker.

Pas d'énergie, donc, sans conversions multiples, sans investissements et sans pertes de rendement à chaque étape de la valorisation du produit, étant noté que la plus importante et la plus coûteuse est effectuée généralement chez l'utilisateur final lui-même (maison solaire, passage pour les combustibles de la forme d'énergie potentielle chimique à la forme chaleur dans le cas du chauffage traditionnel). Mais, en revanche, une très grande diversité dans l'articulation et le poids relatif des différentes opérations constituant chacune des chaînes énergétiques concurrentes : l'équilibre entre ces opérations dépend largement de la source primaire mobilisée et des contraintes qui lui sont propres, notamment des facilités plus ou moins grandes de stockage. De ce fait, pour les sources diffuses, le circuit sera le plus souvent court mais fort coûteux en investissement et, pour les sources denses, le circuit long mais notablement plus léger en investissement.

Comparativement, comment se présente l'économie d'ensemble de la chaîne électrique ? Quelles sont ses forces et ses faiblesses ? Comment s'explique le poids de l'opération de production et l'intérêt de sa centralisation et de sa concentration ?

La raison est double. Comme les éner-

gies nouvelles, l'électricité est difficilement stockable en sorte que les problèmes de puissance garantie prennent un relief particulier. D'autre part, l'électricité est un vecteur pour qui la fonction « transfert d'énergie » est plus ample et plus poussée qu'ailleurs.

- Plus ample, et c'est sa force : le fil électrique permet de connecter l'ensemble des ressources énergétiques primaires (denses ou diffuses, nobles ou bas produits) à une gamme non moins diversifiée d'usage, depuis l'information jusqu'au service du chaud et du froid.

- Plus poussée, et c'est sa faiblesse apparente. En effet, contrairement à ce qui se passe ailleurs, l'essentiel de la mise en forme énergétique se trouve localisé à l'échelon production. Sortie usine, l'électricité est déjà directement efficace, sans conditionnement ultérieur, pour les usages les plus divers, déchargeant ainsi l'utilisateur d'une tâche complexe.

Comment tirer le meilleur parti de cet ensemble de souplesses et de centralisées et centralisées ne suffit pas. D'autant qu'en l'occurrence les mots traités ? Opposer solutions décentralisées peuvent s'avérer trompeurs.

En particulier, l'extrême rigidité des systèmes morcelés de production-distribution n'est pas toujours clairement perçue, ni d'ailleurs l'extrême dépendance qui en résulte pour l'utilisateur. Assurer comme autrefois la desserte d'une petite zone géographique par une seule usine située en son centre — c'est l'origine du terme centrale électrique — ne va pas sans inconvénients majeurs, notamment dans une période de rapides changements. Irréversibilité totale des choix techniques et énergétiques tout au long de la vie de l'ouvrage par impossibilité de changer de techniques ou de sources d'énergie. Suréquipement nécessaire pour faire face à l'irrégularité de la demande comme aux indisponibilités pour raisons d'entretien ou pour incidents techniques. Risques d'autant plus importants qu'ils portent sur un parc particulièrement étroit.

Infiniment plus souple, plus diversifiée, apparaît en revanche la solution fondée sur une étroite interconnexion de l'ensemble des centrales de production et d'un vaste marché de consommation. Soit exactement le contraire de ce qu'évoquent généralement les termes de centralisation et de concentration.

La souplesse tout d'abord. Si cette évolution se traduit incontestablement par l'éloignement de la production et de la consommation, et donc par un rôle accru de la fonction transport à longue distance, elle s'accompagne corrélativement d'un élargissement du champ des substitutions en matière de choix d'équipement et d'exploitation, d'un accroissement des degrés de liberté des différents acteurs du système dans le choix des moyens, et d'une capacité accrue de résister au désordre des événements.

La diversification ensuite. La variété des moyens de production autorisée par l'interconnexion est évidente, qu'il s'agisse de sources d'énergie primaire mobilisées ou de leur taille :

- Elle a ouvert un débouché à des techniques qui, sans elle, du fait de leur faible valeur, de leur irrégularité ou de l'inadaptation de la demande locale, seraient restées peu ou mal utilisées (chutes d'eau, lignite, bas produits charbonniers, gaz de récupération, déchets urbains, soit l'équivalent de quelque 5 Mtep en 1977).

- Elle permet aussi, dans des circonstances difficiles, d'accentuer la diversification des sources d'approvisionnement en énergie primaire du pays sans que l'utilisateur final soit pour autant obligé de modifier parallèlement ses installations lorsqu'une source primaire est défaillante, vient à manquer ou devient onéreuse, comme c'est le cas aujourd'hui. Doublant en quatre ans sa consommation de charbon, le système électrique français a brûlé dans ses chaudières l'équivalent de la production charbonnière française, en attendant les effets d'un important programme électro-nucléaire (quelque 45 Mtep en 1985 : ces formidables mutations

se produisent sans que les caractéristiques du produit final — électricité livrée à domicile — subissent le moindre changement.

Enfin, les économies résultant de la mise en œuvre des possibilités ouvertes par l'interconnexion sont considérables.

S'agissant des équipements, deux chiffres permettront de prendre la mesure des avantages d'un tel système sur l'autre. En 1976, la seule puissance souscrite des clients d'Electricité de France s'élevait à quelque 165 000 000 kW (3 kW par Français). Du fait des foisonnements de la demande et de la régularisation de la courbe de charge, avec 52 000 000 kW de puissance installée, le parc des centrales françaises a permis, dans des conditions d'hydraulicité désastreuses, de couvrir l'ensemble des besoins électriques du pays, domestiques, tertiaires, agricoles et industriels.

De même, l'adaptation continue des techniques mises en œuvre a favorisé d'importantes économies dans le domaine de la gestion courante. C'est ainsi que la consommation spécifique moyenne des centrales thermiques a baissé de plus de moitié depuis la nationalisation, passant de 5,03 thermies par kWh en 1947 à 2,46 en 1977, soit une économie globale de l'ordre de 30 Mtep par rapport à une situation où les techniques seraient restées figées.

Cela étant, peut-on parler de centralisation, de concentration du système électrique ? La réponse, en tout cas, doit être nuancée.

Quant à la centralisation, on a noté ce qu'avait d'assujettissant la relation du producteur et du consommateur dans le système morcelé de desserte. L'interconnexion a eu précisément pour effet d'y substituer une solidarité plus organique et, de fait, infiniment moins contraignante pour l'utilisateur..

Quant à la concentration, il est certain que l'interconnexion, en desserrant les limites de marchés trop

étroites, a facilité l'augmentation des tailles. Mais elle l'a fait dans les limites d'une optimisation globale où il s'agit de trouver l'exact compromis entre des considérations multiples : économiques (coûts et risques de défaillance), physiques et biologiques (disponibilité en eau, nuisances), sociales et humaines. D'où suit que la concentration, sauf à trahir son objet, ne saurait conduire à un gigantisme incontrôlé.

Un bilan donc plutôt positif. L'interconnexion permet de combiner les avantages d'une planification souple sans pour autant réduire l'autonomie et la liberté de choix de l'utilisateur.

Aspects décentralisateurs de l'électricité. Pourquoi ? Comment ?

Mais, sans être nécessairement déterminante, aucune technique n'est socialement neutre. Les avantages économiques notés plus haut n'ont-ils pas une contrepartie sociologique moins favorable ?

Il ne le semble pas. Au prix d'une centralisation et d'une concentration des moyens de production — très relatives d'ailleurs (1) et en tout cas moins accentuées que dans les autres secteurs énergétiques (zones de raffinage, bassins houillers) — on dispose en fait d'un instrument de décentralisation extrêmement précieux.

Les régions tout d'abord ont profité de cette solidarité. L'abaissement des coûts et la réduction de leurs écarts sur l'ensemble du territoire ont permis d'assurer à ces dernières une égalité croissante devant le progrès : les tarifs basse et moyenne tension sont désormais péréqués. Toutes les régions sans exception ont pu bénéficier des gains successifs apportés dans le développement des techniques, hier dans l'hydraulique, puis dans le thermique classique, aujourd'hui dans le nucléaire. L'espace na-

tional est, sans doute possible, plus fluide qu'il ne l'aurait été sans ce mécanisme correcteur.

L'omniprésence dont l'électricité bénéficie aujourd'hui tient sans doute à ses qualités intrinsèques, notamment à sa propreté, mais elle tient aussi et surtout à sa transmissibilité, sa flexibilité, sa divisibilité d'emploi. Bref, l'électricité peut être mobilisée là où il faut et quand il faut. Produite en grande quantité, elle peut être consommée sous forme infinimentale.

Divisibilité et flexibilité d'emploi à l'utilisation sont des qualités spécifiques dont on ne dégage pas toujours les implications sociales favorables.

En premier lieu, elles rendent possible une nouvelle division du travail entre grandes et petites unités de production, dans la mesure où il n'est pas forcément nécessaire de recourir à la concentration pour bénéficier des effets de taille dans la mobilisation de l'énergie. Sans l'électricité, la place de l'artisanat, de l'agriculture et de la petite industrie dans l'activité nationale ne serait sans doute pas ce qu'elle est, et l'activité industrielle aurait continué à engendrer des combinats de plus en plus gigantesques dont les concentrations industrielles du début du siècle autour des bassins houillers ne donnent qu'une modeste image.

En second lieu, l'électricité a contribué aussi à transformer l'usine. Le moteur peut être adapté à l'outil, et l'outil transporté vers le travail. Ainsi que le note l'historien britannique D. Landes dans son livre « La Société technicienne », « on a pu faire disparaître cette jungle d'arbres de transmission et de courroies qui avait été le caractère le plus visible des salles de machine dans les fabriques utilisant machine à vapeur ou énergie hydraulique, cette gêne pour le mouvement, cette source de pannes et cette dévoratrice d'énergie ».

En fait, les possibilités ouvertes sont extrêmement larges. L'électricité apparaît en effet comme un instrument privilégié de démassification des structures industrielles et de revalorisation des tâches par la liberté

qu'elle donne dans le groupement, dans l'agencement et dans la conduite du travail :

- Au niveau de l'entreprise, il n'est plus forcément nécessaire de concentrer en un seul lieu l'ensemble des productions ; on peut au contraire disperser celles-ci dans des unités plus petites.
- Au niveau de l'établissement, la division en ateliers distincts favorisant la reconstitution d'équipes de taille humaine est possible.
- Au niveau de l'équipe elle-même, l'ouvrier peut se libérer de la logique impersonnelle des chaînes de production pour redevenir plus actif dans la conduite de sa propre action.

Quant aux conditions de travail, les perspectives ouvertes par une électrification plus poussée des processus industriels ne sont pas moins importantes, qu'il s'agisse de la réduction de la sujétion du travail posté de nuit ou de fin de semaine dans nombreuses branches industrielles (fonderies, agro-alimentaire, chimie) de flexibilité des horaires ou d'étalement du travail au cours de l'année dans certaines activités agricoles.



On connaît l'aphorisme d'un écologiste célèbre « Ce que je crains le plus dans une centrale nucléaire, c'est qu'elle soit une centrale ».

Mais grâce à l'interconnexion, il y a longtemps qu'une centrale n'en est plus une, imposant sa loi aux utilisateurs qui lui sont raccordés !

Quant au consommateur, échappant à la tutelle de l'engrenage et de la courroie, il a pu s'extraire des grandes concentrations industrielles et urbaines pour recouvrer sa liberté d'implantation et, là où il a choisi de s'installer, il gère librement son approvisionnement professionnel ou domestique en appuyant sur des boutons.

(1) Environ 2700 groupes thermiques et usines hydrauliques, dont une soixantaine produisent séparément plus d'un milliard de Kwh.

la production d'électricité d'origine nucléaire

ses aspects économiques internes et externes

son environnement international

Les décisions décentralisées sont-elles possibles dans le domaine nucléaire ?

par J.-C. LENY

Directeur Général de Framatome

et J. GAUSSENS

Directeur à la Direction générale de Framatome.

Les avantages économiques universels de l'énergie nucléaire

Rappelons brièvement que les réalisations des premières unités « commerciales » de production d'électricité nucléaire ont soulevé un grand espoir dans de nombreux pays et en particulier dans de nombreux pays du tiers monde.

Il allait être possible, en effet, de disposer, pour la première fois d'une source d'énergie dont le coût serait **indépendant de la distance des lieux de production et de consommation**; ce qui n'était pas le cas ni du charbon très onéreux à transporter, ni du fuel et encore moins de l'hydraulique. Les chances, au plan économique mondial et en ce qui concerne les coûts de l'énergie pour les différentes régions du monde allaient être égalisées. C'est le sentiment qui apparaissait dans les nombreuses communications des premiers rassemblements nucléaires mondial l'Atome pour la Paix » en 1954 et 1958. Nous ver-

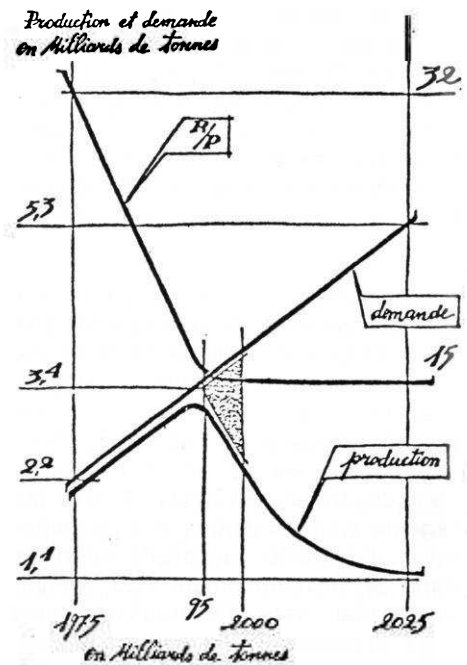
rons que cet espoir reste toujours valable mais s'est nuancé dans la mesure où l'intervention économique de l'énergie nucléaire paraît, encore actuellement, inséparable d'un effet d'échelle défavorisant le pays dont le réseau de production et de distribution électrique s'accommode mal d'unités de grandes puissances.

Le deuxième avantage de la maîtrise de l'atome est lié aux besoins croissants de l'humanité en énergie, afin d'accroître son niveau de vie et à la pénurie rapide des ressources primaires « fossiles » (fig 1). Le recours aux centrales nucléaires devient de plus en plus indispensable (fig. 2).

C'est ce qu'ont compris la quasi totalité des pays du monde qui espèrent un développement économique soutenu dans les prochaines décennies y compris les pays pétroliers. Il n'est que de citer le cas de l'Irak, celui de l'Irak, de la Libye sans parler de l'Union Soviétique et des Etats-Unis.

Un autre avantage, assez décisif, vient de ce que, surtout depuis l'accroissement des prix du pétrole, du gaz et du charbon, la production d'électricité-

Fig. 1: Evolution prévue des réserves prouvées de la production et de la demande.



Les courbes de décroissance du rapport R/P (Réserves Prouvées/Production), de la production et de la demande, du monde non communiste, montrent que l'inédéquation entre l'offre et la demande devrait intervenir avant 1995.

