

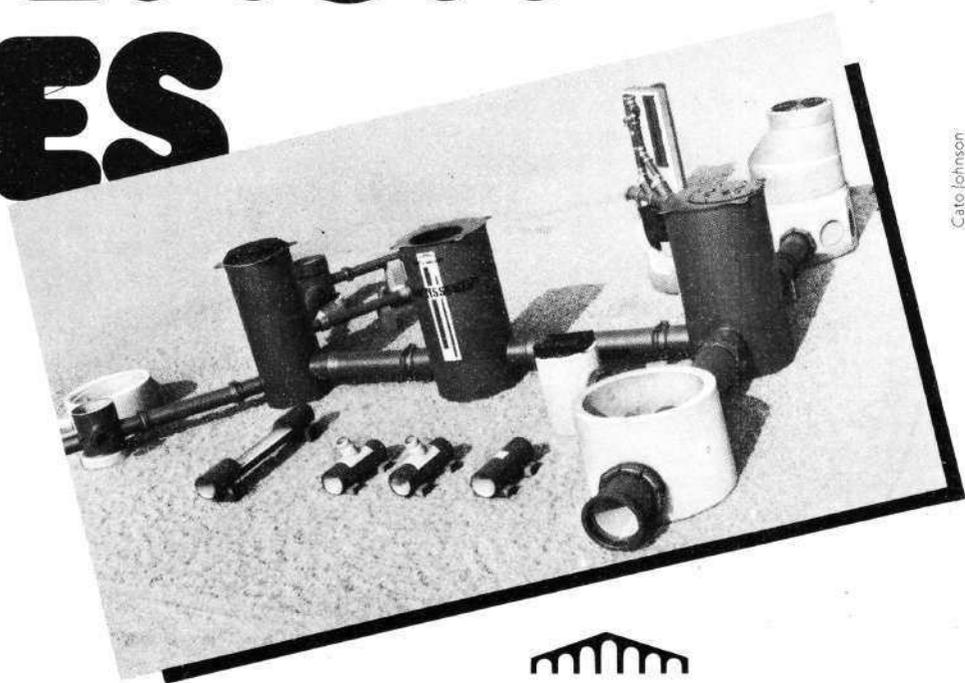
**peem**

N° 8 - 9 - AOÛT - SEPTEMBRE - 1980 - 177<sup>e</sup> ANNÉE -

ISSN 0397-4634

**HYDRAULIQUE**

# LA FONTE DUCTILE, LE SYSTEME LE PLUS SUR POUR LES EAUX USEES



Cato Johnson



PONT-A-MOUSSON S.A.

Contact auprès du service Promotion Industrielle,  
Pont-à-Mousson, 91 avenue de la Libération, 4 X 54017 NANCY Cedex - Tél. : (28) 96.81.21

# sommaire

## Directeur de la publication :

Jacques LECLERCQ  
 Président de l'Association

## Administrateur délégué :

Philippe AUSSOURD  
 Ingénieur  
 des Ponts et Chaussées

## Rédacteurs en chef :

Olivier HALPERN  
 Ingénieur  
 des Ponts et Chaussées  
 Benoît WEYMULLER  
 Ingénieur  
 des Ponts et Chaussées

## Secrétaire générale de rédaction :

Brigitte LEFEBVRE DU PREY

## Assistante de rédaction :

Eliane de DROUAS

## Rédaction - Promotion Administration :

28, rue des Saints-Pères  
 Paris-7<sup>e</sup> - 260.25.33

**Bulletin de l'Association des Ingénieurs  
 des Ponts et Chaussées, avec la collabo-  
 ration de l'Association des Anciens Elèves  
 de l'École des Ponts et Chaussées.**

## Abonnements :

- France **200 F.**
- Etranger **200 F** (frais de port en sus).
- Prix du numéro ; **22 F**

## Publicité :

Responsable de la publicité :  
 H. BRAMI

Société OFERSOP :  
 8, Bd Montmartre  
 75009 Paris  
 Tél. 824.93.39



Photo NEYRPIIC



Photo H. BARANGER et Cie

## dossier

L'Hydraulique : Bilan et Perspectives  
 M. HUG ..... 23

Aménagements hydro-électriques dans  
 les Alpes  
 J. GAUTHERON ..... 26

Le barrage de Grand'Maison  
 G. MARIN ..... 29

Aménagement de Montezic  
 D. JEANPIERRE ..... 38

La liaison navigable Rhône-Rhin  
 C. GEMAEHLINO ..... 42

L'aménagement hydro-électrique  
 du Haut-Rhône  
 P. SAVEY ..... 46

Les matériels électromécaniques Français  
 dans les aménagements hydro-électriques  
 à l'Étranger  
 F. de VITRY ..... 50

Le barrage de Denouval  
 C. LEREBOUR, C. PRADON  
 et J. GAZAIGNES ..... 56

L'exportation du génie civil Français  
 P. LONDE ..... 60

## La Vie du Corps des Ponts et Chaussées

Information ..... 63

Mouvements ..... 64

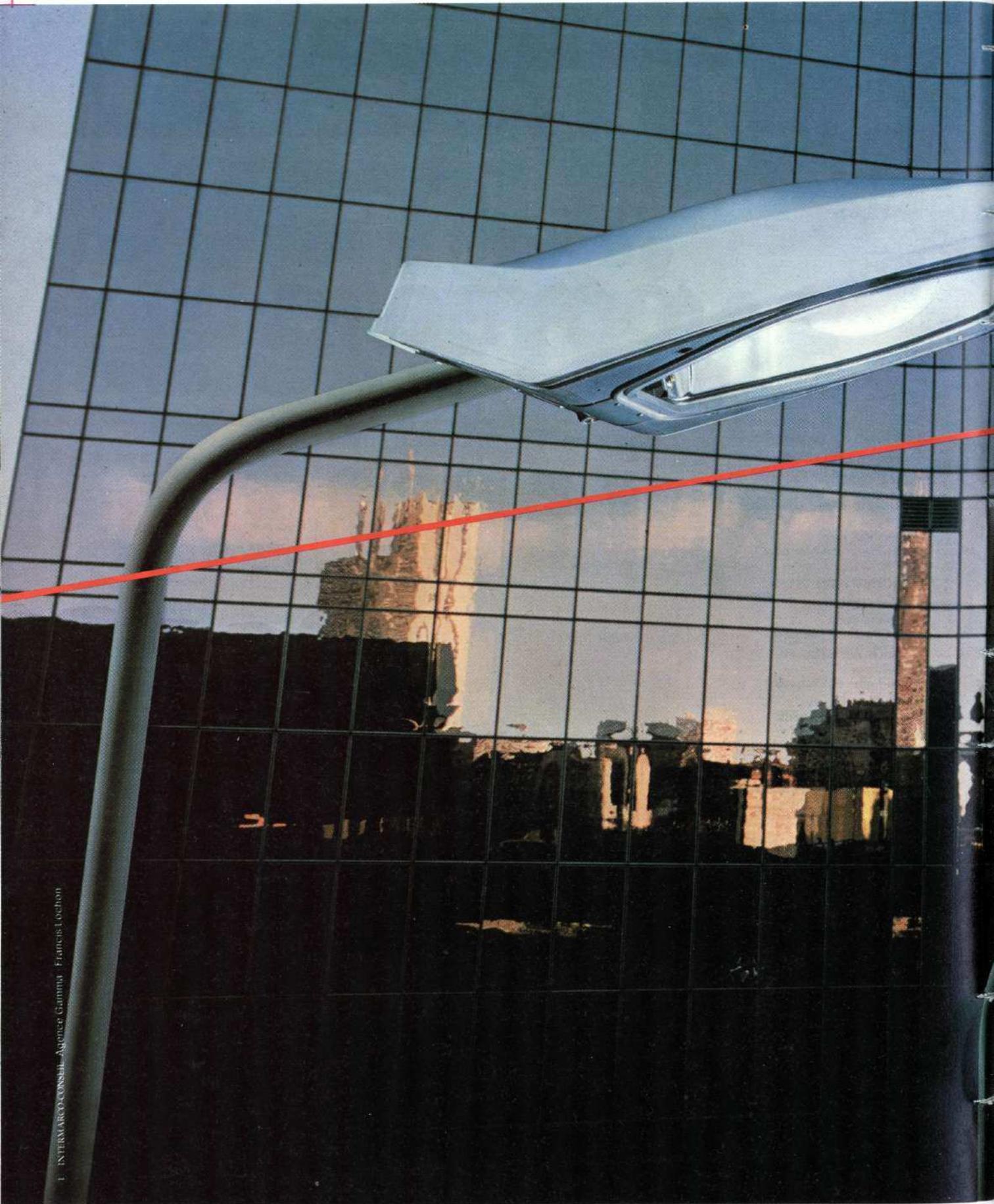
L'Association des Ingénieurs des Ponts et Chaussées n'est pas responsable des opinions émises dans les conférences qu'elle organise ou dans les articles qu'elle publie.

## Couverture :

Barrage de DENOVAL

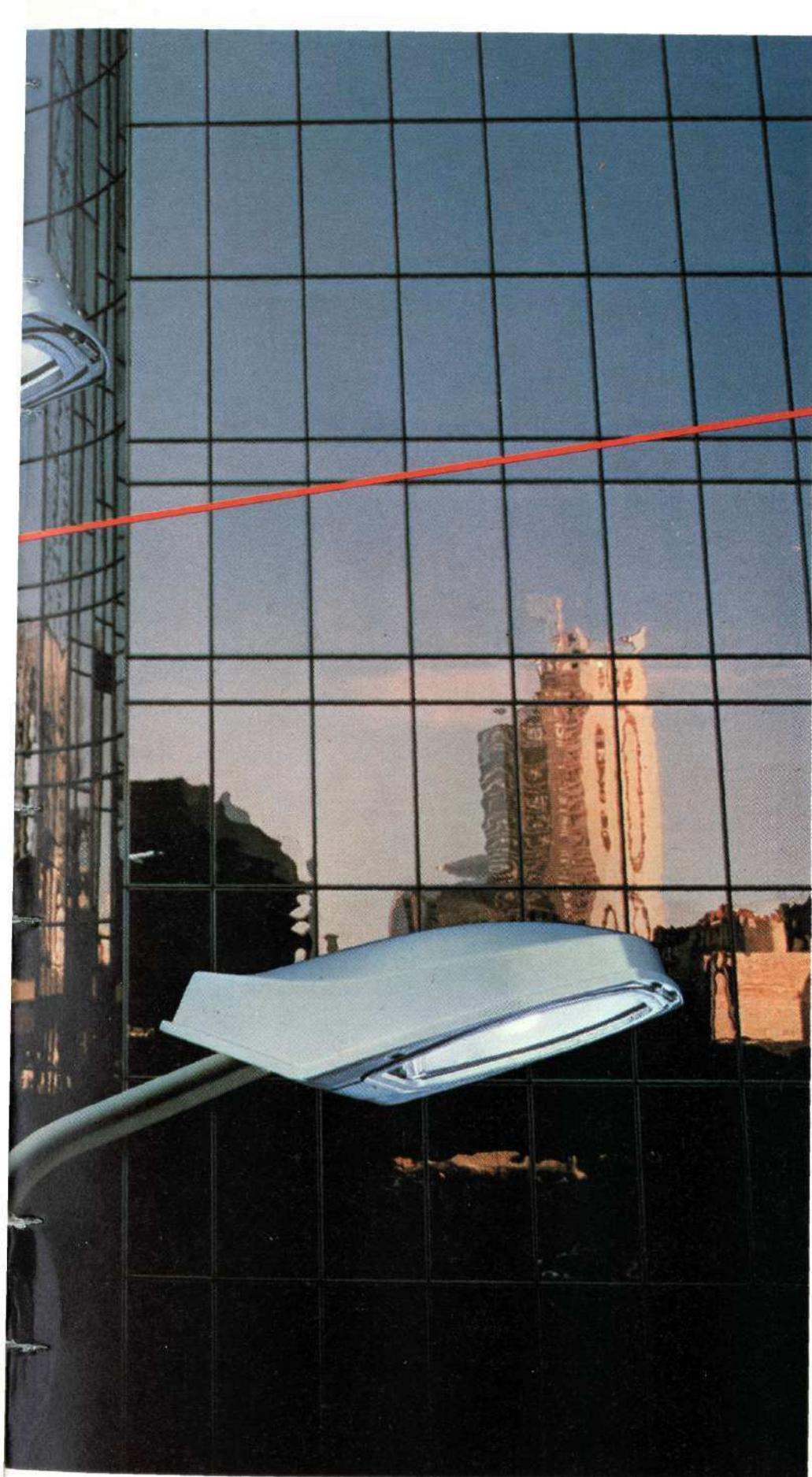
IMPRIMERIE MODERNE  
 U.S.H.A.  
 Aurillac

**Maquette :** Monique CARALLI



I. INTERVARCHOCOSSHI - Agence Gamma - Francis Loehon





**Philips crée  
l'objet-lumière**

## **"MARINA"**

Pour que la lumière soit aussi belle qu'efficace, Philips crée les objets-lumière : des appareils d'éclairage dessinés comme de beaux objets et conçus pour obtenir le meilleur éclairage.

Pour l'éclairage public, Philips crée les Marina. Ces appareils réalisés en matériaux anticorrosion, sont d'une ligne extrêmement pure. Leurs performances photométriques et des finitions de grande qualité font des Marina, des objets-lumière particulièrement bien adaptés aux problèmes d'éclairage extérieur.

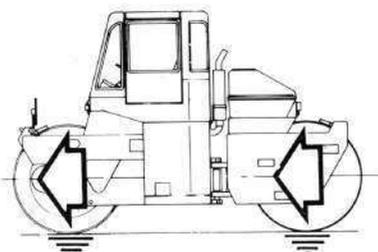
**PHILIPS**

à partir  
d'une conception  
qui a fait ses preuves



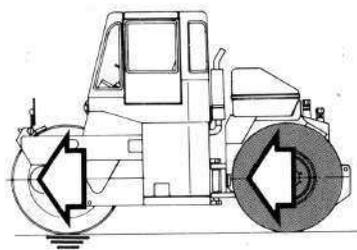
nous avons construit  
les machines  
que vous attendiez...

## une nouvelle génération: la série 10



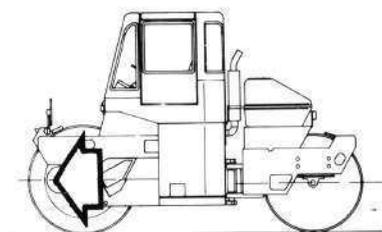
### VA 10 DV

rouleau tandem articulé  
à deux billes vibrantes et motrices  
DV : Double Vibration  
roue AV vibrante et motrice  
roue AR vibrante et motrice



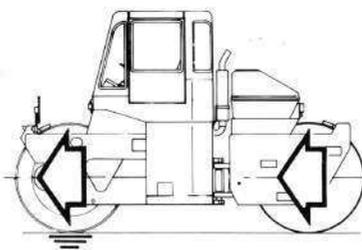
### VA 10 DP

rouleau automobile monobille  
toutes roues motrices  
DP : Double (traction) Pneus  
roue AV vibrante et motrice  
roue AR motrice à pneumatiques



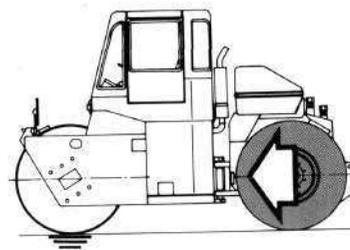
### TA 10

rouleau tandem articulé  
roue AV motrice  
roue AR tractée



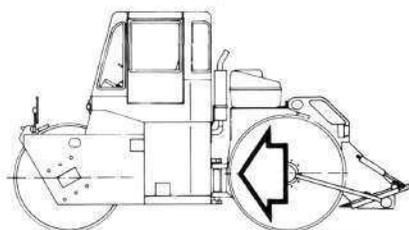
### VA 10 DT

rouleau tandem articulé  
à une bille vibrante et toutes roues motrices  
DT : Double Traction  
roue AV vibrante et motrice  
roue AR motrice



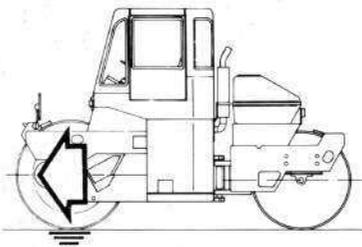
### VA 10 SP

rouleau automobile monobille  
SP : Simple (traction) Pneus  
roue AV vibrante  
roue AR motrice à pneumatiques