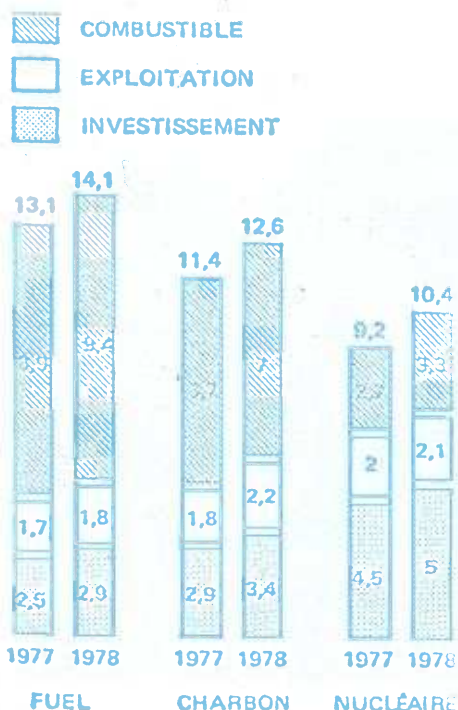
té d'origine nucléaire apparaît clairement compétitive avec les productions plus traditionnelles. On se référera, en France, aux évaluations les plus récentes de la « Commission nationale pour l'Electricité d'origine nucléaire » (PEON) — qui donne les chiffres de la fig. 3, compte tenu des diverses hypothèses de prix des combustibles fossiles, elles-mêmes basées sur divers objectifs vraisemblables de croissance économique et de marché.

On constate que l'écart des coûts du Kwh nucléaire classique tend à se maintenir sur une longue période au-delà de fluctuations particulières, telles que celles de 77/78, qu'une analyse attentive rend aisément explicable.

Ce résultat n'est pas particulier à la France, il a un caractère « intrinsèque » en ce qu'il est profondément lié :

— aux conditions de conception et de réalisation des centrales nucléaires (ou classiques) qui tendent à s'unifier au plan mondial

Fig. 3 a : Décomposition des coûts du kWh en 1977 et en 1978 en C/kWh (taux d'actualisation 9 %)



et qui, actuellement, ne sont pas fondamentalement différentes d'une nation à une autre,

- au marché du combustible nucléaire et plus généralement au « coût du cycle » c'est-à-dire à l'ensemble des opérations d'extraction de l'uranium, de son élaboration, de son enrichissement en U 235 et à son retraitement éventuel pour en extraire les matières fissiles résiduelles,
- au marché des matières premières « fossiles » dont la rareté grandissante entraîne, non seulement

un prix mais aussi un coût croissant.

Cet avantage économique du coût de production des Kwh d'origine nucléaire est donc une réalité permanente, analysée comme telle par les économistes de tous les pays et par les statistiques d'enregistrement des performances des centrales nucléaires en fonctionnement (une centaine dans le monde). Les prévisions nucléaires telles qu'elles sont présentées dans la récente publication de l'OCDE montrent la confiance de la plupart des pays dans ce mode de production de l'électricité (fig. 4).

Fig. 2 : Projections maximales et minimales de capacités nucléaires mondiales.

	1974	1985		2000	
		maximum plausible	minimum plausible	maximum plausible	minimum plausible
Capacité nucléaire (en gigawatts élect. GWe)	66,9	412	291	1772	913
Pourcentage de l'énergie primaire (1)	2 %	9 %	6 %	21 %	14 %
Quantité annuelle équivalente d'énergie (en Mtep) (1)	85	500	350	2150	1100

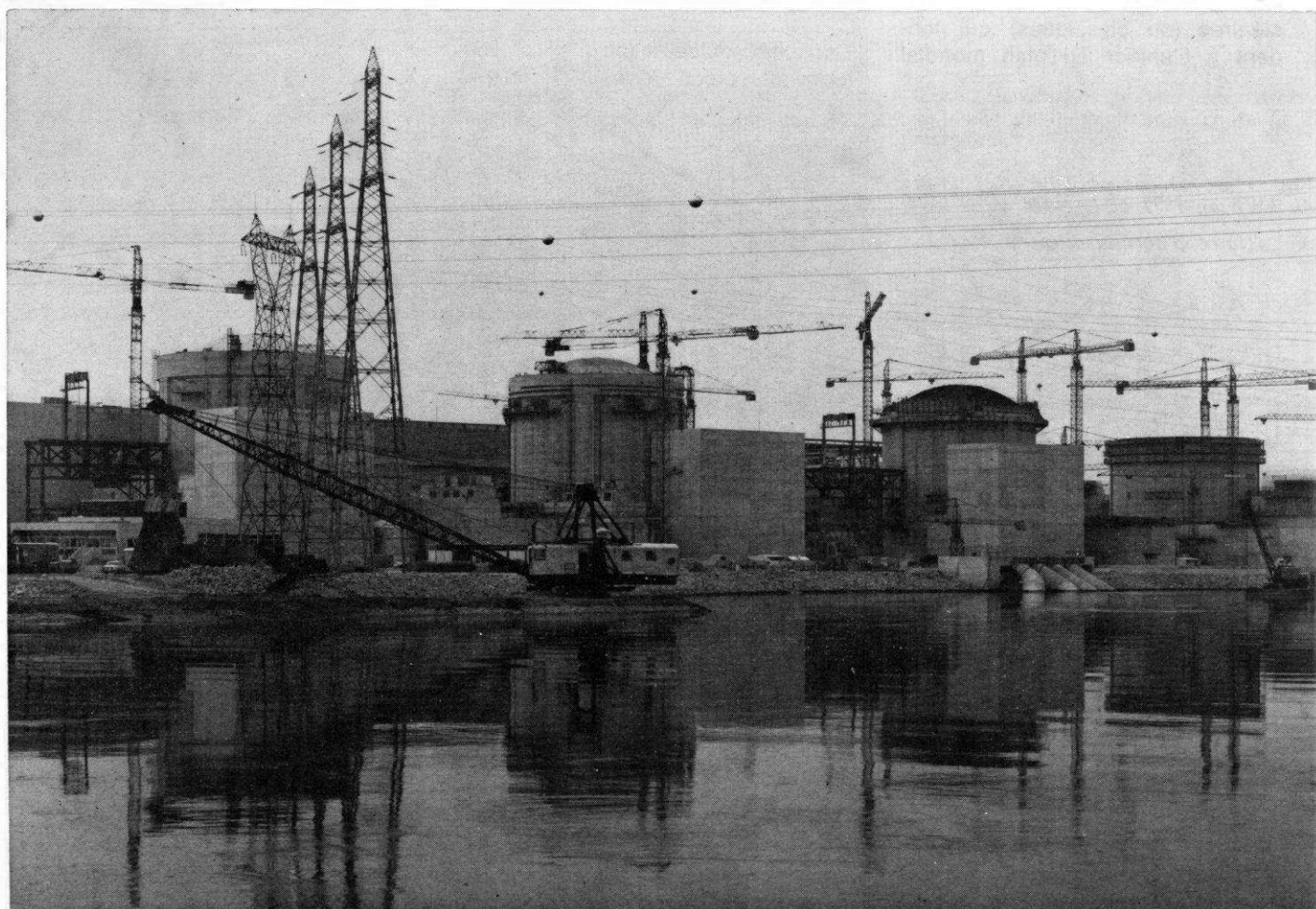
(1) Compte rendu du rendement dans la production d'électricité.

	Variantes du coût d'investissement.	SCENARIO DE PRIX			
		Prix actuels	A	B	C
NUCLEAIRE	Hypothèse Haute	—	11,2	11,6	12,3
	Moyenne	10,4	10,3	10,7	11,4
	Basse	—	9,8	10,2	10,9
CHARBON	Haute	—	14,6	16,0	20,5
	Basse	12,6	15,4	15,2	19,7
FUEL	Haute	—	14,9	17,9	26,6
	Basse	14,1	14,6	17,6	26,3

Fig. 3 b : Evolution des coûts à moyen et long termes selon divers scénarios concernant les prix des énergies primaires.

	Hydro- électrique et autres	Nucléaire	Thermique classique	Consommation de combustibles				
				Charbon de qualité supérieure	Charbon de qualité inférieure	Lignite	Pétrole	Gaz naturel
Etats-Unis	2.9	16.2	4.5	5.4	11.7	13.4	3.7	-5.1
Japon ²	0.3	27.6	6.2					
Autriche	5.3	3)	8.6	13.7		7.1	8.0	9.3
Belgique ²	46.9	4.2	6.2		7.8		7.4	1.9
Finlande	2.4	4)	3.7					
France	3.6	34.3	-4.0	-1.9	-7.9		-6.1	-1.9
Allemagne	2.9	23.1	1.2	2.2		-0.1	1.9	0.9
Italie	2.6	35.6	5.9	39.9		-0.3	5.0	2.9
Pays-Bas	—	-2.4	5.1	17.3			29.8	-6.9
Espagne	6.6	23.2	1.1		7.0		-3.3	
Turquie	9.7	5)	11.5	-5.5	-11.8	22.6	-0.7	
Royaume-Uni	7.3	6.9	2.8		-0.9		5.0	2.7

Fig. 4 : Evolution de la production par sources et de la consommation de combustibles dans la période 1976-1985
(Variation moyenne annuelle en pourcentage)



Centrale de Tricastin.

(Photo Leny)

Quelques économies externes propres au nucléaire

A côté des économies « directes » qui viennent d'être évoquées, l'utilisation de l'énergie nucléaire génère certaines « économies externes » liées aux conséquences extérieures au système clos du processus de production avec ses coûts et ses avantages propres tels qu'ils viennent d'être évoqués. Ces « économies externes » apparaissent en valeurs quantitatives et qualitatives dans les études dites de « Cost/Benefit » qui visent à décrire de façon aussi exhaustive que possible des modifications entraînées dans des systèmes économiques globaux (au niveau des pays ou de groupes de pays) par l'introduction de la production d'électricité d'origine nucléaire qu'il s'agisse d'addition ou de substitution à d'autres types d'énergie. Leurs prises en compte interviennent de façons très importantes dans les décisions concernant le lancement des programmes nucléaires, c'est pourquoi, nous insistons un peu sur certaines d'entre elles.

Citons ainsi :

- les économies de devises
- l'indépendance énergétique
- la promotion des industries de pointe
- l'amélioration de certains aspects écologiques
- la contribution à la stabilisation des prix des énergies fossiles.

Ces diverses économies externes jouant un rôle variable mais important qu'il s'agisse de pays peu industrialisés ou très industriels.

Citons encore, surtout au bénéfice de ces derniers :

- l'importance de l'exportation considérée comme déterminante des effets de multiplicateurs économiques et d'entraînement et, corrélativement, son influence sur l'emploi.

Il n'est pas nécessaire de s'attarder sur les **économies de devises** qui se placent au niveau des achats de matières premières énergétiques. Il suffit de se référer à la fig. 3 pour constater qu'en 1978 et, en France, le

coût du combustible nucléaire représentait nettement moins de la moitié de celui du combustible fossile. De plus, parmi les composants de ce dernier coût, la matière première uranium ou uranium enrichi n'intervient elle-même que pour une fraction assez faible de l'ensemble.

L'indépendance énergétique n'est pas facile à définir.

Elle résulte, dans l'absolu, de la possibilité d'approvisionnement en énergie indépendante des événements politiques et à des prix convenables. Elle est totale lorsque le pays considéré dispose de ressources énergétiques importantes ou diversifiées comme les Etats-Unis ou l'Union Soviétique. Un pays comme la France, dont les ressources en énergie fossile sont faibles, améliore sensiblement sa position par la diversification de l'origine de ses ressources et par un stockage préventif. L'énergie nucléaire répond bien à ces deux objectifs, nous possédons en effet, un stock très notable (le 1/10^e des réserves mondiales) d'uranium dans notre sol, nous sommes capables (et nous sommes d'ailleurs pratiquement actuellement le seul pays dans ce cas) non seulement d'enrichir cet uranium pour le rendre propre à son utilisation dans les centrales nucléaires mais aussi de retraiter chimiquement le combustible usé qui en sort pour en extraire les matières fissiles résiduelles Uranium et Plutonium. De plus nous sommes également capables de réutiliser cet uranium dans les réacteurs « surrégénérateurs » existant (Phénix, ou en construction Super Phénix).

Quant au stockage de l'Uranium ou de l'Uranium enrichi on sait qu'il s'effectue très aisément étant très peu radioactif et dans des conditions économiques nettement plus avantageuses que les combustibles fossiles : les intérêts d'immobilisation sont considérablement plus faibles (ceci résulte de ce qui a été dit plus haut concernant le coût du combustible par Kwh) et le volume occupé également très réduit (1 t d'uranium naturel a le même pouvoir énergétique que 15 000 t de charbon).

La promotion des industries de pointe est liée à la nécessité, lors de la mise en œuvre de l'énergie nucléaire et de l'exploitation des centrales corres-

pondantes de faire appel à un personnel « initié » ayant subi une formation et un entraînement long et difficile. Ces critères de sûreté et de qualité absolument nécessaires au bon accomplissement des processus nucléaires exigent ainsi un dépassement des efforts d'un pays s'effectuant dans un cadre plus conventionnel et contribuant puissamment, par les « transferts de technologie » qui en découlent à la promotion industrielle de ce pays.

L'amélioration de certains aspects écologiques résulte, contrairement aux contre-vérités souvent émises, du caractère sûr de l'utilisation de l'énergie nucléaire et de la réduction considérable de la pollution atmosphérique qui résulte de son utilisation. Il serait trop long d'aborder, à fond, un sujet de cette importance. Qu'il suffise de rappeler que lorsque le Président Kennedy a lancé le programme nucléaire américain de 1962, il a placé au tout premier rang des avantages de l'énergie nucléaire l'absence de pollution de l'air. Il n'est que de recommander la lecture de l'étude récente publiée par les autorités fédérales du Canada intitulée « les dangers inhérents à la production d'énergie » (1) pour convaincre aisément de cette très simple vérité.

L'effet externe le plus souvent cité et aussi le plus difficile à exprimer en termes quantitatifs est la contribution de l'énergie nucléaire à la stabilisation du prix des énergies fossiles. Il n'est que d'apprécier, à travers les demandes potentielles des tableaux 1 et 2, ce que serait la consommation d'énergie fossile en 1990 ou 2000 en l'absence d'énergie nucléaire pour imaginer l'ordre de grandeur de la modération des prix introduite par l'étalement des productions dû à l'existence des programmes des centrales atomiques.

Pour les pays **exportateurs de technique nucléaire** qui sont actuellement un nombre très faible (Etats-Unis, France, Allemagne, Union Soviétique, Canada), les opérations de fourniture

(1) Les dangers inhérents à la production d'énergie, par Herbert Inaber. Atomic Energy of Canada. Commission de contrôle. Ottawa/Août 1978.

de centrales nucléaires, par exemple, se traduisent pas des volumes considérables. Une centrale nucléaire double avec tous les services adjacents est d'un ordre de grandeur proche de 6 à 10 milliards de francs.

Le rôle, bien connu des économistes, du « multiplicateur » amplifie considérablement ces sommes pour induire des flux monétaires plusieurs fois supérieurs traduisant un accroissement très intense de l'activité interne du pays exportateur.

Le phénomène d'implantation à l'étranger qui en résulte détermine lui-même, un effet d'entraînement pour les industries voisines qui n'ont pas encore eu de moyens de pénétration.