### TR 10

rouleau tricycle articulé  
roues AR motrices



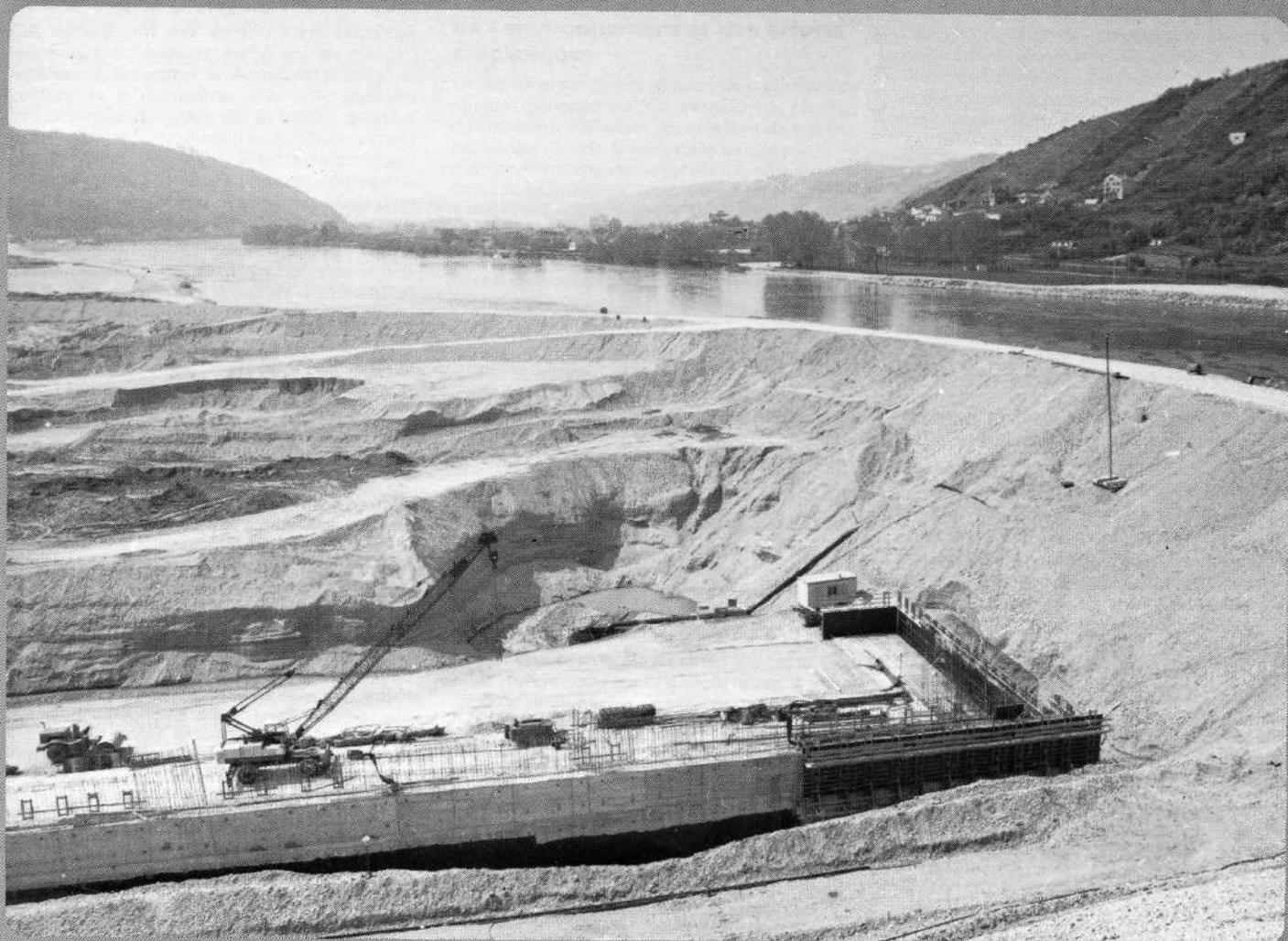
### VA 10 ST

rouleau tandem articulé  
à une bille vibrante et motrice  
ST : Simple Traction  
roue AV vibrante et motrice  
roue AR tractée

nous  
connaissons  
bien vos chantiers

# ALBARET

60290 RANTIGNY  
tél. (4) 473 31 55  
telex 140 050 F



## **AMÉNAGEMENT DU RHÔNE**

### **Fouille de l'usine - déchargeur - écluse de Vaugris**

Elle a été ouverte à sec  
à l'abri d'un écran étanche  
réalisé en paroi au coulis auto-durcissable.

 **c'est une technique**  
**SOLETANCHE**  
6, rue de Watford - B.P. 511 - 92005 NANTERRE Cedex (France)  
Tél. Paris (1) 776.42.62. Télex 611722 SOLET F

# LES GÉOMEMBRANES

## Revêtements d'étanchéité en feuilles souples

### Caractéristiques essentielles

Pour l'utilisateur, la feuille souple d'étanchéité doit posséder un certain nombre de qualités qui correspondent au service qu'il en attend :

- imperméabilité, souplesse, résistance, durabilité et... économique à l'emploi.

Il n'existe pas encore à vrai dire de spécifications strictement définies s'appliquant à l'ensemble de ces caractéristiques, lesquelles sont la plupart du temps exprimées d'une manière subjective, selon les normes établies par les producteurs eux-mêmes.

Fondamentalement, et c'est ce qui permet la conception d'ouvrages fiables et économiques, c'est la capacité des géomembranes de pouvoir s'adapter aux déformations de la structure du réservoir tout en restant étanches qui est la caractéristique déterminante.

Les feuilles ont en effet par définition un grand allongement à la rupture (de l'ordre de 100 à 500 %), un module d'élasticité faible en traction (quelques MPa\* à 100 % d'allongement) et n'offrent aucune résistance aux efforts de flexion.

De plus, les matières plastiques synthétiques de base possèdent une grande inertie chimique, laquelle dispense de toute disposition de protection contre la corrosion ou le pourrissement, et ceci pour des périodes d'utilisation de l'ordre de 10 ans et plus.

La conservation de toutes les caractéristiques dans le temps est obtenue grâce à des formulations et à des procédés d'élaboration bien au point et qui suppriment toute sujétion de dépense d'entretien.

### Spécifications des géomembranes

Le chimiste à qui revient la responsabilité de déterminer la formulation d'une géomembrane a le choix entre plusieurs familles de matières de base, chacune d'elles possédant des caractéristiques originales qui décideront du choix selon le problème à résoudre. Voici les principales de ces familles :

Les PLASTOMÈRES sont d'une façon générale ce que l'on désigne communément par matière plastique. Leurs liaisons intermoléculaires sont électrochimiques. Elles s'atténuent lors d'une élévation de température, provoquant le ramollissement du matériau ce qui permet d'en modifier la forme ou de le souder. Lors du refroidissement, le matériau retrouve ses caractéristiques initiales. Le cycle est réversible.

Les thermoplastiques utilisés en feuilles d'étanchéité sont :

- les polyoléfinés, notamment le polyéthylène (PE),

- le polyéthylène chloré (PEC),
- les copolymères de vinyl-acétate (EVA)
- les polychlorures de vinyl plastifié (PVC), ce dernier groupe ayant la particularité de permettre une grande variété de propriétés en fonction des plastifiants utilisés pour l'assouplir aux températures normales.

Les ÉLASTOMÈRES sont ceux qu'on appelle plus communément "caoutchoucs". Entre leurs macro-molécules les liaisons sont du même type que celles présentes entre les atomes des molécules. Ce sont des liaisons chimiques de covalence. Une fois établies, elles sont irréversibles.

Pour créer ces pontages, le produit une fois en forme (il est thermoplastique auparavant), subit un traitement thermique appelé vulcanisation, provoquant une réaction chimique entre certains de ses constituants et les molécules du squelette. Ce comportement est à rapprocher de celui des thermodurcissables.

Les élastomères les plus rencontrés en feuilles d'étanchéité sont :

- le Butyl (copolymère d'isobutylène et d'isoprène),
- l'Hypalon (polyéthylène chloro sulfoné),
- les EPDM (éthylène-propylène)

Il est bien entendu que tous ces produits sont le résultat de la combinaison d'un grand nombre de constituants. Sous la même désignation ou pour un même usage l'ingénieur trouvera donc des matériaux aux caractéristiques différentes, particulièrement en ce qui concerne leur mise en œuvre et leur tenue au vieillissement dans les conditions du projet.

### Principaux types d'ouvrages justiciables de géomembranes

Les feuilles souples d'étanchéité sont admises comme solutions dans des types très diversifiés d'ouvrages de génie chimique, de génie hydraulique ou de génie civil.

- **OUVRAGES A CARACTÈRE INDUSTRIEL :**  
La feuille est en contact, d'une part, avec un

support classique (terre, remblai, béton...) et, d'autre part, avec de l'eau, des produits chimiques ou des effluents plus ou moins agressifs. Il s'agit principalement de dispositifs de stockage, de traitement d'effluents (lagunes par exemple) et de lutte contre la pollution (rétention).

Généralement, la feuille doit avoir une résistance chimique spécifique et un bon vieillissement aux intempéries. Le plus souvent les profondeurs sont moyennes (10 à 12 m maximum) et les talus en faible pente (2/3 maximum).

- **OUVRAGES D'AMÉNAGEMENTS HYDRAULIQUES :**

Ceux-ci étant placés sans surveillance en pleine nature, la feuille est le plus souvent protégée par une recharge (terre, sable, béton, enrochement). On lui demande de résister particulièrement à l'enfouissement et à la destruction biologique sur de très longues périodes.

Les masques de barrages présentent un cas particulier dû aux grandes hauteurs et donc aux problèmes de mécanique qui font à chaque fois l'objet d'une étude spéciale. On autorise actuellement des ouvrages jusqu'à 20 m de dénivellation.

- **OUVRAGES DE GÉNIE CIVIL :**  
Des réalisations ont été entreprises avec succès en étanchéification de fondations ou de galeries implantées dans les nappes phréatiques.

On peut encore signaler pour mémoire l'utilisation des feuilles en étanchéité de toiture.

### Conseils pour l'étude des projets

Il convient de rester pragmatique et avant tout d'analyser pour chaque projet les sollicitations de toute nature que la feuille aura à subir. L'objectif d'une telle recherche est de déterminer le seuil au-delà duquel la feuille n'assure plus sa fonction.

Le schéma, ci-après, précise les points où il y a lieu d'être particulièrement vigilant :

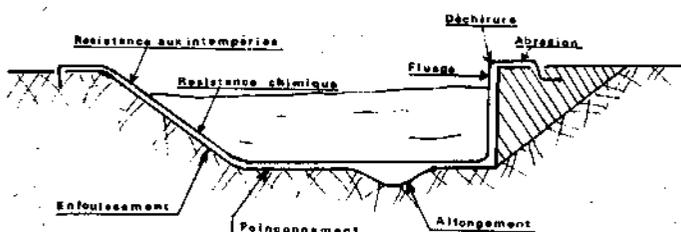


Fig. 6

## Communiqué

D'autres exigences seront imposées par la technologie de mise en œuvre : stabilité dimensionnelle, résistance des assemblages, possibilité de collage, perforation par la recharge, etc...

### Sollicitations d'origine mécanique

Ces actions ont leur origine dans l'équilibre mécanique du système formé par les charges extérieures, le support, le dispositif d'ancrage, le contenu et la membrane. Elles sont réparties (traction due au poids de la feuille, pression hydro-statique) ou concentrées (poinçonnement par un caillou, déchirure). Elles peuvent dépendre aussi de phénomènes statiques ou dynamiques (effets du vent ou des vagues, chute d'un objet perforant).

Les forces qui apparaissent peuvent toutes s'exprimer en contrainte de traction simple. A la limite, elles provoquent la rupture d'un matériau insuffisamment dimensionné.

### Sollicitations imposées par l'environnement

L'utilisation d'une feuille d'étanchéité entraîne son exposition à différents facteurs de vieillissement :

a) intempéries et facteurs climatiques :

- chaleur et froid
- lumière et U.V.
- oxydation et ozone

b) actions chimiques et biochimiques dues au contact de la feuille avec le contenu du réservoir et avec le support.

Ces sollicitations difficilement chiffrables ont pour effet une destruction plus ou moins rapide de l'équilibre interne du matériau jusqu'au niveau de ses molécules. Leur examen détermine le choix initial de la nature de feuille à utiliser.

### Actions combinées du temps, de l'environnement et des efforts mécaniques

La combinaison de ces phénomènes pendant de longues périodes modifie lentement la réponse du matériau. Par exemple, un effort de traction permanent à une température au-dessus de la moyenne entraîne un fluage de la feuille, c'est-à-dire un allongement lent, mais irréversible : il s'ensuit un amincissement proportionnel de la géomembrane.

Le module d'élasticité et les limites de rupture, bases des calculs mécaniques, peuvent de la même façon varier dans de grandes proportions.

Enfin, certaines épreuves ont des effets spécifiques sur certaines familles de feuilles d'étanchéité. Il est donc important d'imposer non seulement des caractéristiques minimales qui dépendent du projet, mais aussi des spécifications liées à la nature de la feuille envisagée et à son niveau de qualité.

### Principaux essais et résultats

La mesure des caractéristiques d'un matériau est indispensable pour trois raisons : aptitude à l'emploi, prévision de son comportement et contrôle de sa qualité.

Les ESSAIS DE SIMULATION sont faits d'après le type de projet. Ils forment le cahier des charges du projet. Ils concernent, par exemple, l'étude du comportement d'une feuille posée sur une fissure ou des cailloux et soumise de l'autre côté à une pression d'eau.

Les tests de vieillissement appartiennent à ce groupe, mais sont difficilement cernables, car il n'existe pas d'essais reproduisant en peu de temps des vieillissements de plusieurs années. On conduit donc ces épreuves au laboratoire en les comparant en permanence avec des observations basées sur des expérimentations réelles. Les résultats des essais de simulation apporteront toutes précisions sur les caractéristiques fonctionnelles de la géomembrane et permettront de dimensionner l'installation : choix du matériau, épaisseur, mise en œuvre, comportement de l'ouvrage...

Les ESSAIS D'IDENTIFICATION permettent de définir une membrane dans la famille retenue lors des tests de simulation. C'est le cahier des charges du matériau. Ils sont basés sur les essais traditionnels de la profession : courbe contrainte-déformation dans des conditions normalisées, déchirure, dureté, etc... et, bien entendu, présentation commerciale.

Les ESSAIS DE CONTROLE reprennent une partie des essais d'identification avec une interprétation statistique. Ils permettent à l'acheteur d'apprécier la fiabilité de la livraison destinée à son projet.

Les tableaux, ci-après, donnent des ordres de grandeur pour quelques produits couramment utilisés en ouvrages industriels ou hydrauliques.

	Butyl	PVC	CPE
Résistance rupture MPa	> 9	12 à 16*	10 à 14
Allongement rupture %	350	> 250	500
Module à 100 % MPa	1.5	7 à 9*	4
Déchirure daN/cm	30	50 à 60*	50

\* Selon les formulations

	Butyl	PVC	CPE
Acides dilués	XX	XXX	XXX
Bases et alcalis	XXX	XXX	XXX
Hydrocarbures	X	XX	X
Sels	XXX	XXX	XXX
Solvants, huiles	X	X	X

X peu satisfaisant — XX acceptable  
XXX excellent comportement

N.B. La résistance du PVC dépend de sa formulation.

	Butyl	PVC	CPE
Intempéries	XXX	XX	XXX
Ozone	X	XXX	XXX
Choc à froid (°C)	— 35	— 10 à — 20	— 60
Chaleur	XXX	XX	XXX
Enfouissement	XXX	XX	XXX
Fluage	XXX	XXX	X

X peu satisfaisant — XX acceptable  
XXX excellent comportement

	Butyl	PVC	CPE
Vulcanisation	XXX		
Soudure H.F.		XXX	XXX
Soudure thermique		XXX	XXX
Collage	X	X	X
Dissolution		X	XXX

X éventuellement — XX acceptable  
XXX recommandé



# RINCHEVAL

95230 SOISY-SOUS-MONTMORENCY (FRANCE)

Tél. : 989.04.21 - Télex : 697 539 F



**MATÉRIEL DE  
STOCKAGE  
CHAUFFAGE**

**ET**

**ÉPANDAGE DE LIANTS  
HYDROCARBONES**

**ÉPANDEUSES, ÉPANDEUSES D'ENTRETIEN  
CITERNES FIXES ET MOBILES  
CENTRES DE STOCKAGE  
CHAUDIÈRES A HUILE, ETC.**

# CGEE ALSTHOM

EQUIPEMENTS ET ENTREPRISES ELECTRIQUES



photo : Magnum

Centrale hydroélectrique d'Agua Vermelha, au Brésil,  
— 6 groupes de 250 MVA —  
CGEE ALSTHOM en a assuré la coordination d'ensemble des études  
et de la fourniture, comme chef de file du groupement  
des constructeurs et entrepreneurs français.  
Au premier plan, les postes 460 et 550 kV réalisés par COGELEX.

# LIANTS TRADITIONNELS MAIS AUSSI FORMULES NOUVELLES

**CdF Chimie** vous propose :

## • BITUME GOUDRON H.P. 60-40

- GOUDRONS ROUTIERS  
toutes spécifications
- BRAIS GRAS POUR ROUTES  
(formules sur demande)
- HUILES DE FLUXAGE  
pour goudrons et bitumes
- BRAIS SPECIAUX  
RESINES EPOXIDES-LOPOX ®

- SUL-H ®  
émulsion antikérosène
- LIANT 281 BITUME - BRAI  
liant mixte pour  
enrobés denses  
résistance au désenrobage  
bon compactage  
en arrière-saison
- STAVOJET ® - K :  
PENETRATION 80/100  
goudron antikérosène  
pour pistes d'aérodrome,  
parkings, gares routières, etc.

© marque déposée

 **CdF Chimie**

tour aurore . cédex n° 5  
92080 paris la défense . france  
tél. : 778.51.51 + télex : CDFCH 610826 F

dic:publicité



# CITRA-FRANCE

Société filiale de S.B.T.P.

13, av. MORANE-SAULNIER - 78140 VELIZY-VILLACOUBLAY - Tél. : 946.96.95

**GRANDS AMENAGEMENTS HYDRAULIQUES  
AUTOROUTES - PONTS - TUNNELS - BARRAGES  
TRAVAUX MARITIMES ET FLUVIAUX - TRAVAUX SOUTERRAINS  
CONSTRUCTIONS INDUSTRIELLES - BATIMENTS - PARKINGS**

Aménagement de  
Chautagne sur le Haut-Rhône  
Maître d'ouvrage : Compagnie Nationale du Rhône.

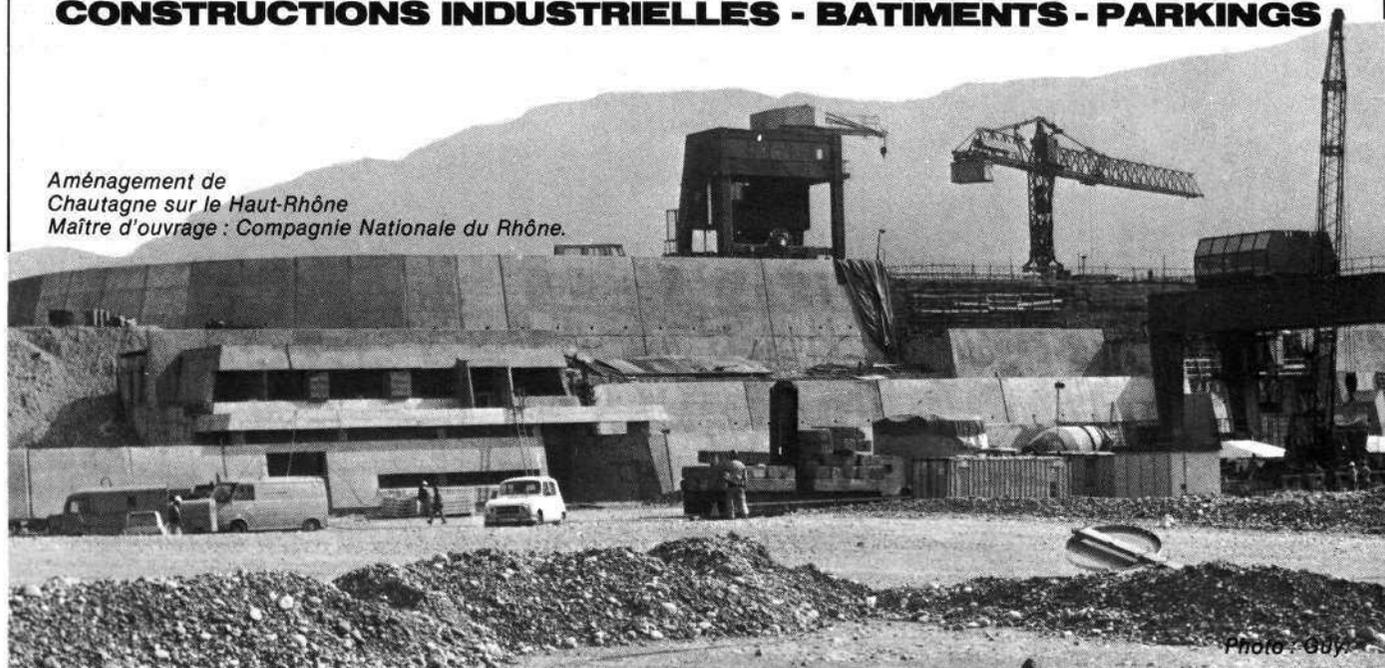


Photo - Guy

# demain

il faudra des infrastructures permettant de  
circuler, transporter, produire  
plus vite, à moindre coût

ces infrastructures



les réalise

# aujourd'hui



routes



tunnels



ponts



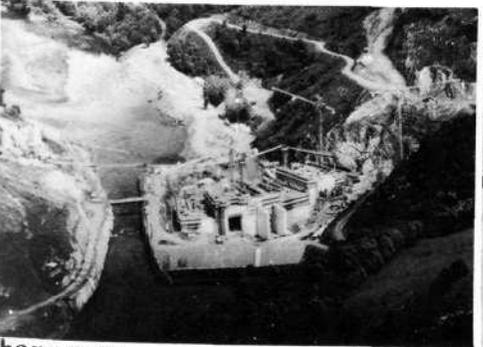
aéroports



metros



ports



barrages



centrales



complexes industriels



# ENTREPRISE **PICO**

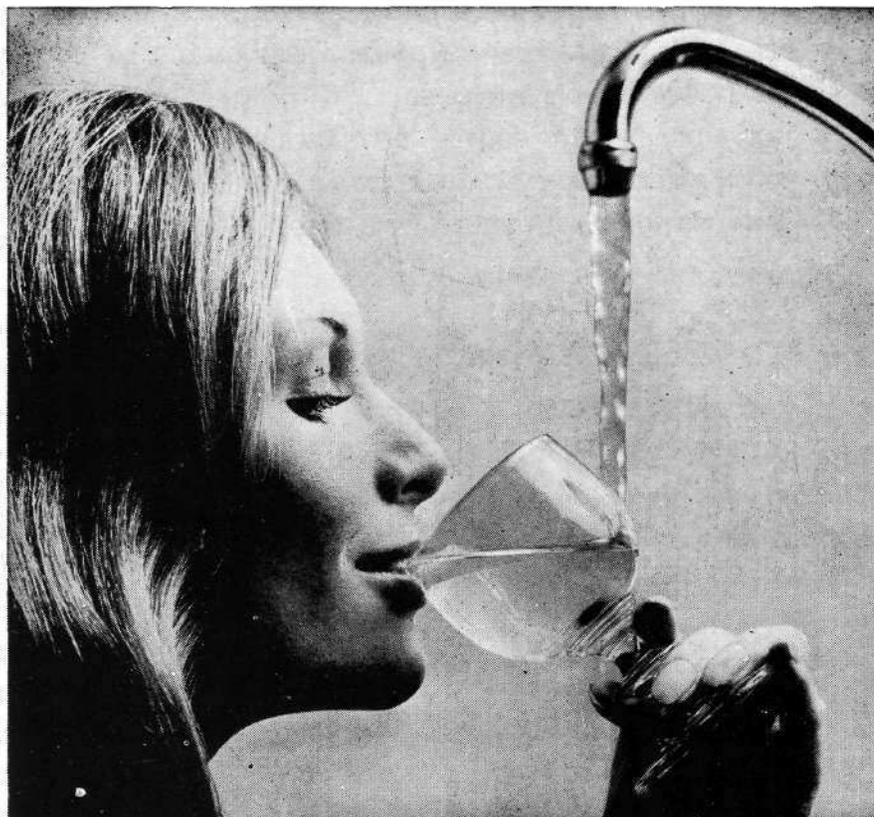
**TRAVAUX PUBLICS BATIMENT**

42, Bd. Victor Hugo 04002 Digne tel: 31.30.51

## **TRAINS AUTOS COUCHETTES** économisez votre énergie en faisant le plein de sommeil



**SNCF**



plaisir retrouvé  
grâce  
à la  
compagnie  
générale des eaux

52, rue d'Anjou  
75384 Paris Cedex 08  
Tél. : 266.91.50



**entreprises albert cochery**

TRAVAUX ROUTIERS  
TERRASSEMENT  
MATÉRIAUX ENROBÉS  
SABLIÈRES - CARRIÈRES

**RÉGION ALSACE FRANCHE-COMTÉ**

**AGENCE MOLSHEIM**

BP 22 Zone Industrielle

**67120 MOLSHEIM**

Tél. : (88) 38.11.32

**AGENCE MULHOUSE**

128, rue de Pfstatt

**68260 KINGERSHEIM**

Tél. : (89) 52.62.51

**SOCIÉTÉ ANONYME  
DES ENTREPRISES**

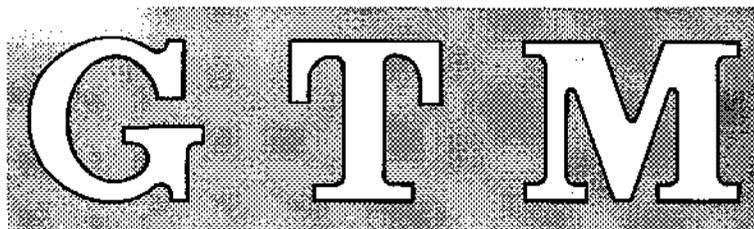
**Léon  
BALLOT**

au Capital de 30 600 000 F

**TRAVAUX  
PUBLICS**

155, boulevard Hausmann,  
75008 PARIS

**AMÉNAGEMENTS HYDROÉLECTRIQUES  
CENTRALES NUCLÉAIRES - CENTRALES THERMIQUES  
CONSTRUCTIONS INDUSTRIELLES  
TRAVAUX DE PORTS - ROUTES - OUVRAGES D'ART  
BÉTON PRÉCONTRAIT - CANALISATIONS POUR FLUIDES  
CANALISATIONS ÉLECTRIQUES - PIPE-LINES**



**Grands Travaux de Marseille**

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



**ROCHEM**

WORLD WIDE SERVICE

**TRAITEMENTS CHIMIQUES  
MARITIME ET INDUSTRIE**

- Détartrages
- Nettoyages de circuits
- Traitements des combustibles
- Traitements des eaux
- Traitements des rejets industriels
- Clarifiants
- Séparateurs d'émulsion

**Siège :**

29, avenue Jean Rondeaux **76100 ROUEN**  
Tél. : (35) 63.03.60 - Téléx 770721

**Agences :**

**LE HAVRE - Tél. : (35) 26.68.99**  
**MARSEILLE - Tél. : (91) 90.88.33**

**TERRASSEMENT  
GENIE CIVIL**

**RAZEL**

*100 ans  
d'Entreprise*

Entreprise RAZEL Frères Christ de SACLAY (Essonne) BP109 - 91403 ORSAY Cedex - Tél. : 941.81.90 +  
PARIS, ALGER, DOUALA, LIBREVILLE, ABIDJAN, NIAMEY, BOBO DIOULASSO, COTONOU

**ENTREPRISE  
Bourdin & Chaussé**

SA au Capital de 21 000 000 F

35 rue de l'Écu de Buron  
44 300 NANTES

Tel (40) 49 26 08

Direction Générale

36 rue de l'Ancienne Mairie  
92 100 BOULOGNE

Tel. 604 13 52

*Terrassements  
Routes et aerodromes  
Voirie urbaine  
Assainissement  
Réseaux eau et gaz  
Genie civil  
Sols sportifs  
et industriels*



*Société d'Études  
Juridiques et Immobilières*

Société Anonyme au Capital de 100 000 F

**Études – Réalisations  
Ventes**

**Appartements - Lotissements  
Expropriations**

201, route de Lyon  
**67400 ILLKIRCH GRAFFENSTADEN**  
Tél. : 66.09.07 - 66.07.95

## Un grand spécialiste des terrassements

55 000 CV  
7 000 000 m<sup>3</sup>/an



**Entreprise Valerian**

**TERRASSEMENTS  
TRAVAUX PUBLICS**

S.A. au Capital de 6 000 000 F.  
B.P. 12  
**84350 COURTHÉZON**  
Tél. 70.72.61 - Télex 432582



## **FONÇAGES & FORAGES**

**TRAVAUX SOUTERRAINS**

**BESSAC s.a.**

Le Pas du Lac **81120 REALMONT**  
Tél. : (16-63) 55.55.48

## GROUPEMENT D'ÉTUDES ET DE CONSTRUCTION MOSELLAN



BUREAUX : 9, rue Pougin  
**MONTIGNY-LES-METZ - 57000 METZ**  
Téléphone : (8) 763.26.13

## **SEDIM**

**INGÉNIERIE DES HOPITAUX**

- **Ingénierie complète, spécialisée en hôpitaux**  
Toutes missions - Programmes - Maîtrise d'œuvre  
Ingénierie des équipements médicaux - Maîtrise  
de chantier - Possibilité de "clefs en main" -  
Aide à l'exploitation (activité en création)
- **Économies d'énergie**
- **Toutes missions spéciales et d'expertise**
- **Interventions France et Étranger**

25, RUE DU PONT-DES-HALLES

**CHEVILLY-LARUE**  
**94666 RUNGIS CÉDEX (FRANCE)**

Tél. : 687.34.68 (Circonscription de Paris)  
Télex : Sedim 250.021 F

FONDATIONS ET FORAGES  
TRAVAUX PUBLICS

## Entreprise Georges DURMEYER

S.A.R.L.

57930 MITTERSHEIM - Tél. : (8) 707.67.07

- FONDATIONS SPÉCIALES - PIEUX BENOTO
- CONFECTION ET BATTAGE DE PIEUX PRÉFABRIQUÉS
- PIEUX MOULES - CAISSONS MÉTALLIQUES
- BATTAGE ET ARRACHAGE DE PALPLANCHES

## entreprise

# René WELSCH

TRAVAUX PUBLICS et INDUSTRIELS

DÉMOLITION et TERRASSEMENT

54910 VALLEROY  
Tél. : (8) 246.15.85 (8) 246.22.17

# cadre supérieur

130 000 + à 500 000 +

Que vous soyez  
Directeur Général, Directeur du  
Marketing, Directeur Financier,  
Directeur d'Usine, Directeur  
des Relations Humaines, etc.  
ou responsable d'un poste clé  
de votre Société, nous pouvons  
vous proposer à Paris,  
en Province ou à l'Étranger,  
plus de 300 postes par an  
correspondant à votre niveau  
et publiés en **EXCLUSIVITE**  
dans la rubrique Dirigeants  
"Senior Executives"  
d'"International Executive  
Search Newsletter".

Vous devez savoir  
que 80 % au moins des  
recherches de Dirigeants dont  
la rémunération moyenne atteint  
220.000 F, **NE SONT PAS**  
**PUBLIÉES DANS LA PRESSE**,  
mais confiées aux spécialistes  
français et internationaux  
de l'Executive Search respectant  
une stricte déontologie

Seuls ces Consultants  
peuvent publier gratuitement  
des offres exclusives dans  
notre newsletter; cette formule  
permet aux Cadres Supérieurs  
en poste de s'informer  
**SANS RISQUE**  
**D'INDISCRETION.**

Adressez carte de visite et  
montant de l'abonnement à I.C.A.  
3 rue d'Hauteville - 75010 Paris  
Tél. (1) 824.63.45  
Télex 280360 bureau Paris I.C.A.

#### TARIF ABONNEMENTS 10 NUMÉROS/AN

ALLEMAGNE	DM	185
BELGIQUE	FB	2900
CANADA	\$C	135
DOM-TOM	FF	500
FRANCE	FF	300
GRANDE BRETAGNE	£	48
PAYS BAS	FL	200
SUÈDE	KR	400
SUISSE	FS	160
U.S.A.	\$	120

Autres Pays FF 500 ou \$ 120

**I.C.A. PUBLIE PLUS D'OFFRES  
DE PLUS HAUT NIVEAU QUE  
TOUT AUTRE ORGANISME.**

SPECIMEN GRATUIT EN RETOURNANT  
CETTE ANNONCE A I.C.A.

**I.C.A.** International Classified Advertising  
3, RUE D'HAUTEVILLE - 75010 PARIS

**UNIC PAC:  
CONSTRUITS COMME DES ENGINES  
DE TRAVAUX PUBLICS.**

Un choix complet de modèles: 6 x 6, 6 x 4,  
4 x 4 et 4 x 2. Des moteurs  
à la technologie  
éprouvée: de gros  
six cylindres de  
225 ou 285 ch  
SAE, refroidis  
par eau.



**UNIC S.A.**

**SUCCESSALE DE STRASBOURG**

208, route de Colmar - Tél. : (88) 39.99.08

**67023 STRASBOURG CÉDEX**

**UNIC**



Depuis 1905, année de la création de la Société par Georges RICHARD, l'histoire d'UNIC s'est confondue avec l'histoire du Poids Lourd en France. Cette similitude est le signe commun de toutes les grandes entreprises nationales qui ont associé leurs noms à celui d'un produit.

Avec ses usines situées dans l'Ouest parisien, berceau de l'industrie automobile du début du siècle, UNIC a accompagné et le plus souvent précédé l'évolution technique et économique de la motorisation en France, avant de se spécialiser, à la veille de la seconde guerre mondiale, dans la motorisation lourde.

1909 — Première utilisation dans les catalogues du terme "Véhicule Industriel".

1930 — UNIC présente le premier gros porteur Français à moteur diesel.

1933 — La notion de gamme est totalement assimilée et permet de présenter des véhicules de 1 500 kg jusqu'à 17 tonnes.

1952 — Conscient des problèmes posés par les économies d'échelle, UNIC entre dans le Groupe SIMCA dont il devient la branche Poids Lourd.

1956 — Absorption par UNIC de SAURER France.

1957 — La fameuse gamme ZU comprend 25 modèles qui seront fabriqués à plus de 40 000 exemplaires.

1964 — UNIC présente le premier moteur V8 Diesel totalement Français.

1966 — UNIC se joint à la division des automobiles FIAT en France, au sein de la F.F.S.A. — FIAT FRANCE SOCIÉTÉ ANONYME.

Juste avant 1975, la gamme UNIC comprend 70 types de véhicules allant de 5 à 38 tonnes.

La Société est prête à affronter la réalité d'un marché devenu Européen dans le cadre des nouvelles structures créées en janvier 1975 : Le Groupe IVECO.

IVECO rassemble les activités des marques UNIC, FIAT, OM, LANCIA et MAGIRUS DEUTZ dans le domaine du camion, des autocars et des véhicules spéciaux.

UNIC est désormais le partenaire Français d'un groupe Européen, capable de soutenir la concurrence à l'échelle mondiale.