Ces effets de multiplication et d'entraînement peuvent être dans de nombreux cas partagés entre les pays exportateurs et les pays importateurs.

— le résultat en est, un effet heureux

Fig. 5 :

L'industrie nucléaire et l'emploi

(Source : lettre d'information du Ministère de l'Industrie - 13 juin 1978).

Le nombre d'emplois nécessaires à la réalisation d'une tranche nucléaire standard de 900 MW(e), calculé à l'aide du tableau d'échanges inter-industriels français, s'établit en chiffres arrondis à 25 000 emplois/an.

En heures de travail, la construction d'une tranche nucléaire représente, pour l'activité française, entre 40 et 50 millions d'heures de travail.

Dans la mesure où 25 tranches sont en cours de construction au début 1978, 125 000 personnes sont actuellement concernées par la mise en œuvre du programme d'équipement électronucléaire français.

sur l'emploi. Citons à ce sujet quelques chiffres donnés récemment par la Délégation Générale de l'Energie (fig. 5).

Tous ces avantages « internes » et « externes » ne peuvent se réaliser actuellement, dans toute leur plénitude pour diverses raisons :

— la crise mondiale, ou plutôt le ralentissement généralisé de la croissance a pour effet, dans un certain nombre de pays, un ralentissement corrélatif de la demande énergétique. De plus, l'augmen-

tation brutale des prix des combustibles fossiles ces toutes dernières années, a eu pour résultat de réduire les disponibilités financières de nombreux producteurs d'électricité dans le Monde, d'où des ressources d'autofinancement très amenuisées...

On sait d'autre part, et on le voit

Usine Framatome de Chalon-sur-Saône. Hall d'assemblage de générateurs de vapeur.

(Photo Framatome)



clairement sur la fig. 3, que l'influence des intérêts sur le capital immobilisé est plus forte pour les centrales nucléaires que pour les classiques. Il en résulte un risque accru et une situation d'attente concernant les nouveaux investissements des producteurs d'électricité dans diverses parties du Monde.

— Les mouvements nationaux et internationaux de contestation du nucléaire en général ont abouti à un renforcement souvent artificiel, toujours long et onéreux, des procédures administratives relatives aux sites nouveaux destinés à recevoir des centrales nucléaires. Ceci a provoqué un mouvement de découragement chez certains investisseurs, probablement passager.

— Enfin et surtout l'Administration américaine, issue des nouvelles élections n'a pas encore défini très clairement les objectifs du gouvernement fédéral en matière de retraitement et d'utilisation du Plutonium dans les surrégénérateurs. Ces atermoiements contribuent également à provoquer l'attentisme des productions d'électricité américaines vis-à-vis du nucléaire. L'action personnelle du Président des Etats-Unis en matière de législation « anti-prolifération » gèle aussi un certain nombre d'initiatives dans les pays étrangers.

La plupart des prévisionnistes économistes s'accordent néanmoins à prévoir un déblocage général des décisions favorables à la reprise de la marche en avant du nucléaire dans les toutes prochaines années. Des indices sérieux l'annoncent déjà.

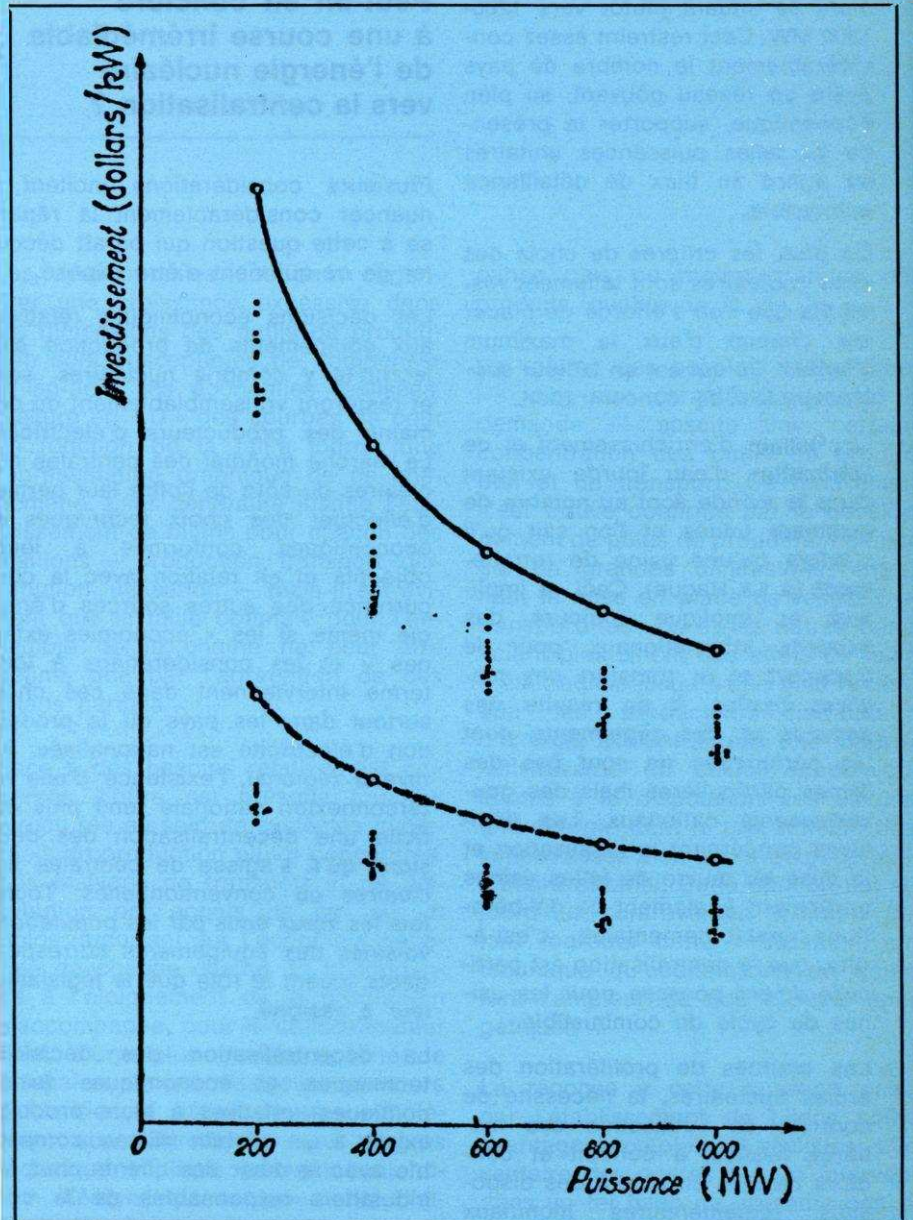
Centralisation - Décentralisation

Trois faits dominent le problème de la centralisation ou de la décentralisation des décisions et des lieux de production en matière d'énergie nucléaire.

- Une centrale nucléaire est d'autant plus « compétitive » qu'elle est plus puissante. C'est l'effet de taille mentionné plus haut.
- Les usines qui participent au « cycle de combustible » au niveau de l'enrichissement et à celui du retraitement pour les réacteurs dits à eau ordinaires, au niveau des usines d'eau lourde et du traite-

ment pour les réacteurs à eau lourde, participent également d'un effet d'échelle favorable à la taille. Non seulement, elles sont d'autant plus économiques qu'elles sont plus importantes mais, pour des raisons de contrôle et de sûreté, elles ont tendance à être concentrées en un nombre limité de lieux dans le monde.

Fig. 6: Sensibilité du coût d'investissement des centrales classiques et nucléaires à eau ordinaire à leur puissance unitaire (d'après I.B. 2)



Les points situés sous chaque courbe représentent d'autres centrales du même type dans divers pays du monde (comptabilité à dollar constant)

- centrales thermiques (fuel)
- centrales nucléaires (PWR) } aux Etats-Unis (comptabilité à dollar courant)
- PWR = Pressurised Water Reactor

Note : échelle arbitraire linéaire en ordonnées.

— Enfin de nombreuses décisions « nucléaires » se prennent pour une part, au niveau mondial.

Reprenons brièvement ces trois éléments favorables à la centralisation.

— L'effet de taille des centrales (fig. 6) qui concerne essentiellement le coût d'investissement par kW productible aboutit à ce que, dans les conditions économiques actuelles, seules les centrales ayant une puissance unitaire supérieure à 500 MW sont rentables dans la plupart des pays du Monde, l'optimum se situant plutôt vers 1200-1300 MW. Ceci restreint assez considérablement le nombre de pays ayant un réseau pouvant, au plan économique, supporter la présence de telles puissances unitaires eu égard au taux de défaillance admissible.

— De plus, les critères de choix des sites nucléaires sont tellement restrictifs que l'on s'efforce de placer sur chacun d'eux le maximum d'unités. Ce qui est un facteur supplémentaire de concentration.

— Les usines d'enrichissement et de fabrication d'eau lourde existant dans le monde sont au nombre de quelques unités et l'on sait qu'il n'existe qu'une usine de retraitement (à La Hague). Ceci a impliqué et implique toujours des accords internationaux pour le transport et le transfert des matières fissiles. Il en résulte des accords et des règlements dont les partenaires ne sont pas des firmes particulières mais des gouvernements nationaux. Les décisions concernant la localisation et la mise en œuvre de telles usines participent également de délibérations gouvernementales, c'est-à-dire, que la centralisation est particulièrement poussée pour les usines du cycle de combustible.

— Les craintes de prolifération des armes nucléaires, la nécessité de contrôle de l'utilisation des matières fissiles, a conduit et conduira de plus en plus à des dispositifs réglementaires mondiaux sous l'égide de l'Agence Internationale de l'Energie nucléaire, définissant en particulier des normes et des seuils en matière de radioactivité.

Il existe une coopération englobant,

par des accords bilatéraux ou multilatéraux un grand nombre de pays très industrialisés pour aboutir à des actions communes en matière de sûreté d'exploitation des réacteurs et des usines nucléaires de toutes natures, de dépôts des déchets. On va donc vers une sorte de contrôle international imposant de nombreuses contraintes aux décisions nationales et réduisant d'autant la décentralisation des décisions à des niveaux moins globaux.

Peut-on en conclure à une course irrémédiable de l'énergie nucléaire vers la centralisation ?

Plusieurs considérations incitent à nuancer considérablement la réponse à cette question qui paraît découler de ce qui vient d'être exposé.

Les décisions économiques relatives aux équipements de production d'électricité y compris nucléaires, sont et resteront vraisemblablement du domaine des producteurs d'électricité. Le marché mondial des centrales nucléaires du côté de l'offre leur permet d'effectuer des choix techniques et économiques conformes à leurs objectifs et en relation avec la concurrence des autres sources d'énergie même si les « économies externes » et les considérations à long terme interviennent dans ces choix surtout dans les pays où la production d'électricité est nationalisée. Au niveau régional, l'existence d'une interconnexion nationale rend plus difficile une décentralisation des décisions qu'il s'agisse de centrales nucléaires ou conventionnelles. Toutefois les vœux émis par les populations voisines des équipements correspondants jouent le rôle que le législateur leur a assigné.

La décentralisation des décisions techniques et économiques (sinon politiques) relatives à leurs produits, existe à un certain niveau compatible avec le désir des clients chez les industriels responsables de la conception et de la construction des centrales nucléaires et des usines du cycle de combustible. Ces décisions restent liées à la rentabilité et à la survie de l'entreprise comme dans d'autres corps de métiers et les grandes firmes spécialisées dans le domaine

nucléaire tiennent à garder beaucoup d'initiative dans ce domaine.

L'internationalisation de certaines règles peut sans doute conduire à terme à une certaine décentralisation des décisions au niveau de ces formes dans la mesure où elles ne seront plus soumises à des dispositifs contraignant purement nationaux souvent contradictoires d'un pays à l'autre. Des références universelles doivent permettre une certaine liberté aux entreprises nucléaires vis-à-vis des Etats.

Enfin, et pour un avenir non immédiat mais proche, on peut espérer que la propulsion des navires marchands, voire le chauffage urbain, pourront constituer de nouvelles conquêtes ayant déjà donné lieu à des prototypes ou à des études très avancées de l'énergie nucléaire. Il en résultera une diversification des utilisateurs de cette énergie et une décentralisation des décisions rendue d'ailleurs plus aisée par l'existence de règles universelles.

L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE FÉDÉRALE DE LAUSANNE

MET AU CONCOURS UN POSTE DE

PROFESSEUR DE BÉTONS ET MORTIERS

POUR SON DÉPARTEMENT
DES MATÉRIAUX

**Délai d'inscription :
31 janvier 1979**

Les personnes intéressées voudront bien demander le dossier relatif à ce poste à la :

**Direction Administrative
de l'École Polytechnique Fédérale
de Lausanne,
33, avenue de Cour
1007 Lausanne/Suisse**

Face à des besoins dispersés, une production centralisée

Une analyse coût-avantage ?

par Jean COUTURE

Président de l'Institut français de l'Énergie.

Le concept d'économie d'échelle est aussi familier à l'économiste qu'à l'ingénieur. Pour le premier, il évoque ce fait d'observation : l'augmentation de la taille de l'outil de production est génératrice d'une baisse des prix de revient des unités produites, du moins tant que n'est pas atteint le point où la loi des rendements décroissants devient dominante. Pour le second, il a son explication technique dans la non-linéarité des relations physiques entre les facteurs mis en jeu dans les différents modes de production, entre le domaine des coûts et celui des produits. De façon très schématique, on observera par exemple — dans un transport par canalisation — que le coût de l'outil de production est proportionnel au diamètre, alors que le service rendu est proportionnel à son carré ; dans d'autres cas, la non-proportionnalité sera due à la comparaison entre la surface d'une part, et le volume d'autre part.

Facteur important de la croissance économique et de l'organisation de notre société, l'économie d'échelle trouve ses limites avec le gigantisme, avec les rigidités susceptibles d'apparaître au-delà de certains seuils, plus ou moins clairement définis. Garder aux éléments une « dimension humaine » : voilà une aspiration bien imprécise certes dans sa formation, mais de plus en plus fréquemment exprimée ; il serait bien imprudent de n'y pas réfléchir.

Les déséconomies que peut engendrer une croissance excessive dans les dimensions des outils de production sont susceptibles de compenser et au-delà, les économies réalisées. L'allure en « U » des courbes de coût en fonction de la taille fournit une représentation graphique de ce phénomène. Leur généralité justifie l'établissement de bilans pour chacun des maillons — production, transport, distribution, utilisation — mais il est évident que la taille optimale pour l'ensemble de la chaîne ne peut être définie que par l'agrégation de ces bilans partiels.

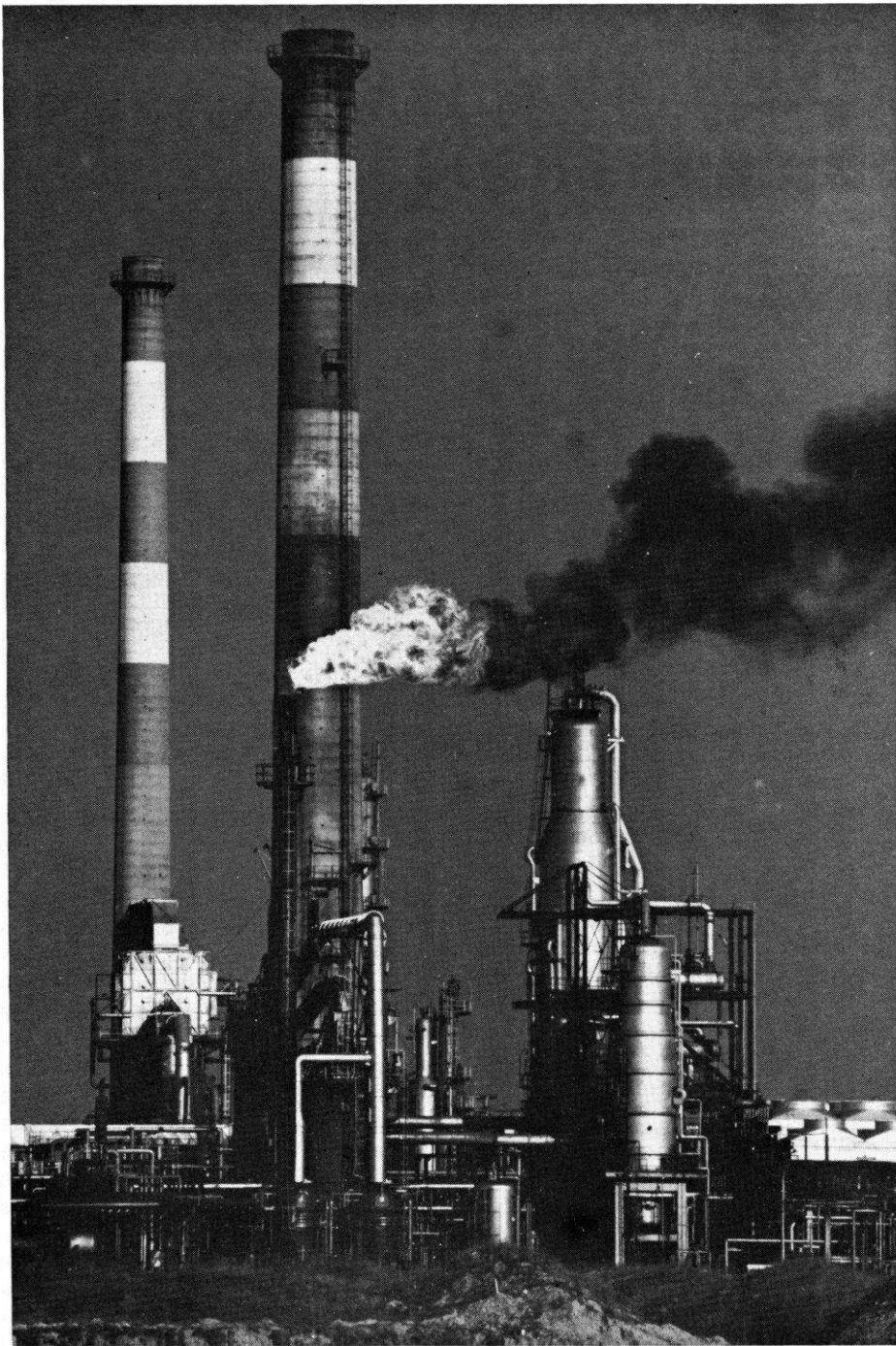
Face à des besoins relativement dispersés, l'offre est presque toujours structurée au sein de systèmes industriels de production plutôt concentrés. Les maillons de transport et de distribution ont acquis de ce fait un poids important sur l'économie générale de chaque chaîne. Et la tendance à l'éloignement de la production s'accompagne, pour le consommateur final, d'une plus grande opacité de la chaîne, ce qui n'est pas de nature à clarifier le débat. Notons simplement que l'introduction du progrès technique implique souvent l'adjonction d'étapes qui ont pour effet d'allonger encore le processus.

Si on réduit le champ de réflexion à celui du marché de l'énergie, son volume et son inertie lui confèrent des vertues particulières : variété des usages, interchangeabilité et interdépen-

dance plus ou moins grandes des produits, qualité de la vie...

Le volume des besoins énergétiques — joint aux caractéristiques de la demande — suscite une certaine concentration des outils de production et de transport. Ce mouvement s'est trouvé confirmé par le développement de pôles de production d'énergie de grandes dimensions, entraînant la mise en place de réseaux de transport, les uns et les autres bénéficiant pleinement des effets de taille. Il était admis jusqu'à une date récente que les producteurs-distributeurs d'énergie avaient acquis une maîtrise satisfaisante du calcul économique et mis à la disposition des usagers une énergie dont le prix reflétait finalement assez bien les niveaux de taille unitaire atteints. Cette opinion est aujourd'hui controversée : faut-il dès lors regretter cette « réussite », tant technique qu'économique, en déplorant l'ampleur de nos besoins énergétiques ?

La réponse à cette question passe par l'établissement de bilans coûts-avantages complets et réalistes. L'inventaire des postes à faire intervenir dans un tel bilan ne présente pas de grandes difficultés. Mais il faut déterminer les valeurs correspondantes : les coûts visibles, mais aussi les coûts reportés sur d'autres chaînes, énergétiques ou non, sans qu'il y ait récupération, dans les coûts réellement supportés, des transferts ainsi réali-



« Raffinerie de l'Ile-de-France ». Un grand puits près de Provins. La raffinerie appartient à la Compagnie Elf.

(Photo Rapho)

sés (coûts sociaux, bilans en devises, sécurité d'approvisionnement et indépendance énergétique...). Peut-on trouver une unanimité pour l'évaluation de ces coûts et leur intégration dans un bilan global ? Et quelles variantes définir entre plusieurs projets de même nature ?

Il est vrai que l'évolution historique des outils de production entraîne l'alourdissement des coûts fixes, la complexité des systèmes et des structures, ce qui conduit à accorder une attention croissante aux limites des effets de taille. Dès lors, on a raison de s'interroger sur la compatibilité des choix individuels et collectifs, les interdépendances et les solidarités, les possibilités de mieux aménager le temps et l'espace. Les chaînes énergétiques fournissent à cet égard une image — parmi d'autres possibles — de l'état du développement de la Société. Encore convient-il de ne pas oublier qu'il ne saurait y avoir de développement économique durable sans progrès technique. Encore faut-il être conscient, aussi, que cette image énergétique est peut-être, à l'heure actuelle, une de celles qui sont le plus vivement mises en accusation, tout en étant très souvent déformées.

Il faut donc louer sans réserve l'initiative de la revue FCM : en précisant les contours de cette image, les textes qui sont ici rassemblés contribueront à faire progresser nos réflexions sur un sujet difficile, mais de première importance.

l'avenir économique du pétrole et la centralisation dans le raffinage

par J.C. BALACEANU

Directeur général de l'Institut français du pétrole.

I - L'avenir économique du pétrole

La crise pétrolière de 1973 — l'embargo et le quadruplement des prix du pétrole — a brutalement sensibilisé le monde industriel à sa vulnérabilité et au caractère éphémère de son ravitaillement énergétique, fondé à 44 % sur le pétrole et à 20 % sur le gaz — 52 % et 19 % pour la C.E.E. — mais aussi de son ravitaillement en matières premières de ces produits chimiques qui lui sont désormais aussi indispensables. Les hydrocarbures, richesses limitées non renouvelables, vont-ils s'épuiser à une vitesse telle que, rapidement, on se retrouvera en situation de pénurie ?

Les réserves énergétiques mondiales ont fait l'objet de très nombreuses études et publications, en particulier à la Conférence Mondiale de l'Énergie en 1977. Le tableau 1 donne les réserves prouvées et les réserves ultimes de pétrole, de gaz naturel, de schistes bitumineux, de sables asphaltiques, de charbon et de combustible nucléaire avec et sans surrégénération.

On voit notamment que les réserves prouvées de pétrole sont de l'ordre de 100 milliards de tonnes et ses réserves ultimes de l'ordre de 300 à 500, en tenant compte du pétrole de mer profonde et de celui produit par les méthodes de récupération les plus performantes, encore au stade

Tableau 1
RESERVES ENERGETIQUES MONDIALES (Gtep)

	Réserves Prouvées	Réserves Ultimes
Pétrole	90	300 - 500
Gaz naturel	60	200 - 300
Schistes bitumineux	50 - 100	400
Sables asphaltiques	40	200 - 300
Charbon + Lignite	500	7000 - 9000
Nucléaire sans surrégénération	20	40 - 100
Nucléaire avec surrégénération	1000	2000 - 5000

Tableau 2
PROJECTIONS ENERGETIQUES MONDIALES A L'HORIZON 2000 (en Gtep)

	1975	1985	2000
Charbon	2,6	2,6	4,5 - 4,9
Pétrole	1,8	4,1	4,3 - 4,55
Gaz naturel	1,1	1,6	2,5 - 2,9
Nucléaire	0,1	0,45	1,9 - 2,25
Hydraulique	0,3	0,5	0,8 - 0,9
Energies nouvelles	—	0,05	0,3 - 0,3
TOTAL	5,9	9,3	14,3 - 15,8

de la recherche ; quant aux réserves de gaz naturel, elles sont supérieures à 200 milliards de tonnes d'équivalent pétrole. Sur la base de ces réserves énergétiques, qui sont importantes, et de différentes hypothèses (scénarios) de développement du Monde, on peut tenter de cerner la répartition des énergies primaires à l'horizon 2000.

En l'an 2000 (tableau 2), pour une consommation de l'ordre de 15 milliards de tonnes d'équivalent pétrole, la production de pétrole pourrait être de l'ordre de 4 à 4 milliards et demi et celle de gaz naturel de l'ordre de 2 et demi à 3 milliards de tonnes. Ces productions de pétrole et de gaz naturel sont donc très importantes mais ce pétrole et ce gaz

seront produits dans des conditions beaucoup plus difficiles car les réserves aisées seront épuisées ; il faudra donc les produire dans des zones hostiles à l'homme, jusqu'alors inexplorées (mers difficiles : grandes profondeurs, zones arctiques) ou en mettant en œuvre des technologies complexes de récupération assistée. Par rapport au prix du pétrole facile du Moyen Orient, dont le coût technique est de l'ordre de 0,2 à 0,5 dollar 1978 par baril (7 barils = 1 tonne de pétrole), il faudra escompter des coûts techniques qui atteindront jusqu'à 8 dollars par baril pour le pétrole classique et dépasseront 10, voire 15 dollars par baril pour le pétrole en mer profonde ou de récupération assistée. Il sera certes possible de produire des hydrocarbures de synthèse au départ des sables asphaltiques et des schistes bitumineux mais cela à des coûts techniques encore supérieurs, atteignant 20-25 dollars au baril.

Quel sera le prix de ce pétrole ? Dans les hypothèses retenues où le monde se serait engagé dans une politique volontariste d'économie d'énergie et de développement du charbon et du nucléaire, le pétrole pourrait voir son prix croître de 50 %, donc atteindre 20 \$/bl : 8 \$/bl de coût technique en moyenne et 12 \$ de taxes ou, pour les pays du Moyen Orient, de 2 à 3 \$ de coût technique et 17 à 18 \$ de taxes.

Dans ces conditions, les hydrocarbures chers seront réservés à des usages nobles : d'une part, la synthèse organique et, d'autre part, le transport. En effet, dans le domaine de la traction, l'ensemble constitué par un moteur à combustion interne et un réservoir d'essence ou de gas-oil constitue une source d'énergie stockée dont le prix, le poids, le volume sont tels qu'il est difficile d'imaginer une révolution proche dans ce domaine. Le transport semble ainsi devoir rester une utilisation sûre des produits pétroliers, de même que la lubrification.

Les transports et la pétrochimie seront donc en compétition dans l'utilisation des hydrocarbures. Le tableau 3 donne, en fonction des années et en extrapolant pour 1985 et 2000, leurs consommations respectives en hydrocarbures, les chiffres pour le transport étant repris des travaux de

Tableau 3
EVOLUTION DES PRODUCTIONS ET BESOINS EN HYDROCARBURES

	PRODUCTIONS		BESOINS	
	Gaz naturel (10 ⁹ m ³)	Pétrole (10 ⁶ t)	Pétrochimie (10 ⁶ t)	Transports (10 ⁶ t)
1950	194	525	35	250
1970	1084	2335	150	1000
1977	1420	3025	215	1200
1985	1800	4100	340	1500
2000	1800 - 3200	4300 - 4550	680	1900 - 2200

Tableau 4
PRIX DE L'ENERGIE DANS LE SECTEUR DOMESTIQUE en centimes/thermie
(Conditions octobre 1978)

	FUEL DOMESTIQUE Livraison unitaire 2 à 5 m ³ Paris	ELECTRICITE Gros usager (tout électrique)	GAZ NATUREL Usage moyen à important
Prix toutes taxes comprises	10,5	19 à 33	10 à 16
Prix hors taxes	7,5	14,5 à 25	8,5 à 13,5

la Conférence Mondiale de l'Energie de 1977.

La conclusion, en tous les cas, est nette : il y aura bien assez de pétrole et de gaz naturel pour assurer les besoins des transports et de la pétrochimie avec, du reste, un excès d'hydrocarbures conservant des utilisations combustibles.

Cette part du pétrole encore à brûler, fuel de chauffage domestique propre ou combustible Diesel permettant une distribution aisée d'énergie sous forme liquide dans des pays disposant d'un système de transport rudimentaire, bénéficie d'une position particulièrement économique pour la distribution au niveau du consommateur, comme le montre le tableau 4.

Pour en faire l'estimation, il convient de tenir compte de la part du gaz ou plutôt des gaz de pétrole associés comme matières de base de la pétrochimie. En effet, les matières de base de la pétrochimie peuvent être aisément obtenues à partir des gaz associés au pétrole : éthane, propane, butane ; or, ces gaz précieux seront de plus en plus récupérés dans les grands gisements d'Arabie Saoudite

ou de Mer du Nord. On peut estimer approximativement que 50 % des besoins en matières premières pour la pétrochimie auront cette origine.

Dès lors, c'est un tonnage de l'ordre de 2 milliards de tonnes de produits pétroliers qui resteraient ainsi disponibles comme combustibles.

Ainsi, à l'horizon « fin de siècle », on disposera de pétrole, coûteux certes, non seulement pour le marché de la chimie et de la traction mais encore pour celui de l'énergie, les pays producteurs ne pouvant se contenter de limiter leurs ventes aux seuls usages à haute valeur ajoutée qui ne correspondent qu'à 50 % de leur capacité de production.

Le raffinage va donc s'accroître et porter sur un tonnage d'un volume sensiblement 50 % supérieur mais qui évoluera qualitativement avec la réduction des coupes lourdes, le pétrole étant chassé par le nucléaire et le charbon comme combustible sous chaudières, ces coupes lourdes passant de 31 à 25 % environ.

II - La centralisation du raffinage

Ainsi se maintiendront ces flux de transports pétroliers depuis les pays producteurs vers les zones industrielles consommatrices (transports maritimes à longues distances impliquant 60 % du pétrole brut). Le raffinage sera-t-il localisé dans les pays producteurs, où il bénéficiera d'une énergie bon marché pour les 6 % des tonnages consommés dans les opérations mêmes de raffinage, ou à proximité des marchés où les produits seront préparés et distribués avec la meilleure adaptation aux besoins ? C'est d'abord un problème de pure économie.