# TRAVAUX PUBLICS ET PARTICULIERS

## Entreprise UNOULE & MARTINEAU

Société à Responsabilité Limitée  
au Capital de 300 000 F

**Siège Social : 37, rue Saint-Filleul  
76000 ROUEN**

Tél. : (35) 71.27.38

Tél. : 40.36.30

R.C. Nancy A 765 706 668

# RENE RENZI

## Entreprise de travaux publics

36, rue de la République - 54520 LAXOU

# LOGER

CONSTRUIT POUR VOUS

### DES MAISONS EN VÉRITABLE TRADITIONNEL DES APPARTEMENTS

- Prix fermes et définitifs non révisables
- Prêts aidés PAP
- Plans de financement personnalisés en nos bureaux

87, Bd de la Liberté LILLE

Tél (20) 52.90.00 Lignes groupées

Membre de la Chambre Régionale de la Fédération Nationale  
des Promoteurs Constructeurs

### DES MAISONS TRADITIONNELLES DE STANDING EN PETITS DOMAINES PRIVÉS

- Prix fermes et définitifs non révisables à la réservation
- Financement par nouveaux prêts conventionnés



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

### FONDASOL INTERNATIONAL

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

### FONDASOL CENTRE

Z.I. Nord - rue Ferrée  
71530 CHALON-SUR-SAONE  
Tél. : (85) 46.14.26  
Télex : 800 368 FONDASOL CHALN

### FONDASOL ÉTUDE

B.P. 54  
84005 AVIGNON  
Tél. : (90) 31.23.96  
Télex : 431 344 FONDASOL MTFAV

### FONDASOL ATLANTIQUE

79, avenue de la Morlière  
44700 NANTES - ORVAULT  
Tél. : (40) 76.12.12 et 63.53.00  
Télex : 710 567 FONDATL

### FONDASOL EST

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

Représentations au Moyen-Orient : ARABIE SEOUDITE  
QATAR - BAHRAIN

Missions en AFRIQUE DU NORD  
et en AFRIQUE OCCIDENTALE



**hollandsche aanneming maatschappij**



**société de dragage du nord**

centre d'affaires de paris-nord  
Immeuble le continental

**93153 le blanc mesnil cédex**  
téléphone (1) 867.61.32  
télex 212506 Sodrano

**DRAGAGES MARITIMES ET FLUVIAUX  
DÉFENSES DE BERGES**

**SOCIÉTÉ DE TRAVAUX  
BATIGNOLLES-SAVOIE**

**S.O.T.R.A.B.A.S**

31, AVENUE JEAN MOULIN  
73200 ALBERTVILLE  
TÉL. : (79) 32.06.41

**SOCIÉTÉ DU GROUPE  
SPIE-BATIGNOLLES**

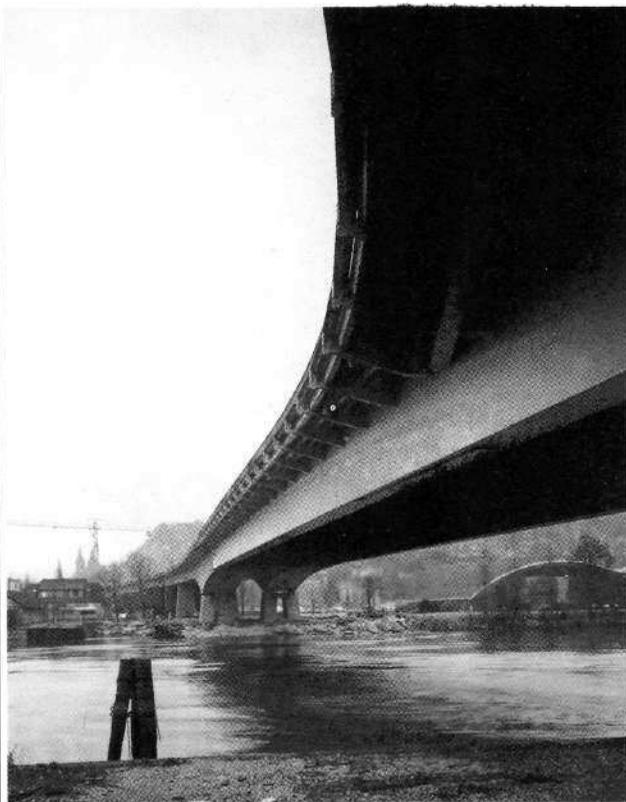
**SPÉCIALISTE  
EN TRAVAUX SOUTERRAINS  
ET OUVRAGES HYDRAULIQUES**

**QUILLE**

**BATIMENT**

**CONSTRUCTIONS  
INDUSTRIELLES**

**OUVRAGES D'ART**



*Photo: J. Quillet et Fils - Rouen.*

**Pont Mathilde sur la Seine à Rouen**

**ROUEN: 98, AV. de Bretagne - B.P. 1048/76015 - Tél: (35) 62.81.18**

**CAEN: 42, rue du Clos Herbert - 14 000 - Tél: (31) 94.52.80**

1980

# ANNUAIRE DES PONTS ET CHAUSSÉES

INGÉNIEURS DU CORPS - INGÉNIEURS CIVILS

Téléphone : 260.25.33

Téléphone : 260.34.13

**ÉCOLE NATIONALE DES PONTS ET CHAUSSÉES**

28, RUE DES SAINTS-PÈRES - PARIS 7<sup>e</sup>

Les Ingénieurs des Ponts et Chaussées jouent, par vocation, un rôle éminent dans l'ensemble des Services du Ministère de l'Équipement.

Ils assument également des fonctions importantes dans les autres Administrations, et dans les organismes du Secteur Public, Parapublic et du Secteur Privé, pour tout ce qui touche à l'Équipement du Territoire.

En outre, dans tous les domaines des Travaux Publics (Entreprises, Bureaux d'Études et d'Ingénieurs Conseils, de Contrôle) les Ingénieurs Civils de l'École Nationale des Ponts et Chaussées occupent des postes de grande responsabilité.

C'est dire que l'annuaire qu'éditent conjointement les deux Associations représente un outil de travail indispensable.

Vous pouvez vous procurer l'édition 1980 qui vient de sortir, en utilisant l'imprimé ci-contre.

Nous nous attacherons à vous donner immédiatement satisfaction.



## **BON DE COMMANDE**

à adresser à  
**OFERSOP — 8, bd Montmartre, 75009 PARIS**

### **CONDITIONS DE VENTE**

Prix ..... 200,00 F

T.V.A. 17,60 ..... 35,20 F

Frais d'expédition en sus

- règlement ci-joint, réf. : .....
- règlement dès réception facture.

Veillez m'expédier ..... annuaire(s) des Ingénieurs des Ponts et Chaussées dans les meilleurs délais, avec le mode d'expédition suivant :

- expédition sur Paris
- expédition dans les Départements
- expédition en Urgent
- par Avion

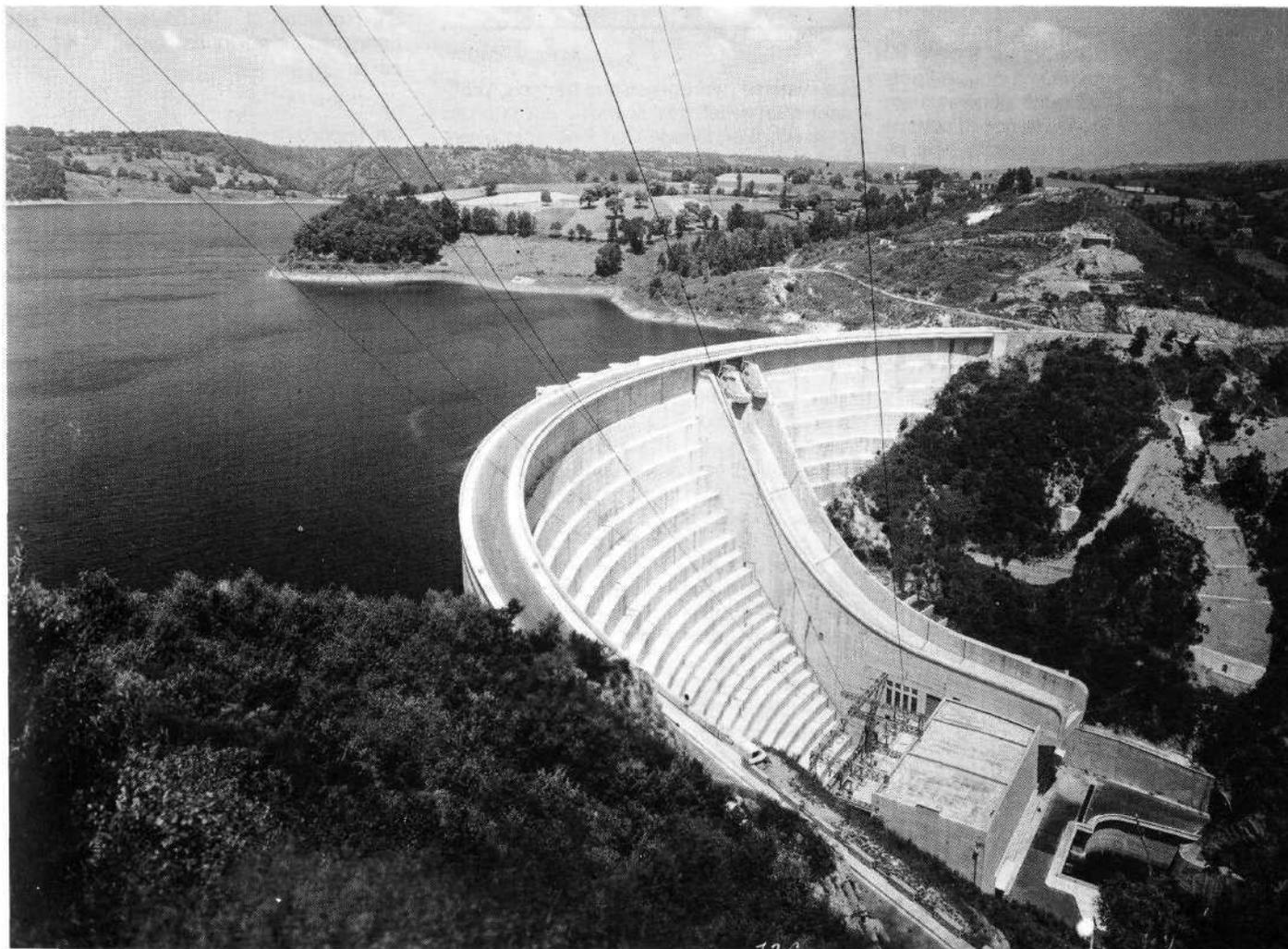
L'histoire est un perpétuel recommencement a-t-on coutume de dire ! Il n'en est malheureusement pas ainsi dans tous les domaines et surtout pas dans celui de l'énergie. Lorsqu'une source de cette si précieuse énergie est en grande partie exploitée, avant d'attendre une extension miraculeuse il faut faire la part du rêve et de la réalité.

La Durance et la Dordogne pour magnifiques qu'elles soient n'ont pas les caractéristiques énergétiques du Zambèze ou de l'Amazone et la géographie de notre pays est telle qu'il reste peu de sites à aménager.

En France comme dans le plupart des pays européens, on assiste actuellement à l'épuisement du gisement hydroélectrique gravitaire classique. Au sortir de la guerre, l'économie nationale renaissante réclamait une énergie que ne pouvaient lui fournir les mines et les centrales détruites. Il fallait donc investir massivement pour exploiter les ressources disponibles sur le territoire : hydraulique et charbon. Cette eau qui coule en grande quantité et qui chute sur de grandes dénivellations de nos montagnes était une des chances que les Pouvoirs Publics de l'époque allaient saisir. On allait donc lancer un programme d'investissement sans précédent. Grâce à cet effort

soutenu, l'énergie hydraulique va tenir une place prépondérante dans la production nationale d'électricité jusque vers les années 1961-1963.

Après cette époque, sa part diminue en valeur relative. En effet, ce sont les centrales thermiques puis les premières centrales nucléaires qui vont alors répondre à l'accroissement de la consommation. Son rôle n'en demeure pas moins capital : suivant l'hydraulicité et les autres paramètres de la gestion du parc de production, sa part va varier entre 25 et 38 % dans la période 1964-1979.



# Bilan récent et perspectives du programme hydraulique d'E.D.F.

*Michel HUG*  
*Directeur de l'Équipement E.D.F.*

## Les résultats d'un effort d'investissement soutenu : un parc diversifié

Le parc actuel de production hydraulique du pays comporte quelques 500 usines. La diversité des aménagements hydro-électriques est à l'image de celle du relief où ils s'inscrivent et qui collecte l'énergie qu'ils mobilisent.

Ainsi, les réservoirs de lac, ou réservoirs saisonniers, sont d'une capacité suffisante pour emmagasiner les apports d'une saison, voire d'une année, et les transférer sur la suivante. Leur temps de remplissage, calculé à partir du débit annuel moyen du cours d'eau, est supérieur à quatre cents heures. Ces réserves sont généralement constituées par de grands barrages comme Tignes sur l'Isère d'une capacité utile de 224 millions de m<sup>3</sup> ; Bort-les-Orgues sur la Dordogne, d'une capacité utile de 407 millions de m<sup>3</sup>, et le plus important de tous Serre-Ponçon, ouvrage de tête de la nouvelle Durance d'une capacité utile de 1 030 millions de m<sup>3</sup>. Citons enfin Sainte Croix qui aurait pu ravir le titre à Serre-Ponçon et qui s'est contenté d'une seconde place avec une retenue de plus de 760 millions de m<sup>3</sup>.

Les réservoirs d'écluse, qui se trouvent principalement sur le cours des fleuves dans les régions de plaine ou de relief adouci constituent des réserves suffisantes pour permettre aux usines de reporter leur production en fonction des heures de pointe.

Quant aux usines au fil de l'eau, elles sont caractérisées par l'absence de "réserve de tête", leur capacité de production dépend donc uniquement et à chaque instant du débit du cours d'eau, encore qu'on sache aujourd'hui les coordonner pour améliorer leur performance à un instant donné.

À la fin 1979 le parc de production est composé comme suit :

	Puissance nominale	Production 1979
Fil de l'eau	7,6 MW	40 TWh
Ecluse	3,9 MW	13,4 TWh
Lac	6 MW	11,9 TWh
Pompage	1,6 MW	0,9 TWh
<b>TOTAL</b>	<b>19,1 MW</b>	<b>66,2 TWh</b>

Ces chiffres comprennent naturellement les productions hydrauliques de toutes origines. Dans ce bilan, les usines d'E.D.F. représentent les 3/4, les autres, principalement celles de la Compagnie Nationale du Rhône, assurant le complément.

La production hydraulique maximale a été réalisée en 1977 avec 76,1 milliards de kWh (TWh). En 1979, c'est 66,2 milliards de kWh sur une production totale de 230 TWh

que nous devons à l'hydraulique. Ce chiffre est imposant : il plaçait l'eau au premier rang des sources d'énergie électrique. Au cours de la même année la production nationale d'énergie a reposé essentiellement sur le charbon 33 % et l'hydraulique 31 %, le nucléaire pour sa part ne représentant encore que 18 %. D'où l'importance d'une bonne hydraulité, facteur déterminant pour l'équilibre financier du producteur d'électricité, l'eau accumulée par les barrages permet une réduction salubre de la consommation de fuel et de charbon dans les centrales thermiques.

## Mieux utiliser l'eau !

Le système hydrographique français, profitant d'un relief très diversifié est l'un des plus riches en Europe Occidentale, le potentiel sauvage théorique a été évalué à 270 TWh, ressource énorme si on la compare à la production nationale d'électricité qui s'est élevée à 230 TWh en 1979. En réalité si on s'en tient aux sites techniquement réalisables, on ne disposerait plus que de 100 TWh. Ce chiffre qui reste important se trouve encore diminué moins par des considérations économiques, que par des conditions extra-économiques telles l'urbanisation, l'environnement, l'importance des autres utilisations de l'eau pour l'agriculture, la salubrité et les loisirs. En fait ce potentiel se trouve plafonné à environ 70 milliards de kWh, chiffre voisin de ce qui existe actuellement.

L'espoir de saisir cette ressource renouvelable se heurte aux dures contraintes que rencontre tout projet sur le chemin de la réalisation. Cette réalité est d'autant plus regrettable, que l'exploitation de nos ressources nationales est devenue une nécessité vitale. Pour cette raison, il nous faut tirer le meilleur parti des possibilités restantes car elles sont synonymes d'économies de devises.

L'hydraulique continue donc par l'aménagement de nouvelles installations par le

suréquipement des installations existantes mais surtout par la construction d'installations de pompage.

## Fournir le courant au bon moment

Nous avons vu que la vocation énergétique de l'eau est presque totalement réalisée.

L'avenir est donc modeste pour les nouveaux équipements faisant appel à l'hydraulique classique (gravitaire). En revanche "le pompage" peut faciliter l'adaptation de la production aux fluctuations saisonnières ou hebdomadaires de la demande. Indépendamment de l'intérêt que présente cette possibilité de stockage d'énergie bon marché restituée sous forme d'énergie de valeur, les installations de pompage offrent d'autres avantages. En absorbant de l'énergie pendant les heures creuses, elles permettent à certaines usines hydrauliques de turbiner leurs eaux excédentaires au lieu de rejeter par déversement. Elles peuvent surtout absorber l'énergie produite la nuit par les centrales existantes, évitant ainsi la construction d'unités de production supplémentaires, d'exploitation plus onéreuse car ne fonctionnant que quelques centaines d'heures par an.

Un important programme de "pompage" est actuellement en cours de construction :

- l'aménagement de MONTEZIC dans le Département de l'Aveyron avec ses 920 MW de puissance représente la possibilité de pallier occasionnellement l'indisponibilité d'une grosse unité de production.
- l'aménagement de GRAND'MAISON dans les Alpes du Dauphiné associée à une installation gravitaire une puissante station de transfert d'énergie par pompage permettant des échanges journaliers, hebdomadaires et saisonniers. La puissance installée totale représentera 1800 MW.
- l'aménagement de SUPER BISSORTE dans les Alpes de Haute-Savoie situé sur la rive gauche de la vallée de l'Arc aura une puissance de 750 MW.

C'est donc plus de 3 000 MW qui seront mis en service avant la fin de l'année 1986. Ainsi se concrétise la nouvelle vocation de l'hydraulique, complément fonctionnel de l'énergie thermique pour faire face aux fluctuations de la demande.

## Que peut-on faire dans la période 1980-1985 ?

Grâce à une minutieuse mise à jour des sites hydrauliques et en particulier des sites de pompage, activement poursuivie au cours des dernières années, il a été possible de recenser les opérations hydrauliques réalisables durant la période 1980-1985.

Le recensement de ces opérations et l'établissement de leur programme font surgir diverses difficultés telles celles, entre autres, soulevées par le volume important des études et des reconnaissances sur le site nécessaires afin de rendre moins aléatoire l'évaluation définitive des coûts. Les incertitudes sur l'acceptabilité publique et les conditions accompagnant l'insertion des ouvrages tendent d'autre part à rendre quelque peu problématique la réalisation de certains projets.

PRINCIPAUX  
PROJETS HYDROELECTRIQUES  
DE GRAND EQUIPEMENT  
MARS 1980



Les puissances à installer sont réparties sur 3 types d'ouvrages répondant chacun à des conditions d'exploitation bien particulières. Tout d'abord, les ouvrages gravitaires pour lesquels l'établissement souhaite engager l'équivalent de 500 MW, ensuite les ouvrages mixtes, à la fois gravitaires et pompés saisonniers, alimentés conjointement par des apports naturels et des apports pompés et pour lesquels pourraient être engagés 300 MW. Et enfin, les ouvrages de pompage purs dont deux stations pourraient être entreprises, l'une sur la Dordogne, visant à atteindre une puissance installée de 1200 MW et l'autre en Bretagne, avec une puissance installée de 500 MW. Un supplément de puissance de l'ordre de

50 MW par an pourrait être garanti par la réalisation, dans cette période, d'un certain nombre de suréquipements.

Aux 3 000 MW en cours de réalisation depuis 1976, viendront ainsi s'ajouter les 2 700 MW programmés dans la période 1980-1985.