Le pays producteur bénéficie d'un combustible particulièrement plus économique (d'un facteur de 1 à 7) par rapport à la raffinerie en pays consommateur compte tenu, en particulier, de la disponibilité de gaz associés sur champ, difficilement valorisables (tableau 5). Par contre, les charges d'investissement sont plus élevées (de l'ordre de 60 %) car il s'agit de construire sur des terrains mal équipés, en transportant les équipements, en faisant face à des difficultés d'approvisionnement en pièces détachées, en faisant appel à une main-d'œuvre étrangère spécialisée et coûteuse. Pour les mêmes raisons, les frais fixes opératoires sont également plus élevés (de l'ordre de 20 %).

Les frais de transport des produits finis par rapport à ceux du brut sont d'environ 50 % supérieurs.

Au total, en tenant compte à la fois des frais de raffinage et des frais de transport du pétrole brut ou des produits finis, le raffinage sur les lieux de marché en Europe apparaît plus économique que le raffinage au Moyen Orient avec transport des produits finis, et cela de près de 30 % (100-110 F contre 140 F/tonne pour une tonne raffinée à 600 F).

Cette étude d'économie générale n'est cependant pas suffisante. En effet, les pays producteurs entendent tirer le meilleur profit de leurs richesses et ne pas se contenter d'être des fournisseurs d'énergie ou de matières premières mais descendre vers les

fabrications aval : pour des raisons de rentabilité (l'essence valant, hors taxes, deux fois le prix du brut, et les produits pétrochimiques, sous forme manufacturée, dix fois et plus) et pour des raisons d'emploi.

Les pays producteurs de l'OPEP, dont la capacité de raffinage correspond à 8 % du total mondial, contribuent actuellement pour 35 % aux investissements des nouvelles capacités de raffinage, avec la ferme volonté de prendre, avec leurs produits, le marché de l'accroissement du raffinage mondial. Les pays arabes producteurs de pétrole pourraient exporter, compte tenu des investissements en cours et d'une politique volontariste, entre 150 et 200 M/T, soit moins de 5 % de la consommation mondiale (supérieure à 4 milliards de tonnes) et 10 % de leur production (de l'ordre de 1 500 millions de tonnes) d'ici la fin du siècle.

Quant aux pays socialistes, à l'Union Soviétique en particulier, il est difficile de prévoir leurs capacités d'exportation mais leur politique vise à équilibrer leur balance des comptes par des exportations de pétrole et, plus encore, de produits raffinés et de produits pétrochimiques. La proxi-

mité géographique des grands marchés européens, le degré de technicité et les prix que l'URSS peut être amenée à pratiquer pour obtenir des devises en font un concurrent industriel sérieux mais dont l'impact global restera limité.

En conclusion, la localisation du raffinage, pour des raisons économiques et pour des raisons d'inertie, semble devoir rester au voisinage des marchés.

Quelle sera la taille de ces unités placées au voisinage des centres de consommation dans les zones portuaires ou alimentées par les pipelines ?

Là également, le calcul économique montre l'intérêt de principe de la taille qui a amené l'évolution vers des raffineries de l'ordre de 8-10 millions de tonnes. L'investissement et les frais fixes opératoires varient comme la puissance $2/3$ de la capacité, les frais proportionnels restant constants à la tonne. Le résultat est, approximativement, que, pour une raffinerie simple de 8 millions de tonnes, les frais de traitement sont moins chers, de l'ordre de 25 %, que pour une raffinerie de 2 millions de tonnes. L'évolution des techniques des vingt dernières années ont permis ces effets d'échelle.

Tableau 5
RAFFINAGE AU MOYEN-ORIENT ET EN EUROPE
Base de calcul : Raffinerie simple de 8 Mt/an
(facteur de marche : 80 %, chiffres exprimés en F/t/an)

Localisation	Europe de l'Ouest	Moyen-Orient
• Amortissement et charges financières	19,0	30,2
• Frais fixes opératoires (entretien, main-d'œuvre, frais généraux, assurances)	18,7	35,6
• Frais variables opératoires (catalyseurs, produits chimiques, plomb tétraéthyle)	3	3
• Pertes et combustibles	19,8	2,7
• Divers (redevances, fonds de roulement)	2,5	2,5
TOTAL FRAIS DE TRAITEMENT	63	74
Transport Moyen-Orient/Europe Pétrole brut Produits finis	44	63
TOTAL TRANSPORT + RAFFINAGE	107	137

BUREAU VERITAS

Organisme Indépendant de Contrôle fondé en 1828

SERVICE DE CONTROLE DES CONSTRUCTIONS IMMOBILIERES

Les ingénieurs et les équipes pluri-disciplinaires du BUREAU VERITAS fournissent depuis un demi-siècle les prestations exigées par les sociétés d'assurance en vue de la délivrance des différentes polices qui garantissent les risques de la construction.

Leur polyvalence leur permet d'accomplir avec la même compétence les tâches les plus variées concernant par exemple les contrôles relatifs à la sécurité des personnes (I.G.H., E.R.P.), l'examen de la qualité du confort de l'habitat, le respect des prescriptions du règlement de construction. Le BUREAU VERITAS bénéficie de très nombreux agréments pour l'exercice des missions ayant trait à la sécurité, aussi bien de la part des pouvoirs publics que des sociétés d'assurance (A.P.S.A.I.).

L'intervention du BUREAU VERITAS est d'autant plus efficace qu'elle se situe plus en amont, et si possible avant l'appel d'offres.

Le BUREAU VERITAS est présent en France dans 65 centres répartis dans 11 Directions Régionales.

Implanté internationalement il est susceptible d'effectuer des missions de même nature partout dans le monde.



Direction : 35 rue Paul-Vaillant-Couturier,
92300 Levallois-Perret. Tél. 758-11-65

ANNUAIRE DU GÉNIE RURAL DES EAUX ET DES FORÊTS

Edition 1978

Vous trouverez dans cet annuaire :

- **Liste alphabétique des ingénieurs** avec leurs fonctions (grand corps d'état — Organismes internationaux — Administrations et organismes para-étatiques — Recherche et expérimentation — Académie — Enseignement — Secteur privé)
- **Liste géographique,**
- **Toutes informations sur :**
 - **Ministère de l'Agriculture** (Administration centrale — services régionaux et directions départementales de l'agriculture), avec indication du rôle et des fonctions des différents services ainsi que la mention des responsables.
 - **Secrétaire d'Etat à l'Environnement,**
 - **Office National des Forêts.**

Pour le recevoir, retournez le présent bulletin à :

PYC-EDITION,

254, rue de Vaugirard — 75740 Paris cedex 15

Prix de l'ouvrage :

216,50 f. franco

Annuaire GR

Nom :

Adresse :

Service ou référence :

Ci-joint règlement :

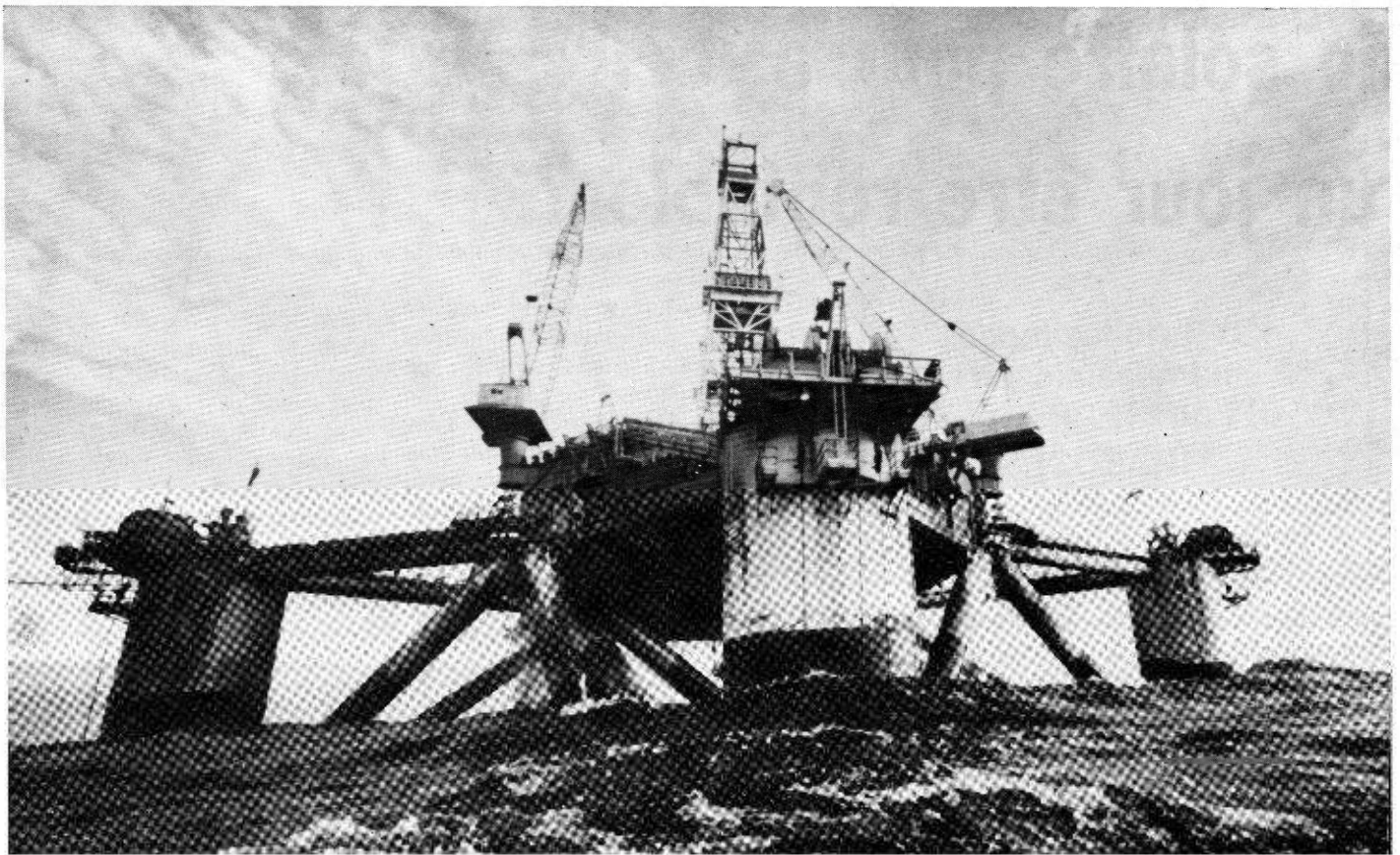
- par chèque bancaire
- par virement postal au C.C.P. Paris
1382-45 x à l'ordre de PYC-EDITION

Facture à nous adresser en exemplaires.

Signature :

Date :

PCM



Le ravitaillement énergétique viendra-t-il des zones difficiles ? (Plateforme Pentagone - Licence IFP-Neptune).

(Photo Schlumberger - I.F.P.)

Ces évaluations n'ont de sens que pour un raffinage classique, conduisant aux produits conventionnels (essence, gas-oil et fuel) ; les produits spéciaux sont en général fabriqués par les grandes raffineries de 10 millions de tonnes et plus, dont le coût est plus élevé compte tenu de la complexité et où l'effet d'échelle ne joue plus, mais qui, inversement, ont une production plus valorisée.

III - Conclusion

La crise de 1973 a amené une révision complète de la conjoncture pétrolière amont. Il s'agit, bien plus que de la prise de contrôle de la production par les pays producteurs, d'une réévaluation réaliste des réserves, en acceptant même des coûts techniques près de cent fois supérieurs à ceux du Moyen Orient. Les réserves s'épuisent, même en élargissant la prospection aux zones difficiles d'exploitation coûteuse, même en accroissant le

taux de récupération au prix de méthodes sophistiquées de récupération assistée. La production passera sans doute vers son maximum vers la fin du siècle, et cela en tenant compte de la mise en exploitation du nouveau pétrole qui n'est plus seulement un héritage heureux de la géologie mais également le fruit d'un dur effort industriel.

Le secteur aval du raffinage apparaît à côté beaucoup plus routinier dans son évolution ; suivant l'impact du nucléaire ou du charbon, la coupe fuel lourd, par exemple, croîtra plus ou moins vite : de 47 à 39 % entre 1974 et 1985 pour la France et de 49 à 46 % pour le reste de la C.E.E.

D'autres facteurs peuvent aussi influencer cette évolution :

- une certaine structuration d'une industrie énergétique des combustibles fossiles, allant du gaz au charbon en passant par un pétrole plus ou moins lourd, les schistes et sables bitumineux, compte tenu de la continuité physico-chimique des

combustibles, de la similitude des techniques, de la diversification actuelle de l'industrie pétrolière dans les différents domaines de l'énergie ;

- l'accentuation du déclin des usages énergétiques du pétrole, qui amène aussi la fusion entre la raffinerie et l'usine pétrochimique et des liens encore plus étroits avec l'industrie chimique ;
 - une industrie de service du transport intégrée (véhicules, entretien, stations-services), qui peut également avoir tendance à s'adjoindre la raffinerie à carburants ;
- mais ces tendances ne semblent pas non plus devoir fondamentalement modifier, ni la localisation, ni la concentration actuelle des installations de cette industrie.

le solaire pourra-t-il un jour être rentable ?

par Henry DURAND

Président du Commissariat à l'Energie Solaire.

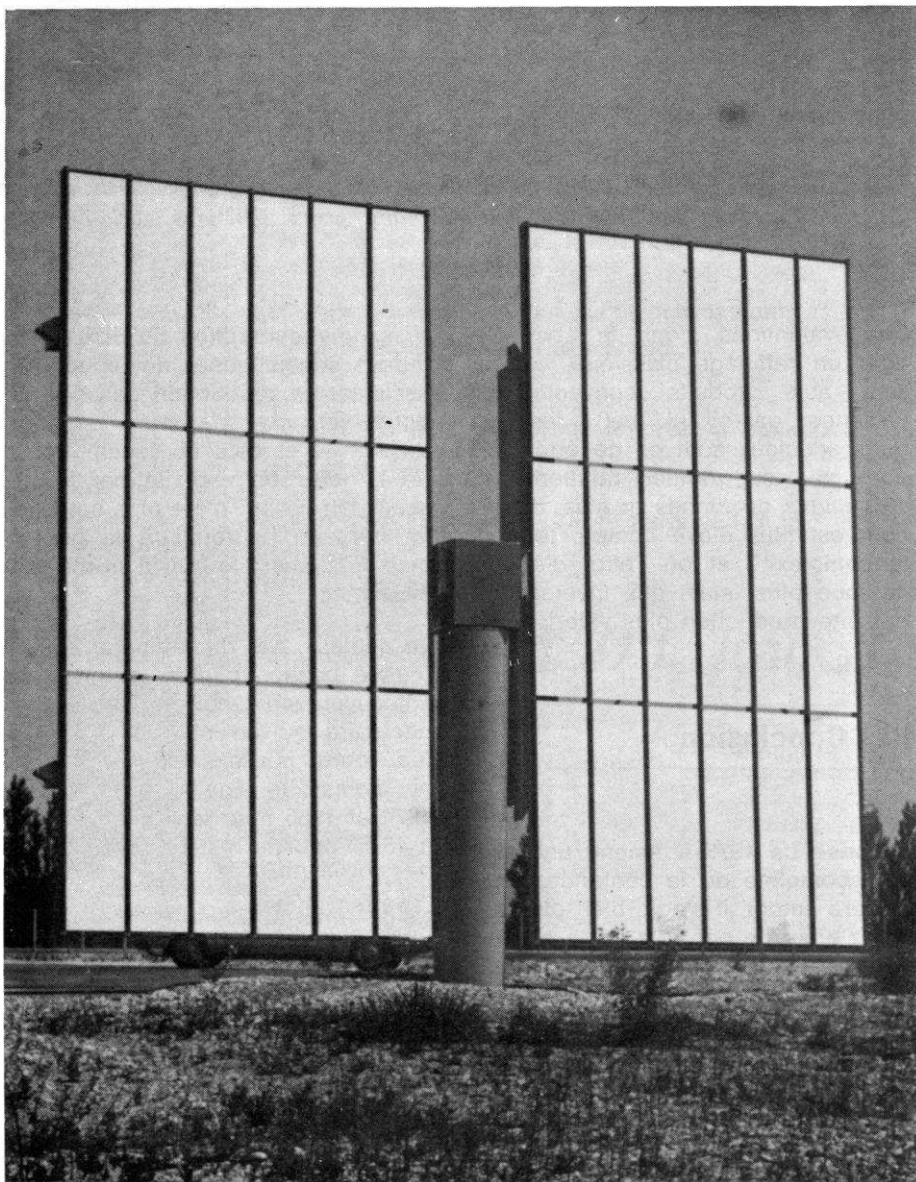
Voici une combinaison bien audacieuse que de traiter de la rentabilité de l'Energie Solaire dans une monographie consacrée à la production centralisée d'énergie (même si le titre de cet article est tempéré par une interrogation et par une prospective lointaine caractérisée par ce « jour » d'espoir, d'époque imprécise).

Heliostat Cethel 1.

Les esprits chagrins craignent la non-rentabilité presque intrinsèque de l'énergie solaire. Des gens plus sérieux croient à la rentabilité associée à sa décentralisation, qui en est la caractéristique essentielle. Ensuite viennent ceux qui sont tout en raffinement et en nuances : on envisage de « petites » centrales, très réparties. Petites, certes, mais par rapport à quoi ? Aux besoins ? Au territoire desservi ? A la surface occupée par la centrale ?

Enfin, arrive la cohorte des futurologues, non sans arguments d'ailleurs, qui n'hésitent pas à envisager, pour le XX^e siècle (mais parfois plus tôt), de « grosses centrales » terrestres ou même... spatiales.

C'est donc à une tâche difficile, sinon impossible, à laquelle on m'a demandé de m'atteler. Je vais d'abord biaiser, attaquer cet article par ses aspects les plus séduisants, bref, commencer par éluder la question telle qu'elle m'a été posée. Cela n'est pas une simple tactique. C'est affaire de méthodologie : la problématique de l'énergie solaire doit d'abord s'appuyer sur ses caractéristiques essentielles, parmi lesquelles la décentra-



lisation est aujourd'hui le principal atout, et, partant de là, examiner si l'on peut la centraliser, et jusqu'où. De quoi sommes-nous à peu près sûrs aujourd'hui ?

Nous savons que le chauffage solaire de l'eau chaude sanitaire, dans les pays ensoleillés, est proche de la rentabilité et l'atteint déjà dans des circonstances favorables. Un effort de pénétration plus grand, et donc une industrie digne de ce nom dans ce domaine, apporteront la baisse des coûts nécessaires pour l'affirmer sans contestation. Sans doute, en supposant qu'une majorité de constructions neuves en soient équipées d'ici l'an 2000, cela ne fera que quelques millions de TEP économisées par an ; et en prenant une hypothèse plus raisonnable, l'économie réalisée serait plus proche du million de TEP.

Nous savons aussi que, pour des utilisations importantes qualitativement mais marginales quantitativement, l'électricité solaire, surtout photovoltaïque, convient parfaitement à l'installation de générateurs modestes (jusqu'à quelques kilowatts) dans des sites très isolés, où un besoin impératif mais noble d'énergie se fait sentir : alimentation d'appareils électroniques (relais hertziens, balises, téléviseurs, etc...) ou encore petit pompage destiné aux besoins humains ou animaux. Des coûts de 10 F à 20 F le kWh n'ont rien d'excès dans ces conditions. Il y a là un marché dont le chiffre d'affaires commence à être perceptible (en 1978, on aura produit environ 1 MW dans le monde à 150 F de prix de vente par watt-crête installé, soit 150 millions, pour le seul domaine photovoltaïque), double régulièrement tous les ans et baisse de prix régulièrement de 20 % par an. On peut presque en dire autant pour les machines thermodynamiques solaires fonctionnant à basse température.

Nous savons encore que l'utilisation énergétique de déchets végétaux ou animaux, voire du tout-venant forestier, est déjà rentable quand les matières organiques sont à pied d'œuvre. Que ce soit par pyrolyse dans des gazogènes, ou par fermentation dans des digesteurs, cette utilisation de la « biomasse » existe déjà à l'échelle de dizaines de milliers d'exemplaires dans le monde, souvent pour des

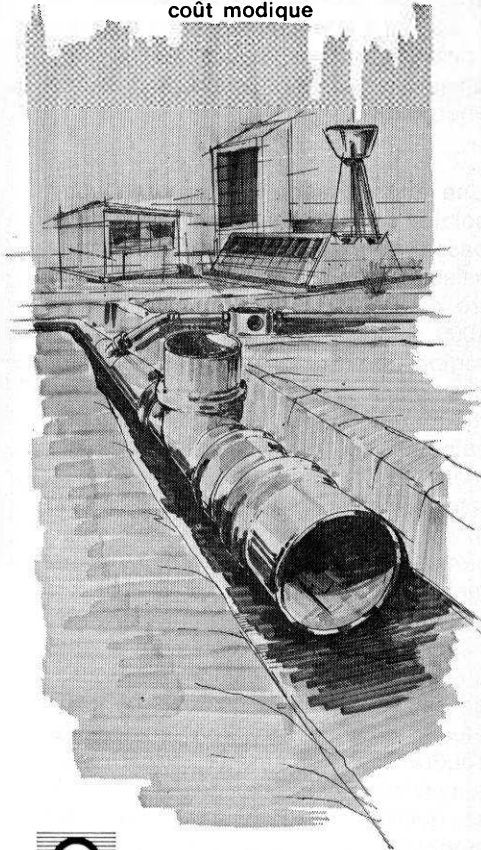
puissances unitaires assez importantes, atteignant le Megawatt. Mais les coûts de collecte sont très élevés, surtout dans les pays à haut coût de main-d'œuvre. Sait-on que la paille abandonnée ou brûlée sur place en France produirait 2 à 3 millions de TEP, et serait bien sûr rentable sans le coût du transport jusqu'à la « centrale » ? Beaucoup de pays en voie de développement, qui ont bien souvent hélas utilisé leur « biomasse » de manière anarchique, conduisant tout droit à la désertification, ont les yeux largement ouverts sur l'utilisation rationnelle de cette forme indirecte de l'énergie solaire, de surcroît stockable et renouvelable annuellement.

Après ces quelques certitudes, quels sont les espoirs raisonnables à moyen terme ?

Nous savons par exemple que le chauffage solaire des locaux est difficile, mais que nous ne sommes pas tellement loin de la rentabilité, pénalisés par un facteur 3 parfois, ou 4 dans des cas moins favorables. Il peut paraître surprenant de qualifier de « raisonnable » un coefficient multiplicateur de cet ordre, alors que les formes plus traditionnelles d'énergie se concurrencent à quelques dizaines de pour cent près. Là encore, l'industrie fera une partie du chemin, mais une partie seulement car, à l'opposé par exemple de la technique photovoltaïque qui n'en est qu'à ses balbutiements, on ne voit pas bien comment les coûts de capteurs solaires, en dehors de l'effet de série, pourraient bénéficier d'une véritable percée technologique. Une meilleure conception architecturale, celle que l'on baptise de « solaire passive », tirant au mieux parti des conditions climatiques et des échanges thermiques entre le bâtiment et son environnement, pourra aussi apporter, avec un surcoût faible, une contribution appréciable dans la bonne gestion des calories solaires, de même que la chasse au gaspillage de calories auxquelles nous procédons actuellement. Le reste du chemin ne pourra être achevé que par la certitude « raisonnable » que les coûts de l'énergie augmenteront inéluctablement d'au moins un facteur deux, d'ici au jour où ce mode de chauffage aura passé le cap de l'artisanat actuel. Entre

canalisation PVC assainissement du diamètre 110 au 710 LUCOSANIT (SP94 et 95)

légèreté, manutention aisée, étanchéité
inaltérabilité, qualités hydrauliques
auto-curage, souplesse, résistance,
coût modique

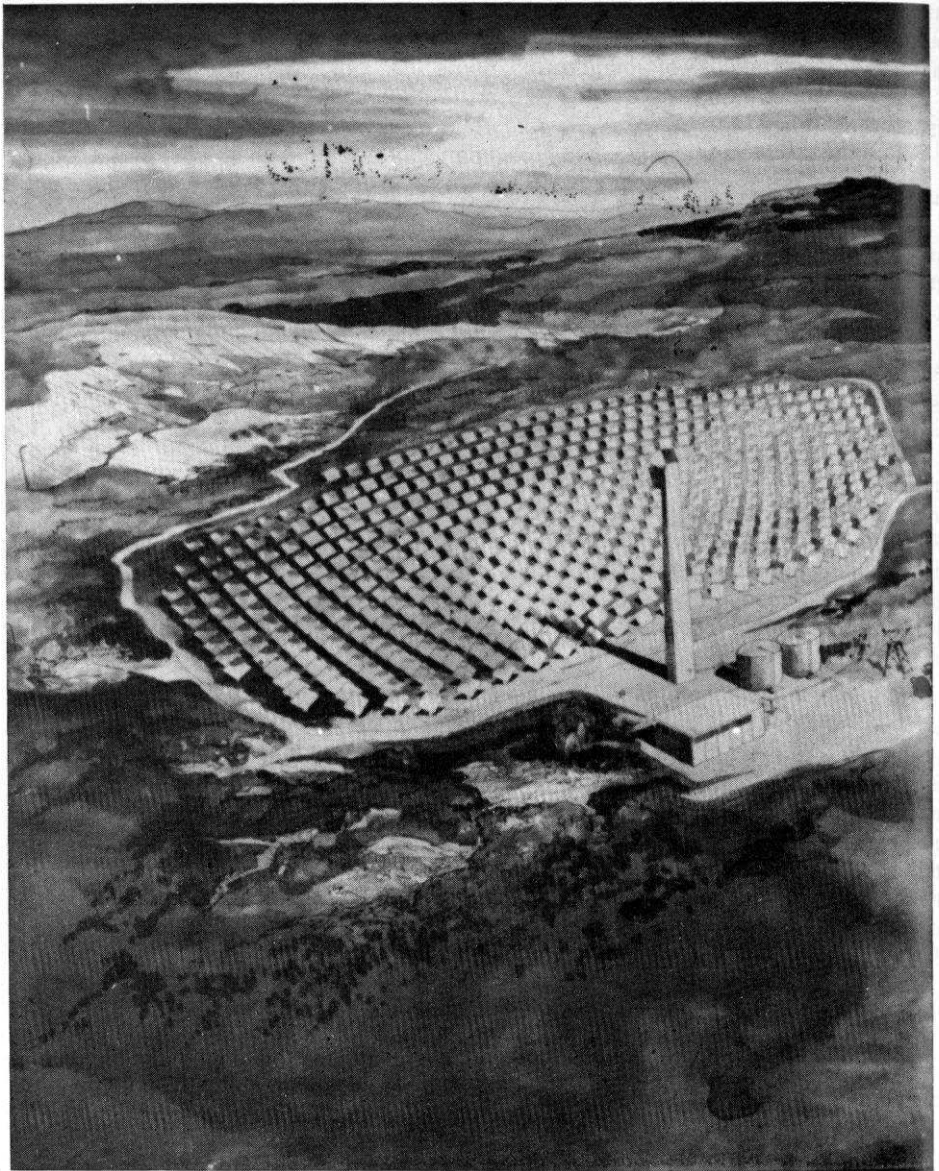


armosig Ellysée II B.P. 2 78170 La Celle St-Cloud Tél. 918 92 00

temps, pour lui faire franchir ce cap difficile, il faudra donc subventionner ces applications. Il faut le faire, non pas tellement pour construire cette industrie, dont on pourrait dire qu'elle se développera toute seule lorsque la rentabilité de ses produits aura été démontrée. Il faut le faire au nom d'une saine gestion de nos ressources, car il est dommage d'handicaper une construction d'aujourd'hui par 50 années, si telle est sa durée de vie, de consommation d'énergie « traditionnelle ». Souvenons-nous que, dans les pays à climat tempéré comme ceux de l'Europe Occidentale, le chauffage des locaux représente 30 à 40 % du bilan énergétique total ; une solarisation donnant une économie moyenne d'énergie de 50 % et appliquée au dixième seulement de notre parc immobilier de l'an 2000 apporterait sans doute 10 M TEP d'énergie solaire à notre balance énergétique.

Une augmentation de la contribution solaire dans le chauffage domestique passe par la solution du stockage saisonnier. En principe, chaque mètre carré de sol horizontal reçoit de 1000 à 1300 kWh par an selon les régions de France, un peu plus sur des plans inclinés. C'est dire que, théoriquement, il suffirait d'une dizaine de m² pour chauffer un logement ? Compte tenu des pertes il faut multiplier cette surface par 3 ou 4, ce qui reste acceptable en dimensions, sinon en coût. Malheureusement, cet apport solaire gratuit est fortement déphasé par rapport aux besoins, et n'est correctement adapté qu'au cas de la mi-saison. Le stockage saisonnier de la chaleur, dont les études sont encore bien timides, résoudreait ce problème (1). Il est maintenant bien établi, par des simulations et quelques expériences, qu'un tel stockage ne peut se concevoir que pour des ensembles assez importants, comportant de cent à mille logements ou plus. On voit donc apparaître ici, pour des raisons techniques, la notion de « centrale de chauffe » de dimensions moyennes, (quelques millions de thermies/an).

Le problème est bien différent pour les centrales électriques. Une première limitation réside dans leurs dimensions impressionnantes, dès que l'on



Dessin d'Alexandroff pour la centrale Themis.

(Doc. CNRS)

envisage des puissances unitaires significatives : une centrale comme Themis, dont la construction commence dans les Pyrénées-Orientales, occupera sept hectares pour 2 MW (e). La centrale américaine de Barstow en utilisera près de 300 pour 50 Mw (e). Une deuxième limitation est celle du stockage qui ne peut plus guère excéder quelques heures d'autonomie, suffisantes cependant pour aider à la pointe du début de soirée. Enfin la distribution aléatoire dans le temps de l'ensoleillement ne donne à ces centrales que peu de confiance quant à la disponibilité instantanée de la puissance, sauf dans des

sites exceptionnels qui ne connaissent guère le mauvais temps (cas de l'Arabie, du Mexique et du Sud des Etats-Unis, du Sahara, etc...).