Si l'on peut se réjouir que le Brésil, jeune pays en développement, gêné par la crise pétrolière, puisse baser sur son potentiel hydraulique une sorte de reconversion en équipant ses grands fleuves d'aménagements exceptionnels (Itaipu 12 600 MW), on ne peut que constater que la France n'a point de ressources aussi étendues. Ces considérations montrent que chaque pays

doit élaborer sa réponse à la crise énergétique selon ses besoins et adapter ses moyens de production en fonction de ses possibilités.

Ainsi déjà très sollicité depuis 30 ans, l'équipement de nos cours d'eau se poursuit. La nécessité d'exploiter l'ensemble des ressources nationales conduira à utiliser tous les sites capables de fournir au réseau une énergie d'autant plus précieuse que le prix du pétrole ne cesse d'augmenter. Les eaux de ruissellement ne pourront jamais être captées dans leur totalité, le respect de la nature limitant bien des possibilités d'exploitation.

# Aménagements hydroélectriques dans les Alpes

## Tendances actuelles

Jean GAUTHERON, Directeur Adjoint  
à la Région d'Équipement Alpes-Lyon d'E.D.F.

### 1. Introduction

L'important effort poursuivi pour la réalisation du programme Nucléaire fixé à ÉLECTRICITÉ de FRANCE ne doit pas faire ignorer la reprise actuellement constatée dans les travaux et études relatifs aux Aménagements Hydroélectriques.

Globalement ceci apparaît sur le graphique ci-après qui montre l'évolution des dépenses d'investissement des vingt dernières années et en particulier la remontée amorcée en 1978 et dont le maximum n'est pas encore atteint.

Cette remontée est due, pour une large part, à l'importance des Aménagements en cours ou en projet en matière de pompage. Ceci explique que les deux articles suivants présentent :

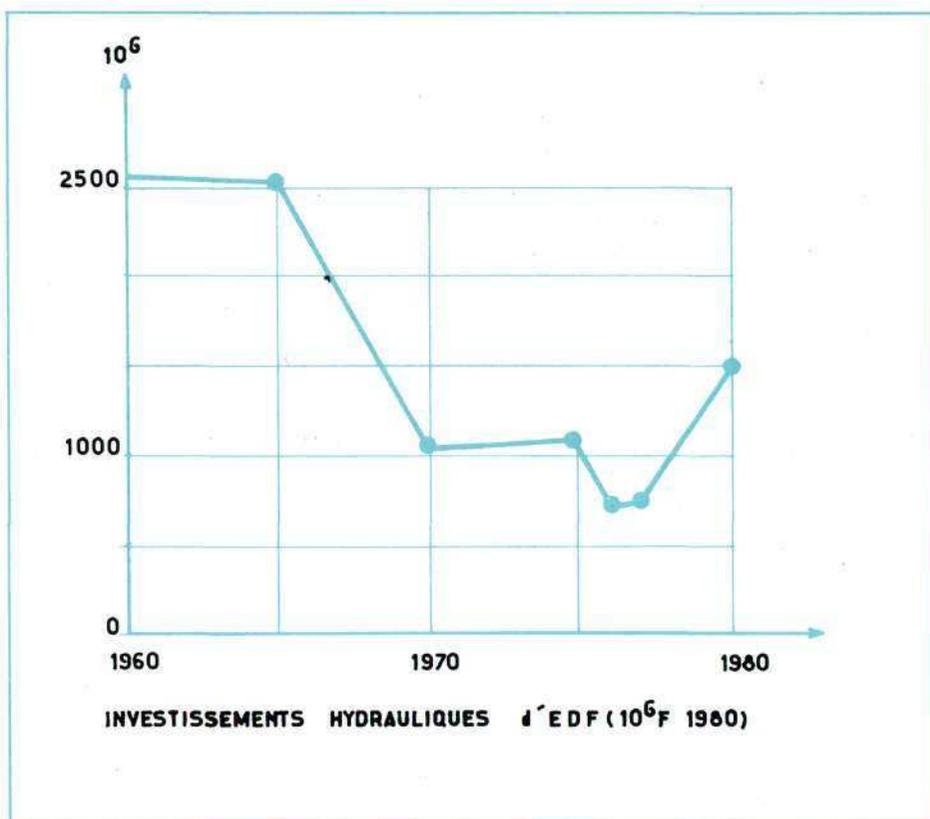
— l'un, celui de Gilbert MARIN, le barrage de GRAND'MAISON en cours de réalisation qui est la pièce maîtresse du plus important Aménagement hydroélectrique français sinon européen, et qui est une Station de transfert d'énergie par pompage (STEP) à caractère saisonnier.

— l'autre, celui de Daniel JEANPIERRE, le problème des STEP à caractère hebdomadaire, avec l'exemple de MONTEZIC dans le Massif Central, également en cours de réalisation.

Mais d'autres Aménagements que ceux de pompage sont actuellement réalisés ou projetés et dans ce qui suit certains facteurs ou certaines illustrations de cette reprise des Aménagements hydroélectriques sont présentés à partir d'exemples choisis dans les ALPES, mais dont la valeur est bien sûr plus générale.

### 2. Les facteurs d'évolution

La topographie, la géologie, l'hydrologie,



données essentielles pour ces Aménagements, n'ont évidemment pas changé, ce qui explique d'ailleurs que les sites étudiés actuellement soient souvent connus depuis des décennies.

Aucune révolution technologique n'a eu lieu dans l'exécution des travaux de génie civil, même si des progrès certains ont été réalisés.

Les éléments déterminants de l'évolution sont donc les données techniques et économiques liées à la production d'électricité :

— au plan technique, la mise au point des turbines-pompes réversibles multiétages susceptibles de fonctionner sous des hauteurs de chute et de refoulement pouvant dépasser mille mètres constitue un fait nouveau fondamental.

— au plan économique, l'accroissement du coût de l'énergie assure une meilleure compétitivité du kWh hydraulique.

— au plan à la fois économique et technique, les modifications structurelles du parc des centrales, en particulier la part rapidement croissante des centrales nucléaires avec leurs caractéristiques actuelles conduisent notamment :

- à une valeur relativement importante des kWh fournis pendant les heures pleines et plus particulièrement les 1 500 heures pleines d'hiver,
- à une valeur croissante, au moins à moyen terme, d'usines de fortes puissances avec des possibilités de prise en charge et de réglage très rapides.

Il convient toutefois de noter que d'autres facteurs plus qualitatifs ou plus difficile-

ment quantifiables interviennent également. La sensibilité aux problèmes d'environnement, et plus précisément à tout ce qui modifie les situations existantes, est ou peut être un frein pour l'établissement des projets hydroélectriques qui sont souvent d'importants consommateurs d'espace. En revanche, l'intérêt d'une diversification des sources d'énergie et la recherche d'une moindre dépendance "valorisent" l'énergie hydroélectrique.

### 3. Conception des projets d'aménagements

Pour examiner comment se traduisent dans les faits ou les études les données ci-dessus, il n'est pas utile de considérer l'ensemble des projets qu'E.D.F. peut avoir dans les Alpes. L'exemple qui sera examiné sera l'aménagement d'une partie du bassin de la ROMANCHE et d'une cinquantaine de km du cours de l'ISÈRE.

Sur le schéma ci-joint apparaissent les limites de la zone étudiée. Donnons-en quelques caractéristiques essentielles :

Au point A, l'ISÈRE bénéficie de la régularisation apportée notamment par les retenues déjà anciennes de la GIROTTE, TIGNES, ROSELEND. En ce même point conflue avec l'ISÈRE, l'Aménagement dit ARC-ISÈRE qui apporte les eaux de l'ARC régularisées par les retenues de BISSORTE, PLAN D'AVAL, PLAN D'AMONT et MONT-CENIS.

Au point B arrive le VENEON, très peu équipé, mais maintenant très enserré dans le Parc Naturel des ÉCRINS. Aussi, aucun projet hydroélectrique n'est actuellement programmé ou étudié sur ce torrent.

Au point C arrive le DRAC, déjà très équipé et régularisé par les retenues du SAUTET, SAINT-PIERRE COGNET, MONTEYNARD et SAINT-GEORGES de COMMIERS.

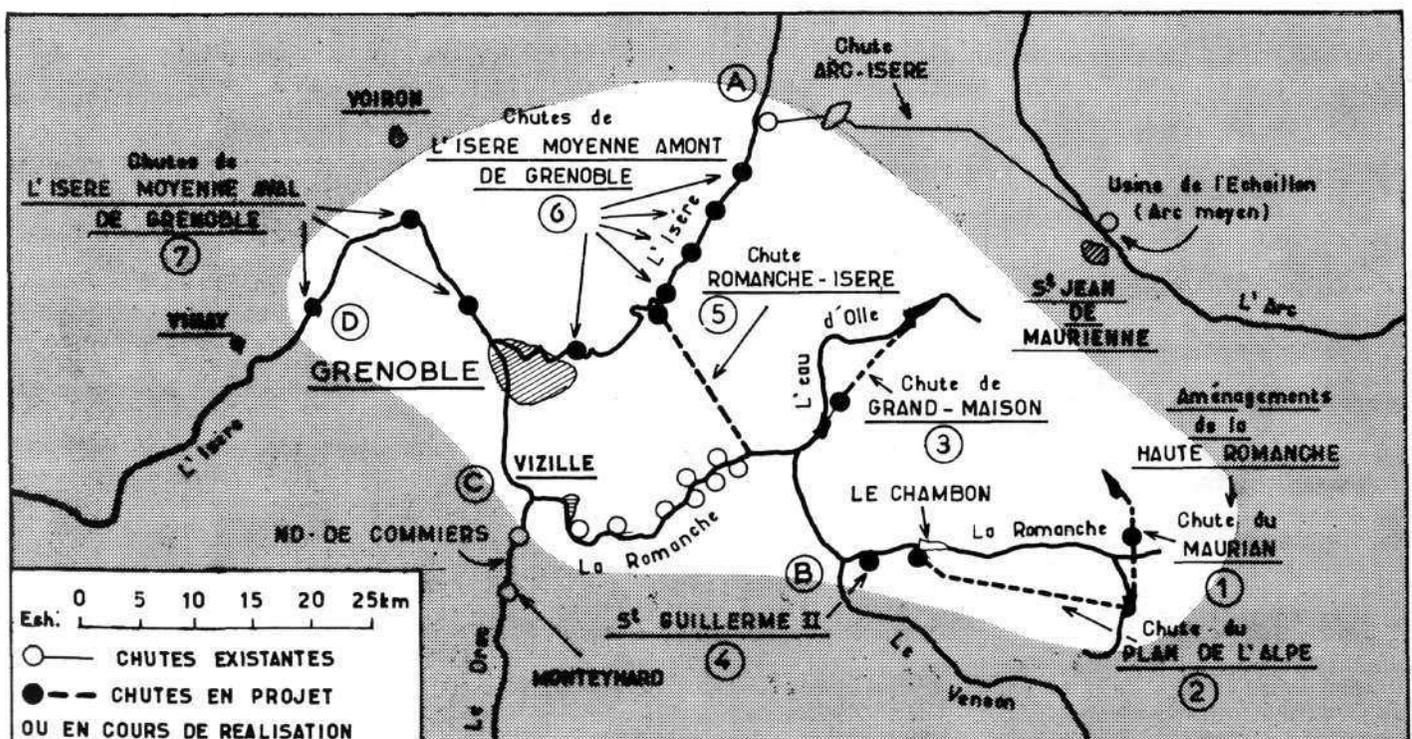
A l'aval du point D, l'ISÈRE, puis le RHÔNE sont équipés de façon continue jusqu'à la mer.

Dans le secteur ainsi délimité existe une seule retenue importante, environ 50 millions de m<sup>3</sup>, créée par le barrage du CHAMBON, datant des années 1930, et des usines nombreuses mais dont l'âge dépasse généralement 50 ans et dont l'équipement est souvent très faible.

Deux Aménagements en cours de réalisation et cinq en cours d'étude modifient ou sont susceptibles de modifier ces données.

Ce sont, d'amont en aval ou plus précisément, par cotes décroissantes :

- 1 — HAUTE-ROMANCHE : Chute de MAURIAN-PLAN de l'ALPE
- 2 — HAUTE-ROMANCHE : Chute PLAN de l'ALPE-CHAMBON
- 3 — EAU d'OLLE : Aménagement de GRAND'MAISON, en cours de réalisation (voir l'article suivant de Gilbert MARIN)
- 4 — Chute de SAINT-GUILLELME II, en cours de réalisation par les soins du Groupe Régional de Production Hydraulique ALPES
- 5 — BASSE-ROMANCHE : Chute ROMANCHE ISÈRE



6 — ISÈRE MOYENNE Amont de GRENOBLE : plusieurs chutes en série

7 — ISÈRE MOYENNE Aval de GRENOBLE : 3 chutes en série.

— Les trois premiers de ces Aménagements voient la création de retenues nouvelles en altitude dont l'eau sera turbinée en hiver et dont le remplissage sera assuré en été tout ou partie par pompage, à partir de retenues situées plus bas, tel que défini dans le tableau ci-dessous.

— une puissance nouvelle installée totale de l'ordre de 3 500 MW

— environ 2 100 GWh nouveaux dont 1 300 GWh pendant les heures pleines d'hiver

pour un investissement total de l'ordre de 6 milliards de francs 1980.

#### 4. Programmation des projets d'aménagements

A partir de l'exemple qui est examiné dans le

posent cependant des problèmes de place ne peuvent pas ne pas être prises en compte. Les Aménagements en cours de GRAND'MAISON et de SAINT-GUILLERME amènent dans le secteur de BOURG d'OISANS plus d'un millier de travailleurs nouveaux, avec les problèmes divers : logements, écoles... que cela peut poser. Il ne serait pas souhaitable qu'un engagement trop hâtif des Aménagements de la BASSE-ROMANCHE ou de la HAUTE-ROMANCHE vienne aggraver ces problèmes. A l'inverse, un enchaînement judicieux des engagements permettant en particulier l'utilisation des équipements construits ne peut qu'être favorable.

Retenues nouvelles	Capacité (hm <sup>3</sup> )	Altitude (max.)	Rempli par pompage à partir de	Hauteur de refolement du pompage (m)
MAURIAN	130	2 550	PLAN de L'ALPE	560
PLAN de l'ALPE	70	2 060	CHAMBON	1 040
GRAND'MAISON	132	1 695	VERNEY	955

Les deux rôles essentiels de ces Aménagements sont la création de kWh nouveaux, tous en hiver, et le report d'énergie d'été sur l'hiver.

— Les deux aménagements suivants, SAINT-GUILLERME II et ROMANCHE ISÈRE, sont conçus de façon à ce que l'eau stockée dans les retenues ci-dessus et dans celle du CHAMBON soit utilisée au mieux pendant les 1 500 heures les plus chargées de l'hiver, ce que ne permettraient pas les usines anciennes qu'ils courtcircuient et dont certaines auraient dû en tout état de cause être reconstruites tout ou partie du fait de leur âge.

Leur intérêt essentiel est donc moins la fabrication d'énergie nouvelle, ce qu'ils font cependant, que le meilleur placement dans la journée des kWh qu'ils produisent.

— Les deux derniers, implantés sur des tronçons de l'ISÈRE, à l'amont et à l'aval de GRENOBLE, non encore équipés apporteront donc des kWh nouveaux, presque au fil de l'eau, mais un fil de l'eau déjà très régularisé et très bien placé par rapport à la demande du fait des réservoirs et des chutes situés à l'amont.

Si ces sept Aménagements sont effectivement réalisés, ils apporteront :

paragraphe ci-dessus, citons quelques-uns des critères ou des facteurs qui interviennent ou peuvent intervenir dans la programmation de ces Aménagements :

— le coefficient de valeur économique de chacun des Aménagements est un facteur de classement : il convient toutefois de rappeler que ce critère est susceptible de varier dans le temps avec le prix de l'énergie et la valeur, également variable dans le temps, que l'on accorde à la puissance disponible à un instant donné ; par ailleurs, dans le cas examiné ici d'un aménagement de bassin, toute chute intervient sur celles situées à l'aval et le coefficient de valeur d'un Aménagement dépend donc de l'ordre de sa réalisation.

— les durées des études préliminaires, des travaux de reconnaissance et de concertation (au sens large, c'est-à-dire incluant des opérations administratives) sont variables et spécifiques à chaque Aménagement. Disons, par exemple, que les études d'un barrage (ouvrage posant des problèmes de sûreté) en altitude (travaux de reconnaissance saisonniers) peuvent demander beaucoup plus de temps que celles d'une chute en dérivation en basse vallée.

— les conséquences socio-économiques d'Aménagements importants dans des vallées relativement peu peuplées mais où se

certains travaux peuvent donner à nos Aménagements le caractère d'opération à buts multiples : dans le cadre de l'Aménagement de l'ISÈRE MOYENNE aval de GRENOBLE, la consolidation ou le rehaussement des digues de l'Isère, l'utilisation des barrages-usines comme ponts routiers, la stabilisation du lit de l'Isère sont des opérations souhaitées ou programmées par ailleurs.

Les critères ou facteurs cités ci-dessus ont, pour une part, un caractère local, et il est bien évident que la programmation d'Aménagements de cette importance au niveau de la puissance et du coût doit, aussi et d'abord, tenir compte, d'une part, des besoins énergétiques au plan national et, d'autre part, des problèmes généraux de financement.



Photo Bertrand.

Fig. n° 1 - Le site du barrage de Grand'Maison depuis l'aval.