Ces centrales ne peuvent donc fonctionner qu'en appoint de centrales plus classiques. Un exemple en est l'excellent complément entre des centrales solaires et des barrages hydro-électriques. La centrale solaire fonctionne en quelque sorte en « écono-

(1) Il existe aussi pour la bonne gestion des rejets thermiques au fil des saisons.

miseur d'eau » (« water conservation »). Un tel concept est séduisant, car disparaissent alors toutes les objections techniques, et seul subsiste le coût, bien trop élevé aujourd'hui, de ces installations. Plus généralement, un bon réseau d'interconnexion accepte l'injection d'un certain pourcentage d'électricité aléatoire, d'autant plus élevé qu'il est davantage alimenté par de l'hydraulique : on estime aussi que 15 % de la puissance installée aux Etats-Unis pourraient être d'origine solaire (dont les courbes de production se prêtent relativement mieux à la demande du pays).

Il reste à connaître laquelle des filières thermique ou photovoltaïque l'emportera à long terme. Les prévisions américaines, sur la baisse des coûts du photovoltaïque, sont impressionnantes : une étape à environ 1000 \$ Kw-crête installé vers 1986-88 et une nouvelle baisse au tiers de ce prix vers 1995. En comptant sur une durée de vie de 20 ans, on fabrique, dans le climat du sud-est des Etats-Unis envi-

ron 35.000 kWh par kW-crête installé. Ceci mettrait alors le kWh, amortissement compris, à moins de 0,02 \$, tout à fait compétitif avec les autres filières. Ces anticipations sont quelque peu contestées, certains jugeant la barre des 1000 \$ / kW-crête, déjà bien difficile à atteindre. Néanmoins, même à ce niveau plus élevé de prix, tous les générateurs Diesel de petite et moyenne importance seraient remplacés par des générateurs solaires, avec un chiffre d'affaire estimé à 5 milliards de dollars.

Il faut noter que le Congrès Américain vient de voter, après un an de discussion, une loi-programme portant sur 1,5 milliard de dollars de dépenses publiques d'ici à 1988 pour développer l'industrie et les applications photovoltaïques : c'est là un extraordinaire défi à la technologie, qui ne peut laisser personne indifférent.

Mentionnons enfin, et ce sera là une conclusion plus résolument prophé-

tique, ce qui paraissait voici cinq ans être de la science-fiction, mais que les techniques spatiales modernes rendent peut-être plus crédible aujourd'hui : les grandes centrales spatiales, en orbite géostationnaire. Des stations photovoltaïques d'une dizaine de kilomètres carrés de superficie produiraient 24 heures sur 24 (ou presque) des puissances atteignant plusieurs gigawatts. Bien des aléas existent quant à la transmission au sol de telles puissances. Mais dès à présent, la NASA a lancé de nombreuses études sur le sujet, et l'on avance des coûts de l'ordre de 1700 \$ par kW permanent installé.

Ceci nous entraîne bien loin d'une rentabilité à court terme de l'Energie Solaire. Mais n'est-elle pas résolument tournée vers le XXI^e siècle ?



SCETA ROUTE

BUREAU D'ETUDES ET D'INGENIERIE AUTOROUTIER

DIRECTION GENERALE : Rue Gaston-Monmousseau - B.P. n° 117 - 78192 TRAPPES CEDEX - Tél. : 050.61.15
Télex : BETSER 697 293

AGENCES

Agence de NICE

28, avenue de la Californie - 06200 NICE
Tél. 86.22.53 - Télex : 470 198

Agence de NIORT

75, rue de Goise - 79000 NIORT
Tél. (49) 28.10.68 - Télex : 791 213

Agence du ROUSSILLON

6, rue de la Corse - 66000 PERPIGNAN
Tél. 50.25.72 - Télex : 500 843

Agence de MIDI-PYRENEES

Zone Industrielle de Montaudran
Rue Jean-Rodier - 31400 TOULOUSE
Tél. 80.45.20 - Télex : 520 006

Agence d'AQUITAINE

B.P. 189 - 47007 AGEN
Tél. 66.63.08 - Télex : 570 417

Agence de ANNECY

13 bis, boulevard du Fier - B.P. 552 - 74000 ANNECY
Tél. 57.19.13 - Télex : 300 807

Agence de CLERMONT

Aérogare d'AULNAT - B.P. n° 9 - 63510 AULNAT
Tél. 92.60.67 - Télex : 390 024

Agence de BOURGOGNE

2, avenue Garibaldi - B.P. n° 622 - 21016 DIJON CEDEX
Tél. 32.80.93 - Télex : 350 810

Agence de PAU

Lotissement Berlanne - Cidex 36 - 64160 MORLAAS
Tél. (59) 30.23.23 - Télex : 570 895 F

Agence du NORD

Rue Yves-de-Cugis (Triolo) - B.P. 58 - 59650 VILLENEUVE-D'ASCQ
Tél. (20) 91.27.19 - Télex : 120 648

Agence de l'EST

2, rue du Vair - 54520 LAXOU
Tél. (28) 96.50.13 - Télex : 960 801

Agence REGION PARISIENNE

Rue Gaston-Monmousseau - B.P. n° 117 - 78192 TRAPPES
Tél. 050.61.15 - Télex : BETSER 697 293

Agence de BORDEAUX

Avenue de la Résistance, Carrefour de la Croix-Rouge
33310 LORMONT
Tél. 06.40.68 - Télex : 550 181

appel d'offres

Appel d'offres pour un enseignement de Choix Economique des Projets

(Tronc Commun - 2^e Année)

à l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées

L'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées lance un appel d'offres pour la chaire de Professeur de Choix Economique des Projets (Tronc Commun 2^e année).

Cet enseignement comporte 14 séances de 3 heures chacune. Il est professé essentiellement en petites classes par groupes de 20 élèves environ (8 groupes en principe).

Faisant suite à un enseignement d'Initiation à l'Economie en 1^{re} année, il vise à :

- donner aux élèves les bases théoriques et conceptuelles nécessaires à l'évaluation économique des projets d'investissement (micro-économie) ;
- leur en présenter l'application à un certain nombre de thèmes majeurs (tarification, critères de choix d'investissements, taux d'actualisation)...

Les personnes intéressées pourront obtenir des précisions complémentaires auprès du Directeur de l'Enseignement de l'Ecole. Chaque candidat devra joindre à sa lettre de candidature son curriculum vitae ainsi que la liste de ses références, travaux et publications.

La date limite des réponses à cet appel d'offres est fixée au 31 janvier 1979.

Appel d'offres pour un enseignement de « Conception et Calcul des Structures de Bâtiment »

(Enseignement spécialisé E.S. 28
Option bâtiment)

à l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées

L'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées lance un appel d'offres pour la chaire de Professeur de Conception

et Calcul des Structures de Bâtiment (Enseignement Spécialisé E.S.28 — Option Bâtiment).

Cet enseignement comporte 15 séances de 3 heures chacune. Il est professé partie en amphi, partie en petites classes (groupes de 15 à 20 élèves). Il vise à donner aux élèves qui le suivent et notamment à ceux de l'Option Bâtiment les bases indispensables à l'exercice du métier d'ingénieur dans le domaine des structures des bâtiments et traitera :

- de la conception des structures
- des méthodes usuelles de calcul planchers, poteaux et portiques, contreventement et stabilité).
- de l'application au projet.

Les personnes intéressées pourront obtenir des précisions complémentaires auprès du Directeur de l'Enseignement de l'Ecole.

Chaque candidat devra joindre à sa lettre de candidature son curriculum vitae ainsi que la liste de ses références, travaux et publications.

Il fournira également un programme sommaire de l'enseignement qu'il se propose de faire.

La date limite des réponses à cet appel d'offres est fixée au 31 janvier 1979.

Appel d'offres pour un enseignement de Procédés Généaux de Construction

(1^{re} année et tronc commun 2^e année)

à l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées

L'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées lance un appel d'offres pour la chaire de Professeur de Procédés Généaux de Construction (1^{re} année et Tronc Commun 2^e année).

Cet enseignement comporte 14 séances de 3 heures chacune. Il est professé partie en amphi, partie en petites classes (groupes de 15 à 20 élèves), 4 séances étant réservées à des visites de chantier. Il vise à donner aux élèves une initiation aux procédés modernes de réalisation des ouvrages d'art (superstructures et infrastructures).

Les personnes intéressées pourront obtenir des précisions complémentaires auprès du Directeur de l'Enseignement de l'Ecole. Chaque candidat devra joindre à sa lettre de candidature son curriculum vitae, ainsi que la liste de ses références, travaux et publications.

La date limite des réponses à cet appel d'offres est fixée au 31 janvier 1979.

Appel d'offres pour un enseignement d'Economie et de Droit de la Construction

(Enseignement spécialisé E.S. 5 A -
Option bâtiment)

à l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées

L'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées lance un appel d'offres pour la chaire de Professeur d'Economie et de Droit de la Construction (Enseignement Spécialisé E.S. 5 A - Option Bâtiment).

Cet enseignement comporte 15 séances de 3 heures chacune. Il est professé partie en amphi, partie en petites classes (groupes de 15 à 20 élèves).

Il vise à donner aux élèves une bonne connaissance.

- de l'Economie de la Construction avec notamment : demande de logement, marché forestier, marché et financement du logement, organismes constructeurs, coût d'une opération ;
- du Droit de la Construction avec notamment : droit privé de la construction et promotion immobilière, urbanisme opérationnel et permis de construire, marchés de travaux et responsabilité des constructeurs.

Les personnes intéressées pourront obtenir des précisions complémentaires auprès du Directeur de l'Enseignement de l'Ecole.

Chaque candidat devra joindre à sa lettre de candidature, son curriculum vitae ainsi que la liste de ses références, travaux et publications.

La date limite des réponses à cet appel d'offres est fixée au 31 janvier 1979.

DECISIONS

M. Paul Masson, I.C.P.C., en service détaché auprès de l'Office Français de Coopération pour les Chemins de Fer et les Matériels d'Équipement, est, à compter du 1^{er} janvier 1979, réintégré dans son corps d'origine et mis à la disposition de l'Inspection Générale de l'Aviation Civile et de la Météorologie.
Arrêté du 13 octobre 1978.

M. Michel Laurent, I.G.P.C., membre attaché au Conseil Général des Ponts et Chaussées, est, à compter du 1^{er} janvier 1979, mis à la disposition du Ministère de l'Industrie.
Arrêté du 27 octobre 1978.

M. Gérard Blachère, I.G.P.C., à la disposition du Ministère de l'Industrie, est, à compter du 1^{er} janvier 1979, affecté au Conseil Général des Ponts et Chaussées en qualité de membre attaché.
Arrêté du 27 octobre 1978.

M. Marc Spielrein, I.P.C., en disponibilité depuis le 1^{er} mars 1977, est, à compter du 1^{er} octobre 1978, réintégré dans son administration d'origine en sa qualité de Directeur du Cabinet du Ministre délégué auprès du Premier Ministre chargé de la Condition Féminine.
Arrêté du 31 octobre 1978.

M. Roger Chaste, I.G.P.C., chargé des 13^e (Région Champagne) et 14^e (Région Lorraine) Circonscriptions Territoriales d'Inspection Générale, est, à compter du 1^{er} novembre 1978, chargé de mission auprès des Inspecteurs Généraux chargés des 13^e (Région Champagne) et 14^e (Région Lorraine) Circonscriptions Territoriales d'Inspection Générale.
Arrêté du 7 novembre 1978.

M. Michel Genthon, I.G.P.C., détaché dans l'emploi de Chef du Service Régional de l'Équipement « Auvergne », est, à compter du 1^{er} janvier 1979, réintégré dans son corps d'origine et

désigné comme Membre de l'Inspection Générale de l'Équipement.
Arrêté du 10 novembre 1978.

M. Jacques Biétry, I.C.P.C., en service détaché auprès du Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, est, à compter du 21 octobre 1978, maintenu dans la même position auprès de cet organisme pour une nouvelle période de cinq ans, éventuellement renouvelable, pour lui permettre de continuer à y exercer des fonctions de son grade.
Arrêté du 13 novembre 1978.

M. Marcel Fuzeau, I.G.P.C., chargé des 8^e (Région Pays de la Loire) et 9^e (Région Poitou-Charentes) Circonscriptions Territoriales d'Inspection Générale, est, à compter du 2 janvier 1979, chargé de la 11^e (Région Aquitaine) Circonscription Territoriale d'Inspection Générale, en remplacement de M. Mialet.
Arrêté du 15 novembre 1978.

M. Michel Genthon, I.G.P.C., Membre de l'Inspection Générale de l'Équipement, est, à compter du 2 janvier 1978, chargé conjointement avec M. Wenagel des 8^e (Région Pays de la Loire) et 9^e (Région Poitou-Charentes) circonscriptions territoriales d'Inspection Générale.
Arrêté du 15 novembre 1978.

Sont nommés Ingénieurs-Élèves des Ponts et Chaussées, à compter du 1^{er} septembre 1978, les anciens élèves de l'École Polytechnique dont les noms suivent :

MM. Alapetite Denys
Arto Philippe
Bonnard Jean-Christophe
Bouchard François
Causse Gilles
Chabert Jean
Cohen-Aknine José
Cotte Michel
Dupety Bruno
Mme Florette, née Lense!

MM. Flourens Bruno

François Bernard
Gandil Patrick
Guerber Jean-Paul
Hucher Dominique
Jacquet Pierre
Kahan Jean-Marc
Lacave Jean-Marc
Lardic Jean-Charles
Laure Daniel
Marendet François
Ménager Thierry
Metz Serge
Moulinier Jean-Marc
Nard Claude
Orizet François
Pillu Jean-Marc
Roche Pierre
Romon Christian
Rostagnat Michel
Sandrin Marc
Touchefeu Jacques
Yvon Philippe

Arrêté du 26 septembre 1978.

M. Paul Schwach, Ancien Elève de l'École Normale Supérieure, est nommé Ingénieur Elève des Ponts et Chaussées à compter du 1^{er} septembre 1978.

Arrêté du 26 septembre 1978.

NOMINATIONS

M. Jean Mouy, I.C.P.C., à la Direction des Ports et de la Navigation maritimes, est, à compter du 12 novembre 1978, nommé Secrétaire de la 4^e Section du Conseil Général des Ponts et Chaussées.

Arrêté du 31 octobre 1978.

M. Jean Morel, Administrateur Civil, en service détaché auprès de l'Établissement Public d'Aménagement de la Ville Nouvelle de l'Isle d'Abeau, est à compter du 1^{er} janvier 1979,

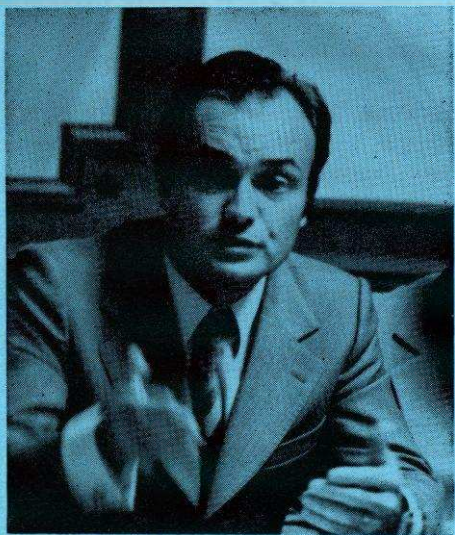
nommé Directeur Régional de l'Équipement « Auvergne » en remplacement de M. Genthon.
Arrêté du 10 novembre 1978.

M. François Kosciusko-Morizet, est nommé Directeur de la Qualité et de la Sécurité Industrielles au Ministère de l'Industrie.
Arrêté du 22 novembre 1978.



M. Kosciusko-Morizet

M. Jean Poullit, I.C.P.C., est nommé Directeur de l'Agence pour les économies d'énergie.



M. Poullit

PROMOTION

Les Ingénieurs des Ponts et Chaussées, dont les noms suivent, sont promus Ingénieurs en Chef des Ponts et Chaussées :

MM. Roger Gantes, 16-10-78
Jean-Paul Boiron, 1-11-78
Jacques Lombard, 2-11-78
Louis Imbert, 11-11-78
Georges Marais, 22-12-78
Dominique Becker, 22-12-78
Arrêté du 6 novembre 1978.

RETRAITES

M. Michel Lachaize, I.C.P.C., est admis, sur sa demande, à faire valoir ses droits à la retraite.
Arrêté du 9 octobre 1978.
M. Claude Néraud, I.P.C., est admis, sur sa demande, à faire valoir ses droits à la retraite.
Arrêté du 9 octobre 1978.

M. Raymond Blanc, I.G.P.C., affecté à la Mission spécialisée d'Inspection pour la lutte contre la Pollution Marine et Fluviale, est, à compter du 29 janvier 1979, admis à faire valoir ses droits à la retraite.
Arrêté du 9 octobre 1978.

M. André Lalardy, I.C.P.C., adjoint au Directeur Régional de l'Équipement « Limousin », est admis à faire valoir ses droits à la retraite.
Arrêté du 11 octobre 1978.

M. Henri Micaud, I.G.P.C. à la Mission spécialisée d'Inspection des organismes d'H.L.M., est admis à faire valoir ses droits à la retraite.
Arrêté du 11 octobre 1978.

MUTATIONS

M. Sami Naessany, I.P.C. à la Direction des Transports Terrestres, est, à compter du 15 septembre 1978, muté à la Direction Régionale de l'Équipement « Ile-de-France » en qualité d'Adjoint au Directeur de la Division « Infrastructures et Transport ».
Arrêté du 4 octobre 1978.

M. Claude Langello, I.P.C. à la Direction Départementale de l'Équipement de l'Aveyron, est, à compter du 1^{er} octobre 1978, muté à la Direction Départementale de l'Équipement de la Loire-Atlantique pour y être chargé de l'Arrondissement Exploitation et Voirie rapide Nazairienne.
Arrêté du 4 octobre 1978.

M. Serge Vallemont, I.P.C. à la Direction Départementale de l'Équipement de Seine-et-Marne, est, à compter du 15 octobre 1978, muté à l'Administration Centrale, direction du personnel en qualité de chargé de mission auprès du Directeur.
Arrêté du 19 octobre 1978.

M. François Bertière, I.P.C., mis à la disposition du Ministre de l'Éducation, est, à compter du 1^{er} novembre 1978, muté à la Direction Départementale de l'Équipement de la Haute-Corse, pour y être chargé du groupe Aménagement.
Arrêté du 7 novembre 1978.

M. Bruno Rambaud, I.P.C. à la Direction Départementale de l'Équipement de la Corse du Sud, est, à compter du 1^{er} novembre 1978, muté à la Direction Départementale de l'Équipement du Var pour y être chargé de l'Arrondissement Opérationnel Sud.
Arrêté du 10 novembre 1978.

FRAMATOME offre des installations nucléaires équipées de chaudières PWR sous licence Westinghouse à 2, 3 ou 4 boucles dans les gammes 600 à 650 MWe, 900 à 1 000 MWe, 1 150 à 1 350 MWe.

La Société propose en particulier :

- des composants fabriqués dans ses usines (cuves, générateurs de vapeur, pressuriseurs, instrumentation du cœur),
- les premières charges et recharges de combustibles.
- tous produits et services liés à la maintenance.



FRAMATOME

FRAMATOME

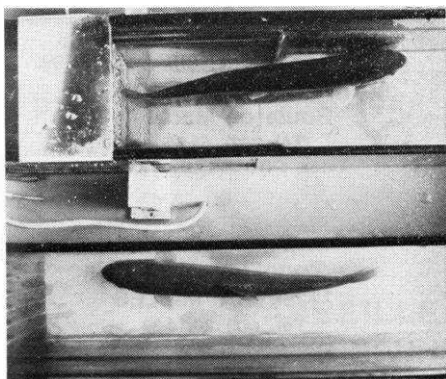
Tour Fiat, Cédex 16

92084 PARIS LA DEFENSE - Tél. 796.14.14 - Télex FRAMA 630 635 F

informations informations informat

LES STATIONS AUTOMATIQUES D'ANALYSE ET D'ALERTE

La station d'alerte à la pollution ou ichtyotest



Station d'alerte (ichtyotest) à Morsang-sur-Seine.

La Société Lyonnaise des Eaux nous a fait visiter une station d'alerte automatique à Morsang-sur-Seine. On trouvera ci-après une description sommaire de l'installation.

Devant la quantité de produits toxiques susceptibles d'être rejetés dans la Seine la mesure d'un nombre forcément limité de paramètres ne peut pas constituer un système fiable d'alerte à la pollution.

D'où l'idée de réaliser un test global de pollution sur un organisme vivant. Pour notre part, nous avons installé, avec l'aide de la Société Degremont, un Ichtotest (ou test sur les poissons, des truites dans le cas présent), en bordure de Seine, à 5 km en amont de notre usine de Morsang-sur-Seine; un flux polluant mettra environ 3 heures pour parcourir cette distance; ce laps de temps est suffisant pour que la truite enregistre l'effet toxique et que l'usine soit prévenue.

L'ichtyotest se compose de quatre canaux disposés en série, dans lesquels on fait circuler de l'eau pompée en Seine. Dans chacun de ces canaux, une truite nage à contre-courant; l'effort physique accroît la sensibilité de ce poisson aux polluants éventuels.

Quand l'animal est entraîné par le courant à l'extrémité du canal, une cellule photoélectrique détecte sa présence et des impulsions électriques sont envoyées, à intervalles de temps réguliers. A la première impulsion, si l'animal est en bonne santé, il remonte immédiatement vers l'amont; si, au contraire, il persiste à rester à l'aval du canal plus de 5 secondes, il est réputé malade, et plus de 20 secondes, il est considéré comme mort.

Quand trois poissons sont simultanément malades ou morts, une alerte est retransmise au dispatching central de la Région Parisienne Sud à Vigneux-sur-Seine.

Le contrôleur prévient alors immédiatement les responsables des usines et déclenche par télécommande le préleveur automatique d'échantillons installé dans la station; les échantillons d'eau ainsi prélevés pourront être analysés au laboratoire et l'origine de l'alerte sera établie.

**Société Lyonnaise des Eaux
et de l'Eclairage
45, rue Cortambert
75769 PARIS CEDEX 16
Tél. 503.21.02**

RÉPERTOIRE DÉPARTEMENTAL DES ENTREPRISES

SUSCEPTIBLES
D'APPORTER
LEUR CONCOURS
AUX ADMINISTRATIONS
DES PONTS
ET CHAUSSÉES

ET A TOUS LES AUTRES
MAITRES D'OUVRAGES PUBLICS
PARAPUBLICS ET PRIVÉS

01 AIN

Concessionnaire des planchers
et panneaux dalles « ROP »
Les Préfabrications Bressanes
01-CROTTET - R.N. 79 près de Mâcon
Tél. 29 à Bagé-le-Châtel

05 HAUTES-ALPES

**SOCIÉTÉ ROUTIÈRE
DU MIDI**
Tous travaux routiers
Route de Marseille - 05001 GAP - B.P. 24
Télex : ROUTMIDI 430221
Tél. : (92) 51.60.31

13 BOUCHES-DU-RHONE

**SOCIÉTÉ ROUTIÈRE
DU MIDI**
Tous travaux routiers
Zone Industrielle - 13290 LES MILLES
Tél. : (42) 26.14.39
Télex : ROUTMIDI 410702

**SOCIÉTÉ T.P. ET BATIMENT
Carrière de BALEONE**
Ponte-Bonello par AJACCIO
Tél. 27.60.20 Ajaccio
Vente d'agrégats et matériaux de viabilité
Tous travaux publics et Bâtiment

26 DROME

**SOCIÉTÉ ROUTIÈRE
DU MIDI**
Tous travaux routiers
Route de Mours
26101 ROMANS - B.P. 9
Télex : ROUTMIDI 345703
Tél. : (75) 02.22.20

39 JURA

Sté d'Exploitations et de Transports PERNOT
Préfabrication - Béton prêt à l'emploi
Rue d'Ain, 39-CHAMPAGNOLLE Tél. 83
Sté des carrières de Moisse
39-MOISSEY

59 NORD

Ets François BERNARD et Fils
MATÉRIAUX DE VIABILITÉ :
Concassés de Porphyre, Bordures, Pavés en
Granit, Laitier granulé, Sables.
50, rue Nicolas-Leblanc - LILLE
Tél. : 54-66-37 - 38 - 39

63 PUY-DE-DOME

BÉTON CONTROLE DU CENTRE
191, a. J.-Mermoz, 63-Clermont-Ferrand
Tél. : 92-48-74.
Pont de Vaux, 03-Estivareilles
Tél. : 06-01-05.
BÉTON PRÊT A L'EMPLOI
Départ centrale ou rendu chantiers par
camions spécialisés • Trucks Mixers •

67 BAS-RHIN

EXPLOITATION DE CARRIÈRES DE GRAVIERS
ET DE SABLES -- MATÉRIAUX CONCASSÉS
Gravière du Rhin Sessenheim
S.A.R.L. au Capital de 200.000 F
Siège social : 67-SESSENHEIM
Tél. : 94-61-62
Bureau : 67-HAGUENAU, 13, rue de l'Aqueduc
Tél. : 93-82-15

93 SEINE-SAINT-DENIS

s.a.r.l. DEVAUDEL
FOURNITURES
INDUSTRIELLES
73-75, rue Anselme - 93400 SAINT-OUEN
Tél. 254.80.56 +

94 VAL-DE-MARNE

ENTREPRISES
QUILLERY SAINT-MAUR
GÉNIE CIVIL — BÉTON ARMÉ
— TRAVAUX PUBLICS —
8 à 12, av. du 4-Septembre - 94100 Saint-Maur
Tél. 883.49.49 +

FRANCE ENTIÈRE

 **Compagnie Générale
des Eaux**
Exploitation : EAUX
ASSAINISSEMENT
ORDURES MÉNAGÈRES
CHAUFFAGE URBAIN
52, r. d'Anjou - 75008 PARIS - Tél. 266.91.50

**SOCIÉTÉ ROUTIÈRE
DU MIDI**
ÉMULSIONS DE BITUME
TOUS TRAVAUX
ROUTIERS

S.A. au capital de 3 500 000 F
Siège Social
et Direction Générale
B.P. 24-05001 GAP-CEDEX

DIRECTION DES EXPLOITATIONS
et USINE D'ÉMULSIONS DE BITUME
05001 GAP - B.P. 24
Route de Marseille
Tél. (92) 51.60.31
Télex : ROUTMIDI 430 221

AGENCES

Zone Industrielle
13290 LES MILLES
Tél. (42) 26.14.39
Télex : ROUTMIDI 410 702
26101 ROMANS - B.P. 9
Tél. (75) 02.22.20
Télex : ROUTMIDI 345 703



Entreprise **GAGNERAUD** Père et Fils

S.A. au Capital de 30 000 000 F

Fondée en 1886

7 et 9, rue Auguste-Maquet, **PARIS (16^e)**

Tél. : 288.07.76 et la suite

TRAVAUX PUBLICS - TERRASSEMENTS - BÉTON ARMÉ
BATIMENT - CONSTRUCTIONS INDUSTRIELLES - VIABILITE
ASSAINISSEMENT - TRAVAUX SOUTERRAINS - CARRIÈRES
BALLAST - PRODUITS ROUTIERS - ROUTES - ENROBÉS

PARIS (Seine)

MARSEILLE, FOS-SUR-MER (Bouches-du-Rhône)

VALENCIENNES, DENAIN, MAUBEUGE, DUNKERQUE (Nord)

LE HAVRE (Seine-Maritime) - **MANTES** (Yvelines)

Economies d'énergie dans l'industrie et dans la vie quotidienne

résultats des travaux de l'Institut Français du Pétrole

Les économies d'énergie déjà réalisées sur la base des résultats des recherches de l'I.F.P. et escomptées pour les années à venir pourraient atteindre 10 millions de tonnes d'équivalent pétrole en 1985. Compte tenu de la mission de l'I.F.P. et de la compétence qu'il a acquise, les résultats obtenus et les travaux en cours concernent :

Le chauffage domestique et industriel

Accroissement du rendement énergétique de la production de chaleur utilisable et amélioration de l'utilisation de cette chaleur. Des économies de consommation, très variables selon les cas individuels, peuvent atteindre jusqu'à 50 % et des gains de rendement du même ordre sont possibles.

L'utilisation des produits pétroliers dans les transports

Amélioration de "l'ensemble moteurs-carburant-lubrifiant" entraînant économie en consommation et gain en rendement accompagnés d'une réduction de la pollution.

Substituts énergétiques d'avenir faisant appel à la compétence pétrolière : méthanol et hydrogène.

S'inscrivant dans le même cadre par le biais de la traction, nouveaux convertisseurs d'énergie tels que les piles à combustible.

Les économies d'énergie dans l'industrie

Optimisation énergétique des ensembles industriels montrant qu'il est possible de réaliser des économies d'énergie de l'ordre de 20 %.

Procédés de transformation économes d'énergie : optimisation des procédés de raffinage et de pétrochimie et plus particulièrement de ceux dont l'I.F.P. offre la licence et mise au point de procédés nouveaux conduisant à des économies d'énergie très importantes.

Application particulièrement exemplaire : traitement des huiles usagées par ultrafiltration.

Ce procédé allie à la fois :

- la récupération des matières premières
- l'économie d'énergie
- la lutte contre la pollution.

Valorisation des calories à bas niveau fournies par la plupart des grandes industries. La géothermie et l'énergie solaire représentent également des sources possibles de chaleur à bas niveau.

Nouveau procédé de production de froid à rendement élevé avec une économie de 30 % de la dépense en énergie.

Dans tous ces domaines, l'I.F.P. s'efforce de répondre aux priorités actuelles avec un égal souci de protection de l'environnement.

Institut Français du Pétrole

*Boîte Postale n° 311 - 92506 Rueil-Malmaison Cedex France
tél. 749 02 14 télex A 690666 F*