# Le barrage de Grand'Maison

*Gilbert MARIN, Chef de Service  
à la Région d'Équipement Alpes-Lyon d'E.D.F.*

## 1 - L'Aménagement de Grand'Maison -

### 11 - Genèse du projet

La cuvette glaciaire de Grand'Maison a, dès les années 1950-60, attiré l'attention des projeteurs d'E.D.F. à la recherche d'accumulations saisonnières d'altitude, dont le grand intérêt énergétique n'a fait, depuis, que s'affirmer davantage. Si le rendement "géométrique" de cette cuvette, rendement que l'on peut caractériser par le ratio :  $\frac{\text{volume d'eau accumulé}}{\text{volume du barrage}}$  n'est pas des meilleurs, la topographie du massif ouvre, par contre, d'intéressantes possibilités pour des aménagements de haute chute et ceci dans un contexte géologique globalement favorable.

Les premiers projets étaient basés, comme il était alors de coutume, sur l'utilisation gravitaire des eaux qui devaient transiter à Grand'Maison dans une retenue de 205 hm<sup>3</sup> et chuter, sur 1 400 m de hauteur, directement vers l'Isère à l'amont de Grenoble. Les apports naturels de l'Eau d'Olle étaient complétés par un ambitieux réseau d'adductions souterraines collectant de nombreux torrents des Sept Laux, des Grandes Rousses et de l'Oisans. Ce schéma allait cependant se trouver large-

ment remodelé au fur et à mesure de l'avancement des reconnaissances sur le site et de l'évolution des critères économiques, marquée notamment par la valeur croissante attachée à l'énergie que les aménagements "de lac" fournissent avec une grande souplesse pendant les heures de pleine charge et de pointe.

Il était d'abord décidé de remplacer la chute unique par deux équipements en série : une chute amont de 930 m de hauteur - c'est l'Aménagement proprement dit de Grand'Maison - court-circuitant la boucle de l'Eau d'Olle (\*) avec usine dans la plaine d'Allemont, et le réaménagement de la Basse Romanche qui s'oriente aujourd'hui vers une dérivation Romanche-Isère ouvrant une chute de 470 m, au prix d'une nouvelle traversée (après Isère-Arc et Arc-Isère), sur 13 km, de la chaîne de Belle-donne. On aboutissait ensuite progressivement à une réduction de la capacité du réservoir, ramenée à 140 hm<sup>3</sup> avec une implantation du barrage sur le verrou naturel de la cuvette (fig. 1) à 500 m à l'amont du premier site reconnu, à la suppression du réseau d'adductions dérivant à grand prix un volume surabondant d'eau d'été et à un suréquipement massif de l'installation en pompage dans les conditions technico-économiques développées par l'article précédent de J. GAUTHERON.

Le schéma hydraulique (fig. 2), semblable à celui d'une S.T.E.P. pure, comporte alors simplement un bassin supérieur qui se

trouve de plus constituer ici une intéressante réserve saisonnière, un bassin inférieur de 14 hm<sup>3</sup> de capacité dans la plaine d'Allemont (bassin du Verney) et, entre les deux, un circuit en charge dimensionné pour un débit maximum de 215 m<sup>3</sup>/s et constitué d'une galerie d'amenée de 7 km forée en Ø 7,70 m et de 3 conduites forcées parallèles installées dans des puits inclinés de 1 500 m de longueur creusés en Ø 3,60 m.

L'usine souterraine de la station de pompage abrite 8 groupes reversibles non réglables de 150 MW chacun, assurant à la fois le complément de remplissage saisonnier du bassin de tête (les apports annuels de l'Eau d'Olle s'établissent à 105 hm<sup>3</sup>) et les cycles journaliers et hebdomadaires de transfert d'énergie. Elle est complétée par une usine de réglage construite au-dessus d'elle et comportant 4 groupes Pelton, également de 150 MW de puissance unitaire. La puissance installée dans les usines de l'Eau d'Olle atteint ainsi le chiffre, exceptionnel pour les équipements hydroélectriques français, de 1 800 MW. Un groupe complémentaire de restitution installé dans la digue du Verney complète l'équipement (11 MW).

(\*) Le cours de l'Eau d'Olle concerné a déjà reçu, au début du siècle, 2 équipements en cascade (Rivier d'Allemont et Verney).

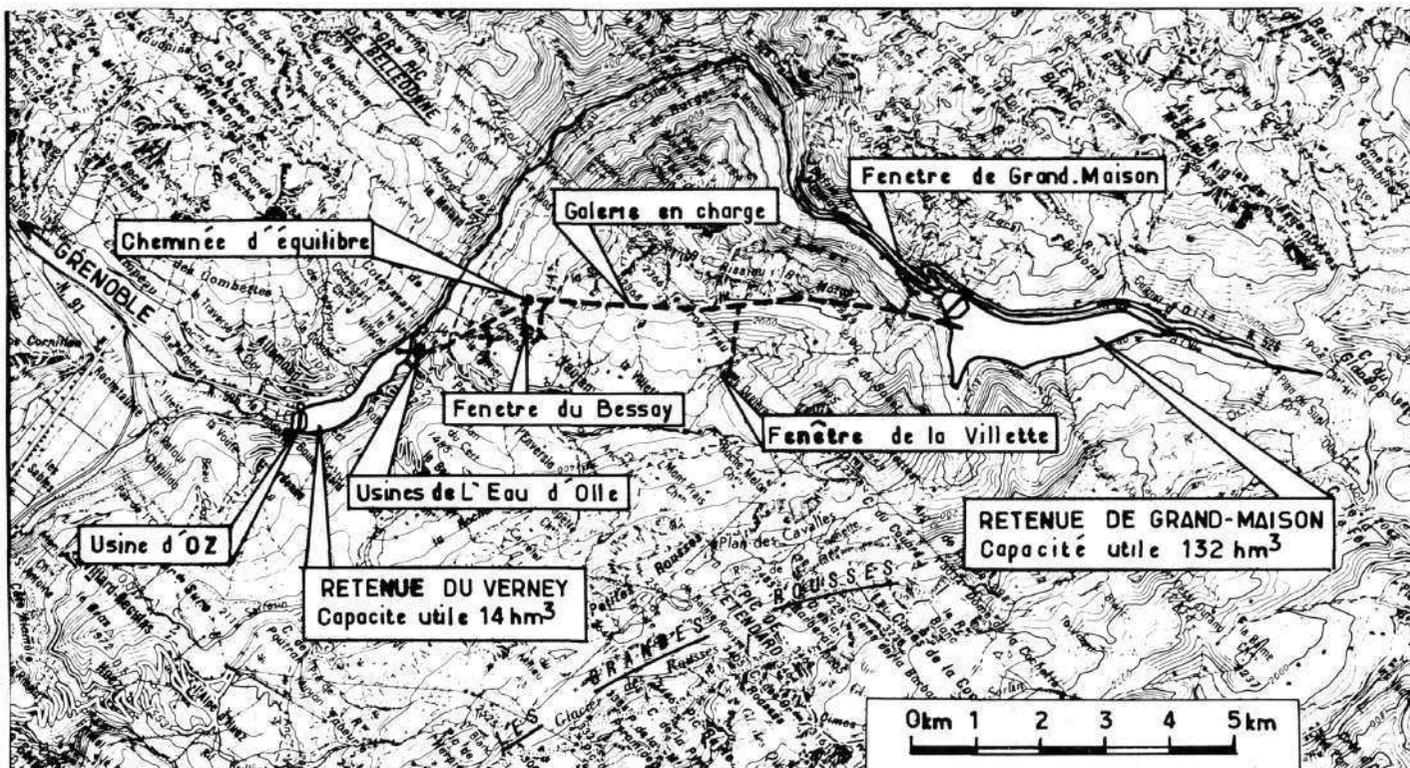


Fig. n° 2 - Aménagement de Grand'Maison.

## 12 - Contexte géographique -

La structure géologique de la région est simple. On se trouve, en effet, dans l'axe des Grandes-Alpes cristallines marquées ici par les deux massifs parallèles Nord-Sud de Belledonne et des Grandes Rousses, formés de roches dures et découpés et culminant au-dessus de 3 000 m. Ces massifs encadrent les formations liasiques du Col du Glandon et de Vaujany qui donnent des modelés plus mous. Prenant sa source à proximité du Col de la Croix de Fer, l'Eau d'Olle se développe d'abord dans le massif liasique au sein duquel elle a creusé la cuvette largement ouverte de Grand'Maison, pour s'enfoncer ensuite dans le cristallin en une gorge profonde, et retrouver la dépression liasique à Allemont où elle se jette dans la Romanche.

La chaîne de Belledonne, qui oppose la première barrière importante aux vents pluvieux d'Ouest, compte parmi les massifs les plus arrosés des Alpes. C'est ainsi que le débit moyen annuel de l'Eau d'Olle atteint  $3,34 \text{ m}^3/\text{s}$  à Grand'Maison et  $7,90 \text{ m}^3/\text{s}$  à Allemont pour des lames d'eau écoulées respectives de 1 925 mm et 1 520 mm. La crue du projet instantanée a été fixée à  $150 \text{ m}^3/\text{s}$  à Grand'Maison, la revanche ménagée au-dessus de la cote de retenue normale permettant de l'écrêter à  $50 \text{ m}^3/\text{s}$ . A Allemont, elle atteint  $385 \text{ m}^3/\text{s}$  et l'écrêtement de Grand'Maison la ramène à  $285 \text{ m}^3/\text{s}$ .

## 2 - Le barrage de Grand'Maison - Approche de la solution -

### 21 - Données géométriques

L'accumulation de  $140 \text{ hm}^3$  du réservoir de

tête de l'aménagement formera un lac de 215 ha à la cote de retenue normale 1695.

Le barrage, très logiquement implanté sur le verrou fermant la cuvette glaciaire de Grand'Maison, verrou de dessin classique avec des pentes latérales de 55-60 % pour la rive droite et 70-75 % pour la rive gauche, est, dans ces conditions, arasé à la cote 1 700, soit à 160 m au-dessus du bedrock. Au parti retenu : digue mixte rectiligne, correspondent un développement en crête de 550 m et un volume de remblais de  $13 \text{ hm}^3$ , comparable à celui des deux plus grands ouvrages de ce type construits à ce jour en France, Serre-Ponçon sur la Durance et le Mont-Cenis sur le bassin supérieur de l'Arc.

### 22 - Conditions de fondation

Le site est coupé en diagonale par le contact, pratiquement rectiligne sous l'emprise du barrage, entre le lias de la cuvette et le cristallin des Grandes-Rousses. Les diverses reconnaissances menées à cet effet et, plus récemment, le creusement au tunnelier de la dérivation provisoire de l'Eau d'Olle sous l'appui rive gauche, ont mis en valeur un contact exceptionnellement franc et serré (fig. 4).

Pour préciser la morphologie des appuis, on notera encore que si le rocher affleure pratiquement sous toute la rive gauche avec, seulement, un placage peu épais d'éboulis de gneiss, le cristallin de la rive droite se trouve, à l'aval d'un saillant liasique, recouvert par un épais manteau d'éboulis. Dans le fond de vallée, le bedrock qui, au droit du verrou, remonte environ à 20 m au-dessous de l'Eau d'Olle, est recouvert de part et d'autre du seuil par deux moraines profondes surmontées par des alluvions liasiques comportant, surtout à l'amont, quelques lentilles silteuses.

### 23 - Choix de la solution

Dans un premier temps, une étude économique a nettement donné la préférence à la solution digue en remblai relativement à une solution barrage voûte que la géométrie du verrou légitimait pleinement, mais qui aurait nécessité par ailleurs au moins une campagne supplémentaire de reconnaissances par galeries et la vérification théorique du comportement d'un tel ouvrage à cheval sur deux formations de caractéristiques géomécaniques différentes.

Les solutions à masque amont étaient écartées parce que de mise en œuvre délicate pour un ouvrage de cette hauteur, et en raison de l'importance des fouilles entraînées par la nécessaire implantation au rocher de la totalité du massif d'enrochements. Les études ont alors comparé deux digues zonées à noyau central d'étanchéité, une digue entièrement en terre et une digue mixte avec recharge amont en enrochements. C'est la deuxième solution qui a été retenue. Elle assure, à coût égal, une meilleure stabilité de la digue à la vidange rapide et permet d'asseoir sur le rocher, outre le noyau, l'essentiel de la recharge amont.

En 3<sup>e</sup> étape, le profil type a été quelque peu adapté en fonction de la nature effective des gites de matériaux et de leur situation imposant un important trafic croisé sur le corps de la digue, du fait que les terres de la recharge aval proviendront d'un gîte situé dans la retenue et qu'à l'inverse les enrochements de la recharge amont seront extraits d'une carrière ouverte à l'aval de la digue. En particulier, on acceptait d'introduire à l'amont du noyau un certain volume de terres caillouteuses, "éboulis propres", sans altérer la stabilité de la vidange, ni adoucir le talus de la recharge amont et l'on reportait en couverture de la recharge aval

+ 70°  
- 60°



# A CLIMATS EPROUVANTS MATERIELS EPROUVES



# export

Le développement  
çais à exporter de plu  
exporte vers la Sibérie,  
préalable vérifié le fonct  
du pays de destination.

Les grandes CH  
simuler le froid, le cha  
tous ceux qui veulent e  
la réalisation chez le cli



**DES CAMI  
OU DE**

VRAIE GRANDEUR  
CARACTERISTIQUES

Dimensions utiles

FROID  
CHAUD  
HUMIDITE  
VENT  
SOLEIL  
NEIGE

**aut**

du commerce international conduit les industriels Français en plus vers les pays au climat éprouvant. Quand on va au Golfe persique ou l'Amazonie, il est prudent d'avoir au préalable le conditionnement de son matériel dans les conditions climatiques

**CHAMBRES CLIMATIQUES DE L'ETBS** qui permettent de tester l'humidité et la température constituent un instrument précieux pour éviter des surprises désagréables et coûteuses au moment de l'exportation.

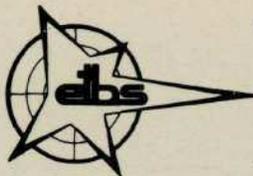
## QUE VOUS EXPORTIEZ VOS MACHINES POUR LE DESERT, LES VANNES D'OLEODUC POUR LA SIBERIE,

vous pouvez les soumettre en préalable aux conditions climatiques réelles qu'ils rencontreront. Les **INSTALLATIONS de SIMULATION CLIMATIQUE**

CHAMBRE CLIMATIQUE	SOUFFLERIE CLIMATIQUE
L = 18 m l = 6 m h = 5,5 m	L = 15 m l = 5,5 m h = 4,1 m
0 à - 60° C	0 à - 40° C
0 à + 70° C	0 à + 50° C
0 à 100 %	0 à 100 %
1 400 W/m <sup>2</sup>	0 à 140 km/h
	1 400 W/m <sup>2</sup>

# omobile

**Veillez adresser sans engagement, une documentation sur vos moyens d'essais à :**



\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



### ESSAIS AERODYNAMIQUES

Optimisation de Cx  
Amélioration du refroidissement moteur ou de la climatisation.

### ECONOMIES D'ENERGIE

Amélioration du rendement à faible puissance.  
Mesure au banc.  
P = 0 à 300 CV

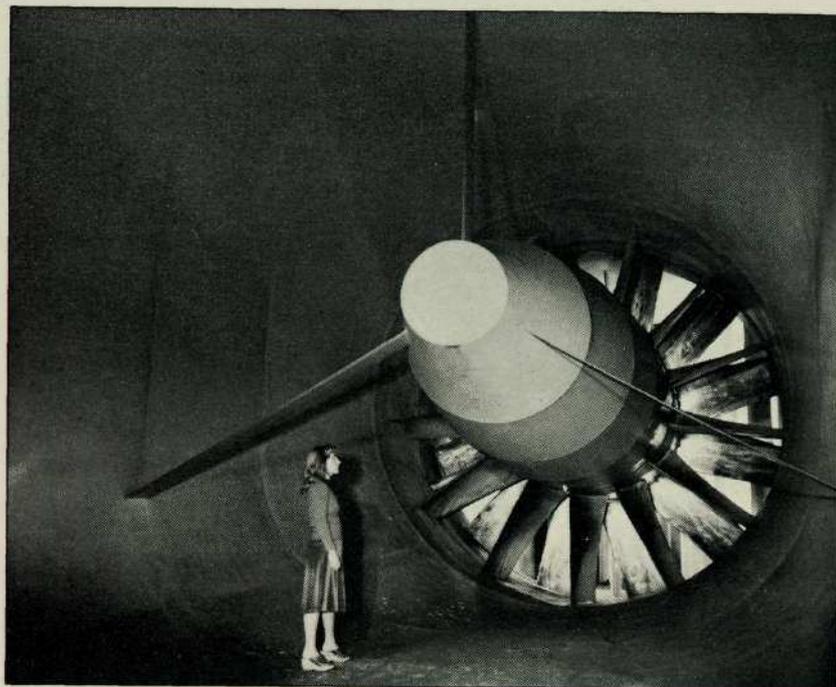
## QUELQUES REFERENCES ETBS :

- **AEROSPATIALE** hélicoptères
- **AEROSPATIALE** engins tactiques
- **CREUSOT-LOIRE**
- **ENTREPOSE**
- **GIAT**
- **JOHN DEERE**
- **PEUGEOT**
- **THOMSON CSF**
- **VALLOUREC**

---

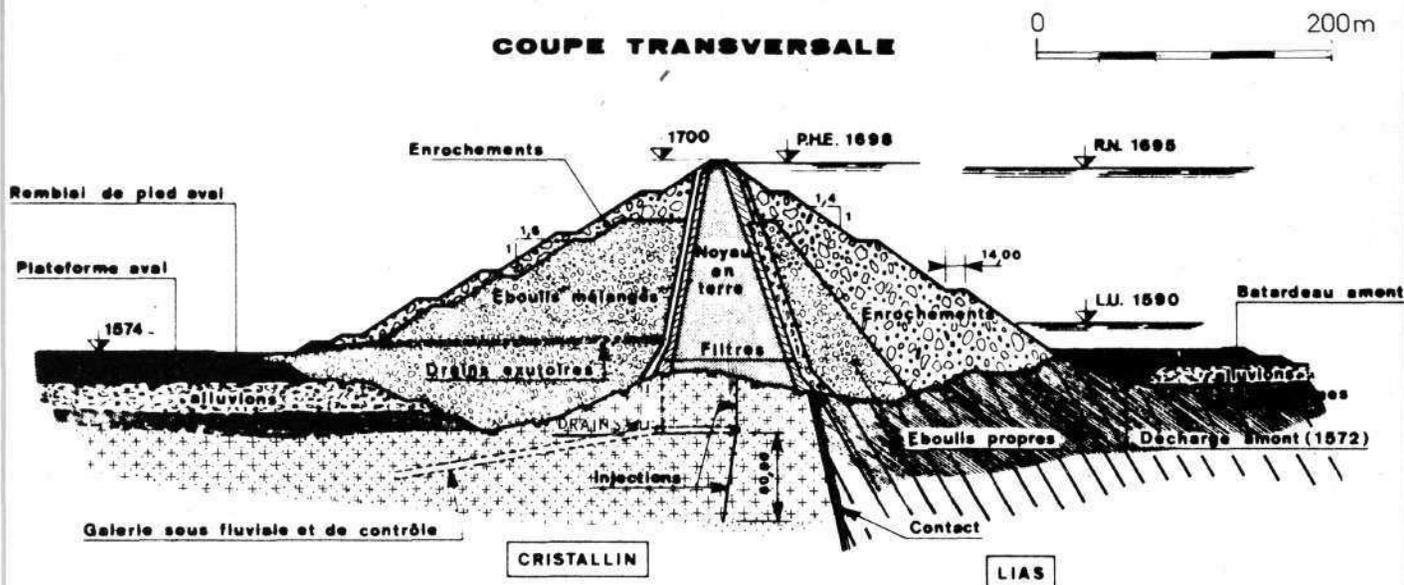
**ETABLISSEMENT TECHNIQUE  
DE BOURGES**  
Carrefour de Zéro-Nord - Route de Guerry  
Adresse Postale : BP - 712  
**18015 BOURGES Cedex FRANCE**  
Tél. ; (48) 50-52-75 - 20-23-82  
Télex ; 760955 ETBS Brqes

**etbs**



# BARRAGE DE GRAND-MAISON

## COUPE TRANSVERSALE



## COUPE LONGITUDINALE

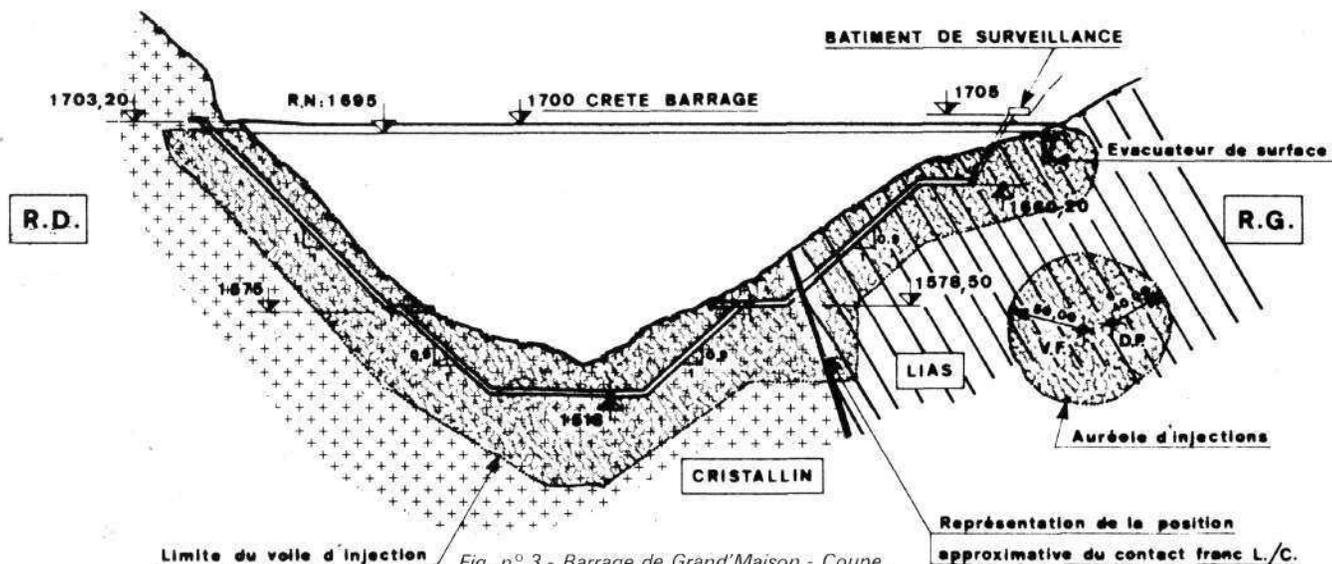


Fig. n° 3 - Barrage de Grand'Maison - Coupe.

un volume sensiblement équivalent d'enrochements. Afin de limiter le nombre de pistes de chantier à inscrire sur les versants raides de la vallée, une piste définitive de 14 m de largeur était dessinée sur les deux parements de la digue.

Le profil type de la fig. 13 matérialise le parti adopté. Aux pentes de talus entre risberme de 1/1,4 pour l'amont et 1/1,6 pour l'aval, correspondent des pentes moyennes respectives de 1,7 et 2,1. Le couronnement a une largeur de 10 m et l'emprise au sol de la digue atteint 600 m dans le sens amont-aval.

### 24 - Galerie de contrôle

Le profil en travers du verrou de la fig. 4 met en valeur la galerie périmétrale qui sera ouverte au rocher en  $\varnothing$  3,60 m, à 15 m environ au-dessous du noyau. C'est à partir de cette galerie que seront réalisés, pour l'essentiel, le voile d'injections prolongeant l'étanchéité dans la fondation et le drainage

des appuis. Tous les débits drainés par cet ouvrage et par des galeries complémentaires sont évacués gravitairement jusqu'à la gorge de l'Eau d'Olle par un exutoire sous-fluvial de 1 800 m de longueur.

Par la galerie périmétrale, qui constitue un organe privilégié de contrôle, les câblages des appareils d'auscultation et de surveillance sont ramenés à un bâtiment d'exploitation implanté au-dessus de l'appui rive gauche et relié en souterrain à tous les organes de sécurité de la digue.

## 3 - Constitution de la digue -

31 - **Le projet** d'une digue en remblai zoné, tel que nous venons de le définir schématiquement pour Grand'Maison, est l'aboutissement d'échanges continus entre les études et la reconnaissance progressive des appuis et des gîtes de matériaux (volume disponible, granulométrie, perméabilité, ...) disponibles à proximité de l'ouvrage et

autant que possible dans l'emprise même de la retenue.

32 - **Le noyau** (1,900 hm<sup>3</sup>) : C'est l'implantation du noyau, pour lequel on recherche notamment à éviter l'ouverture de fissures, qui conditionne celle de la digue. La morphologie du verrou conduit ici à une implantation rectiligne (coïncidant avec une abscisse Lambert). Par ailleurs, deux nez rocheux, un sur chaque rive, sont retailés pour adoucir le profil en travers.

La qualité et la géométrie transversale du noyau sont également déterminantes, de même que ses conditions d'appui sur un rocher sain ou traité en conséquence. La surface de la fondation sera ainsi préparée avec beaucoup de précautions : retaille des angles trop vifs, obturation au mortier des anfractuosités, nettoyage soigné, injections des fissures par un "traitement de peau" constitué par des forages courts injectés à faible pression. On prévoit la mise en place au contact du rocher d'une couche de 50 cm de terre exempte de cailloux.

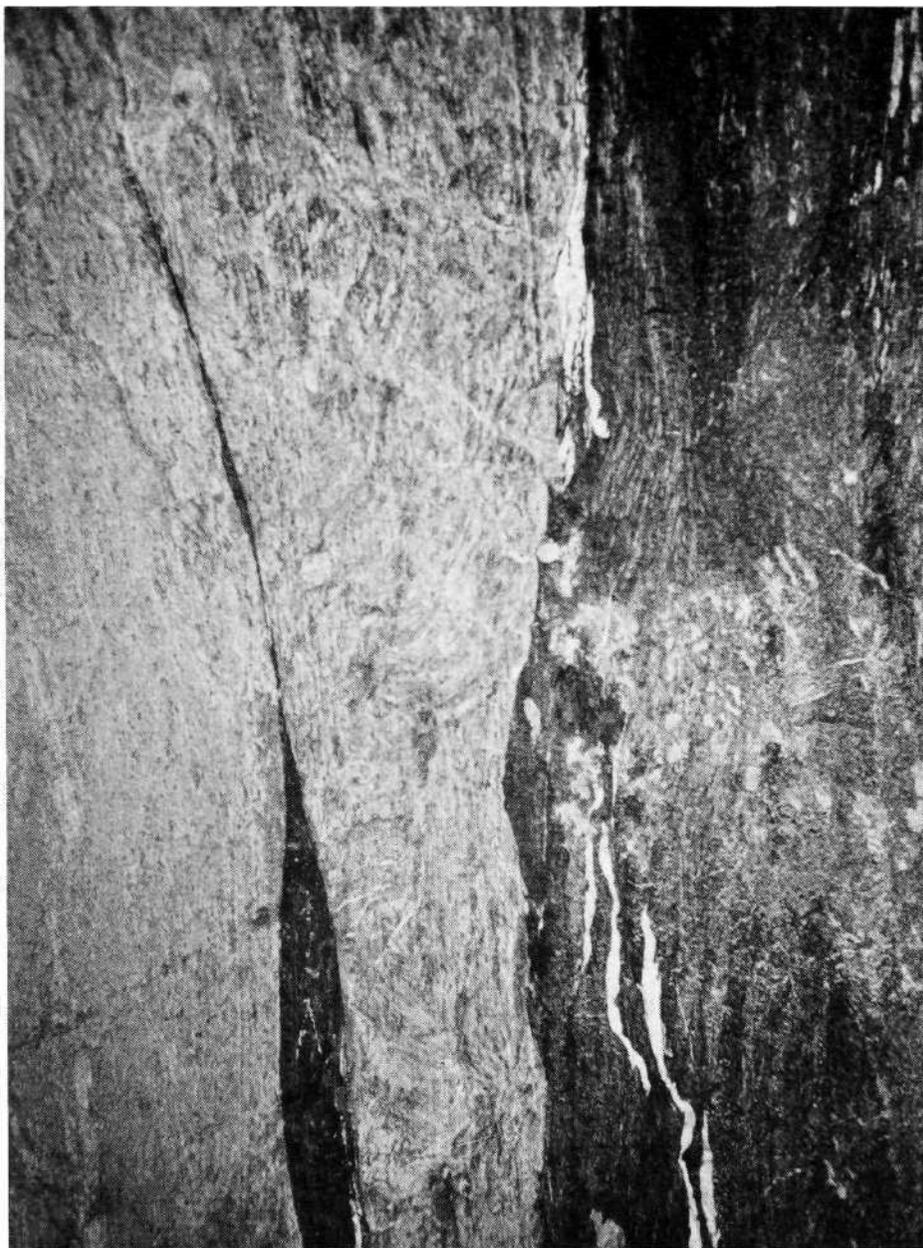


Fig. n° 4 - Contact Cristallin (en clair) Lias dans la galerie de dérivation provisoire.

Les reconnaissances du gîte de la Cochette situé en rive gauche, dans l'emprise de la cuvette, ont déterminé un volume disponible de 3 hm<sup>3</sup> et une granulométrie plus fine qu'on ne le pensait au début (26,2 % d'inférieurs à 0,1 mm). Les digues d'essai ont confirmé des perméabilités en œuvre comprises entre 10<sup>-7</sup> et 10<sup>-8</sup> m/s et permis de préciser les modalités de compactage, les meilleurs résultats étant imputables au rouleau vibrant lisse de 13,5 tonnes et à des épaisseurs de couche de l'ordre de 30 à 40 cm.

L'étude d'impact menée en vue de l'insertion - difficile - de cette grande carrière, dans l'environnement immédiat de la digue (\*), a conduit à adopter un profil final en anse de panier avec des fronts d'abattage unitaires de 20 m de hauteur. Un remblai de 25 m de hauteur construit en retrait du front défilera partiellement la carrière à un observateur débouchant de la vallée et permettra l'établissement en pied de l'exploitation d'un miroir d'eau rustique alimenté par les petits ruisseaux qui dévalent du versant

**33 - Les drains et filtres** (0,910 hm<sup>3</sup>) : Sur la face amont du noyau, est prévu un filtre fin dont la perméabilité se situe vers 10<sup>-4</sup>

m/s. Il est protégé par une transition constituée d'ébouillis "propres" identiques à ceux que l'on envisage de mettre en place en substitution partielle des enrochements de la recharge amont.

La collecte des fuites éventuelles au travers du noyau est assurée par un drain constitué de matériaux concassés d'une perméabilité de 10<sup>-2</sup> m/s, protégé par un filtre aval de k = 10<sup>-5</sup> m/s, interposé entre le noyau et le drain. Les débits collectés par le drain sont renvoyés à la galerie sous-fluviale par l'intermédiaire de forages verticaux. Pour récolter d'éventuels débits importants au sein de la recharge aval, est prévu un drain horizontal débouchant dans un cordon de gros enrochements placés en rive gauche, dans le chenal actuel de l'Eau d'Olle. Filtres et drains seront fournis par une station de concassage-criblage de 400 t/heure alimentée par la carrière d'enrochements.

**34 - Les terres de recharge** (5,700 hm<sup>3</sup>) : Toutes les terres de recharge proviennent du gîte s'étalant sur les pentes de la rive droite, au-dessous de la cote de retenue normale. Ce gîte, dont le volume est surabondant, comporte grossièrement 3 par-

ties : une partie éboulis à l'amont (k = 10<sup>-5</sup> à 10<sup>-6</sup> m/s) dont seront extraits les ébouillis "propres" de la recharge amont, une partie morainique à l'aval, plus imperméable, qui ne sera finalement pas utilisée, et une phase intermédiaire qui fournira des ébouillis "mélangés" de la recharge aval.

**35 - Les enrochements** (4,115 hm<sup>3</sup>) : Les prospections à l'amont du barrage ayant été stériles, les enrochements seront extraits d'une grande carrière à ouvrir à 500 m à l'aval de la digue, plus précisément dans les gneiss de l'appui rive gauche du barrage-voûte étudié en première étape. Le rocher est dur, abrasif et peu gélif. Les gros enrochements placés en protection de la recharge amont proviendront de la partie amont, plus massive, de la carrière.

**36 - Les fouilles** (1,250 hm<sup>3</sup>) (\*\*): la conduite des fouilles est naturellement liée aux conditions de fondation définies pour chaque zone du profil type de la digue. Ainsi, le noyau et les drains de transition qui l'encadrent sont fondés sur le rocher sain, préparé comme indiqué en 32.

La recharge amont s'appuie en rive gauche sur le lias affleurant, en rive droite sur un reliquat d'ébouillis et moraines butés sur le saillant amont, et, dans le fond de vallée, sur le rocher dégagé et très exceptionnellement sur la moraine compacte. Le batardeau amont, prolongé en fondation par une paroi moulée descendant dans les alluvions jusqu'au toit de la moraine, protège le chantier contre une crue de 55 m<sup>3</sup>/s d'occurrence vingtennale.

La recharge aval repose en rive gauche sur le cristallin, après dégagement du placage d'ébouillis, en rive droite sur l'ébouillis au delà du talus des fouilles et noyau et, dans le fond, sur le bed-rock dégagé environ sur la moitié de la largeur de recharge, puis sur les alluvions. Elle est contrebutée par la digue de pied construite avec les ébouillis des versants dégagés en phase préliminaire et constituant batardeau aval et plateforme d'installation.

#### 4 - Ouvrages de maîtrise des eaux -

Il convient de caractériser, au titre des ouvrages annexes de la digue, outre les galeries de drainage et les batardeaux évoqués plus haut, les 3 organes de maîtrise des eaux établis dans l'appui rive gauche.

— La galerie de dérivation provisoire creusée au tunnelier en Ø 3,60 m en 1978. Pendant la durée des travaux, les eaux dérivées sont rejetées dans la galerie d'amenée de l'usine existante du Rivier d'Allemont. En stade final, la dérivation provisoire recevra un fond explosible de sécurité.

— La galerie de vidange de fond équipée pour un débit maximal de 100 m<sup>3</sup>/s tracée parallèlement à la dérivation provisoire à

(\*) Barrage de Grand'Maison - Etude d'impact de la carrière d'enrochements - B. CHAMUSSY et G. MARIN - Revue de l'Industrie Minière - mars 1980.

(\*\*) 0,600 d'ébouillis, 0,600 de remplissage alluvial, 0,050 de dérochements sous le noyau.

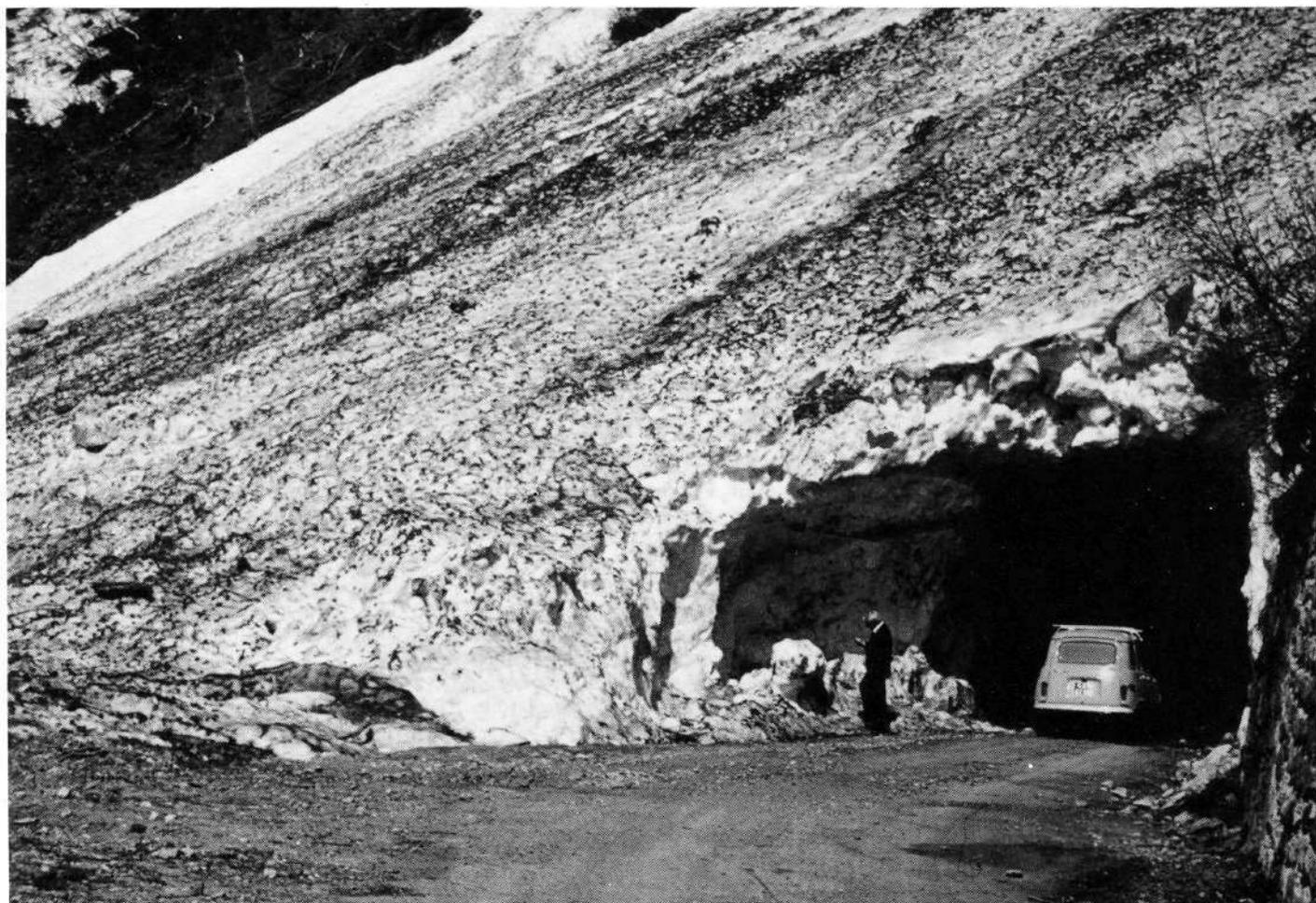


Fig. n° 5 - Accès à Grand'Maison - Traversée en tunnel de l'avalanche de Fontaine Blanche.

une distance de 20 m. La chambre de vannage placée au droit du plan d'étanchéité du barrage abrite une vanne plate de garde et une vanne segment de réglage. L'ouvrage de prise permettant un batar dage aux basses eaux est commun avec celui de la D.P. La chambre des vannes de vidange est reliée par accès souterrain aux vannes de tête de la galerie d'amenée en charge, à la galerie périmétrale et, par là, au bâtiment de commande.

— L'évacuateur de crues à seuil libre calé à la cote 1 695,20, et capable d'un débit de 50 m<sup>3</sup>/s pour une surélévation du plan d'eau de 3 m au-dessus de la cote de retenue normale.

## 5 - Lancement des travaux définitifs -

À l'issue de la phase des travaux préparatoires qui, outre l'achèvement des reconnaissances et des essais de matériaux, a notamment comporté le remodelage complet de l'itinéraire d'accès depuis la vallée

de la Romanche, la dérivation souterraine de l'Eau d'Olle, l'enlèvement des éboulis de pente et la mise en place des infrastructures de base, E.D.F. a confié, sur appel d'offres, la construction de la digue de Grand'Maison à un important Groupement d'entreprises françaises : Razel (pilote), S.G.E., G.T.M., Dumez, Bouygues, Chagnaud, Bec, Dragages, Chantiers Modernes, les travaux de sondage et injections étant réalisés par le Groupement Soletanche, Bachy, Intrafor. Le montant des travaux est voisin de 550 millions de francs H.T., en valeur 1979 (devis de l'Aménagement 2 300 millions de francs.

Ce sont les données géographiques, particulièrement contraignantes ici : altitude, exigüité du site, raideur du versant, enneigement..., qui conditionnent directement l'organisation du chantier. En particulier, les grosses avalanches coupant la route d'accès (fig. 5) limitent en moyenne entre le 15 mai et le 15 octobre, soit environ sur 120 jours ouvrables, la durée des campagnes de travail prévues : installations, achèvement des fouilles et début des injections en 1980, remblais en 81, 82, 83, 84, finitions en 1985. La première mise en eau partielle de la retenue est programmée pour

le printemps 1984, les essais des groupes des usines de l'Eau d'Olle devant débiter en août.

Il est apparu intéressant, pour amortir les conséquences sociales et économiques des ruptures saisonnières d'activité, de confier au même Groupement la construction de la digue du Verney qui, de par sa situation dans la basse vallée, peut jouer un rôle de chantier de repli hivernal. Dans ce même esprit, c'est au Verney que sera installé l'atelier d'entretien du gros matériel mis en œuvre sur les deux digues.

# Aménagement de Montezic

*D. JEANPIERRE, Directeur Adjoint  
de la Région d'Équipement Alpes-Marseille d'E.D.F.*

## 1°) - Introduction -

L'Aménagement de MONTEZIC est une station de transfert d'énergie par pompage (STEP) de type hebdomadaire.

La puissance totale souhaitable de ces stations de transfert d'énergie, est étroitement liée à la forme de la demande et à la structure du parc de production.

Les STEP sont actuellement le complément des usines thermiques de base à faible consommation spécifique. Dans un proche avenir, elles seront le complément naturel des centrales nucléaires. En effet, dans un réseau qui offre à certains moments ou à certaines époques des disponibilités d'énergie à coût marginal faible, une STEP qui permet l'utilisation de ces disponibilités peut être considérée comme un outil de production dont les investissements sont faibles au kW. installé (de l'ordre de 2 à 3 fois moins élevées que pour une centrale PWR), et qui ne consommerait que 40 % de combustible en plus que cette même centrale.

Leur intérêt n'est donc pas lié aux facilités de réglage que pourront ou non acquérir les centrales nucléaires, mais dépend de deux facteurs principaux qui doivent exister simultanément et qui définissent la part des stations de pompage dans le réseau :

- les disponibilités en énergie de pompage ;
- l'existence de sites susceptibles d'être aménagées économiquement.

Les disponibilités saisonnières en énergie de pompage (au cours de l'été) sont abondantes, mais les sites susceptibles de l'utiliser et qui nécessitent de grandes réserves amont, sont très peu nombreux (cf. GRAND'MAISON).

Les disponibilités en énergie hebdomadaire sont plus limitées. Les bons sites, sans être très abondants, sont toutefois moins rares. Leur bassin amont doit stocker essentiellement l'énergie disponible le week-end.

Les sites journaliers sont assez nombreux mais les disponibilités en énergie de pompage à faible coût, la nuit, sont encore faibles. Les STEP apportent au réseau qu'elles alimentent des avantages de souplesse qui, dans l'état actuel du matériel thermique, ont pu en justifier à peu près à eux seuls la construction. En FRANCE, toutefois, la part encore sensible de l'hydraulique de lac reporte à plus tard leur justification par ce seul avantage.

## 2°) - La maîtrise d'œuvre -

L'Aménagement de MONTEZIC se situe

dans le contexte précédent. C'est une station de transfert d'énergie par pompage de type hebdomadaire de 900 MW, commencée en 1978 et dont la mise en service des quatre groupes s'échelonne si tout va bien tout au long de 1982. Elle coûtera 650 MF environ, valeur janvier 1976.

Sa réalisation est conduite par la Région d'Équipement ALPES-MARSEILLE (R.E.A.M.) d'ELECTRICITE DE FRANCE qui l'a en charge au même titre que des opérations nucléaires comme TRICASTIN, CRUAS et GOLFECH, des opérations diesels en CORSE et OUTREMER, de opérations d'hydraulique classiques comme FERRIERES sur l'ARIEGE et le POUGET sur le TARN.

Fig. n°1.

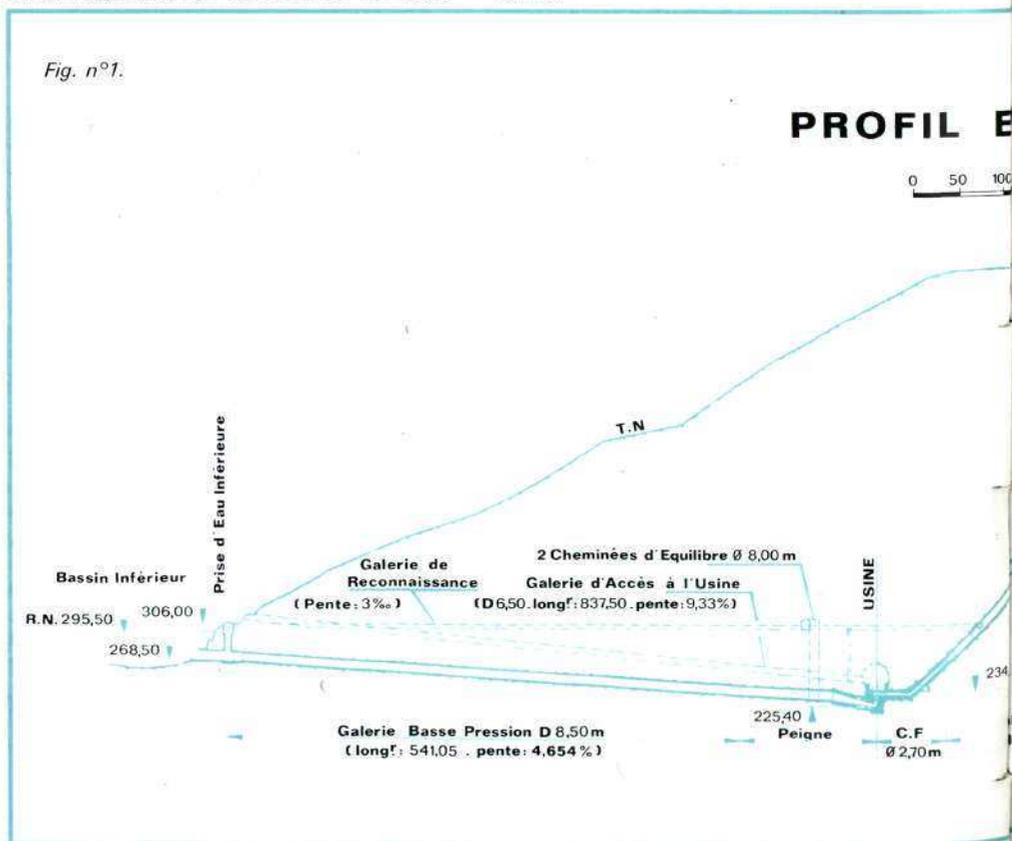
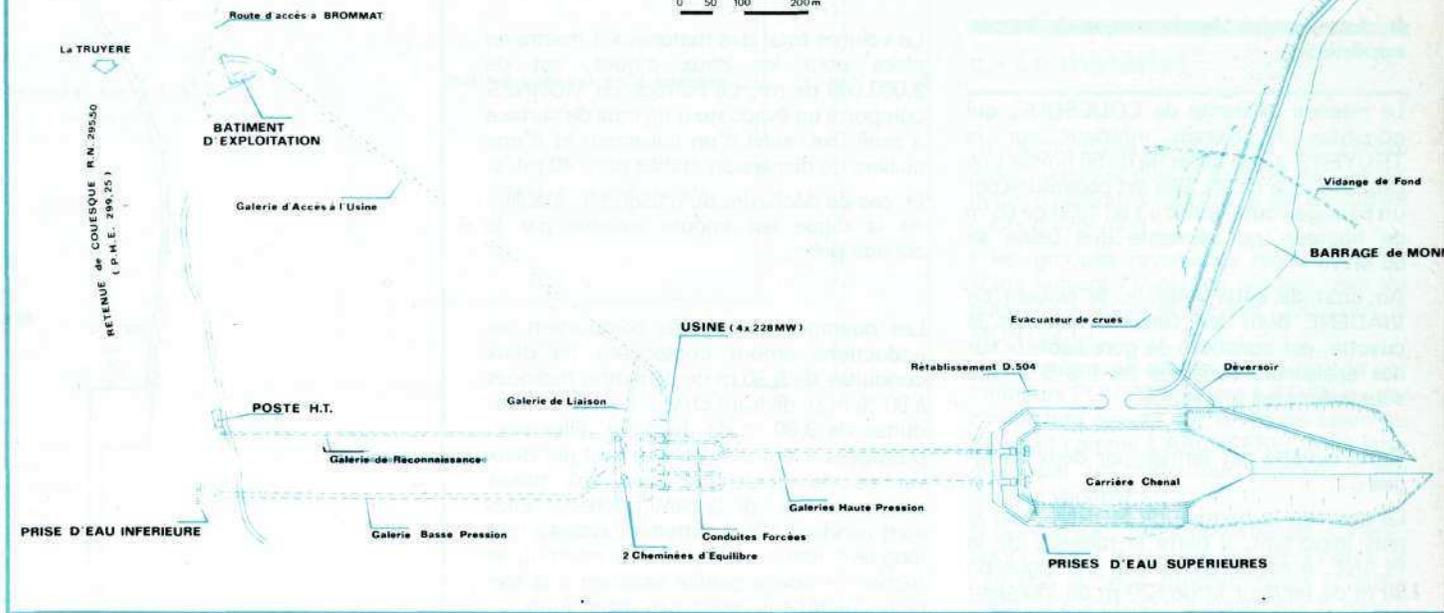


Fig. n° 2

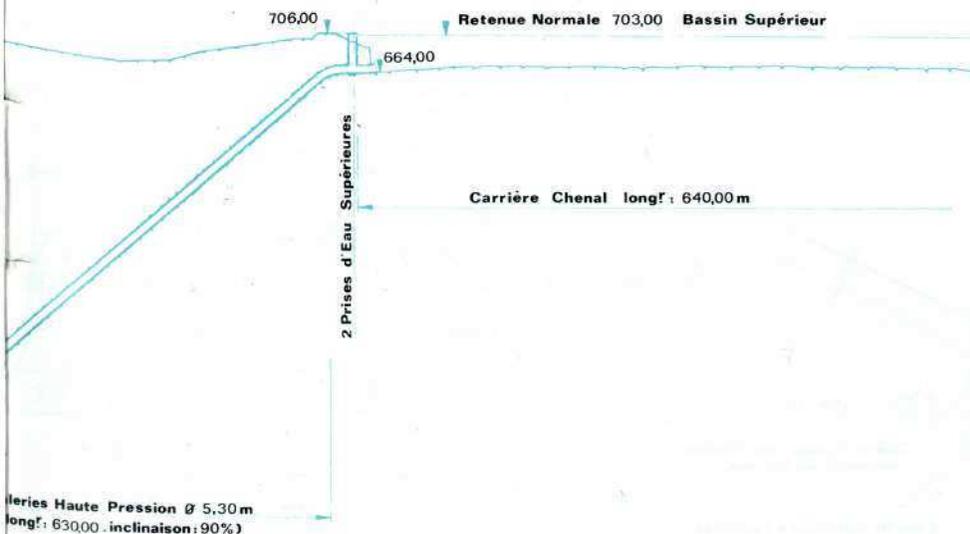
## PLAN GENERAL DE L'AMENAGEMENT

0 50 100 200m



## LONG

200 m



### 3°) - Description de l'aménagement -

#### a - Schéma général -

L'Aménagement de MONTEZIC se situe dans le ROUERGUE en rive gauche des gorges de LA TRUYERE en bordure de la retenue existante du barrage de COUESQUE. L'Aménagement comporte deux bassins, l'un supérieur sur le plateau, l'autre inférieur 400 m plus bas constitué par la retenue précédente. Horizontalement, ces deux bassins sont proches l'un de l'autre : 1.500 m environ les séparent.

Les ouvrages qui les relient pour assurer les transferts d'énergie sont à peu près entièrement en souterrain. L'usine notamment est équipée de quatre groupes réversibles fonctionnant en pompe dans un sens, en turbine dans l'autre.

L'aspect général de l'Aménagement est donné par les figures 1 et 2 :

En général, le report des heures creuses hebdomadaires et journalières sur les heures pleines des jours ouvrables, conduit aux caractéristiques ci-après :

- énergie disponible : 10 h à pleine puissance par jour ouvrable ;

- bassin supérieur : niveau 703/691 ;
- bassin inférieur : niveau 295,5/286,6 ;
- puissance en turbines : 880 MW.
- puissance en pompes : 856 MW.

### b - Les bassins, les barrages du bassin supérieur -

La retenue existante de COUESQUE, qui constitue le bassin inférieur sur la TRUYERE, a une capacité de 56 hm<sup>3</sup> et une capacité utile de 30. Elle est constituée par un barrage voûte construit en 1950 de 65 m de hauteur, qui alimente une usine de 65 MW.

Au droit de cette retenue, le plateau de VIADENE dont les versants forment la cuvette, est constitué de gres sableux sur des épaisseurs variables de 1 à 5 m. Le substratum est granitique.

Cette cuvette est fermée par deux barrages :

Le premier, le barrage de MONNES est le plus important. Il barre le ruisseau de la PLANE. Il est constitué par une digue de 55 m de hauteur et de 820 m de longueur développée.

Le second est le barrage de l'ETANG, dont la hauteur est voisine de 30 m et la longueur développée de 680 m.

L'ensemble de la cuvette submerge une superficie de 260 ha composés de prairies, de cultures et de forêts.

Les barrages de MONNES et de l'ETANG sont construits selon les mêmes techniques. Ce sont des digues en terre et enrochements dont les matériaux constitutifs

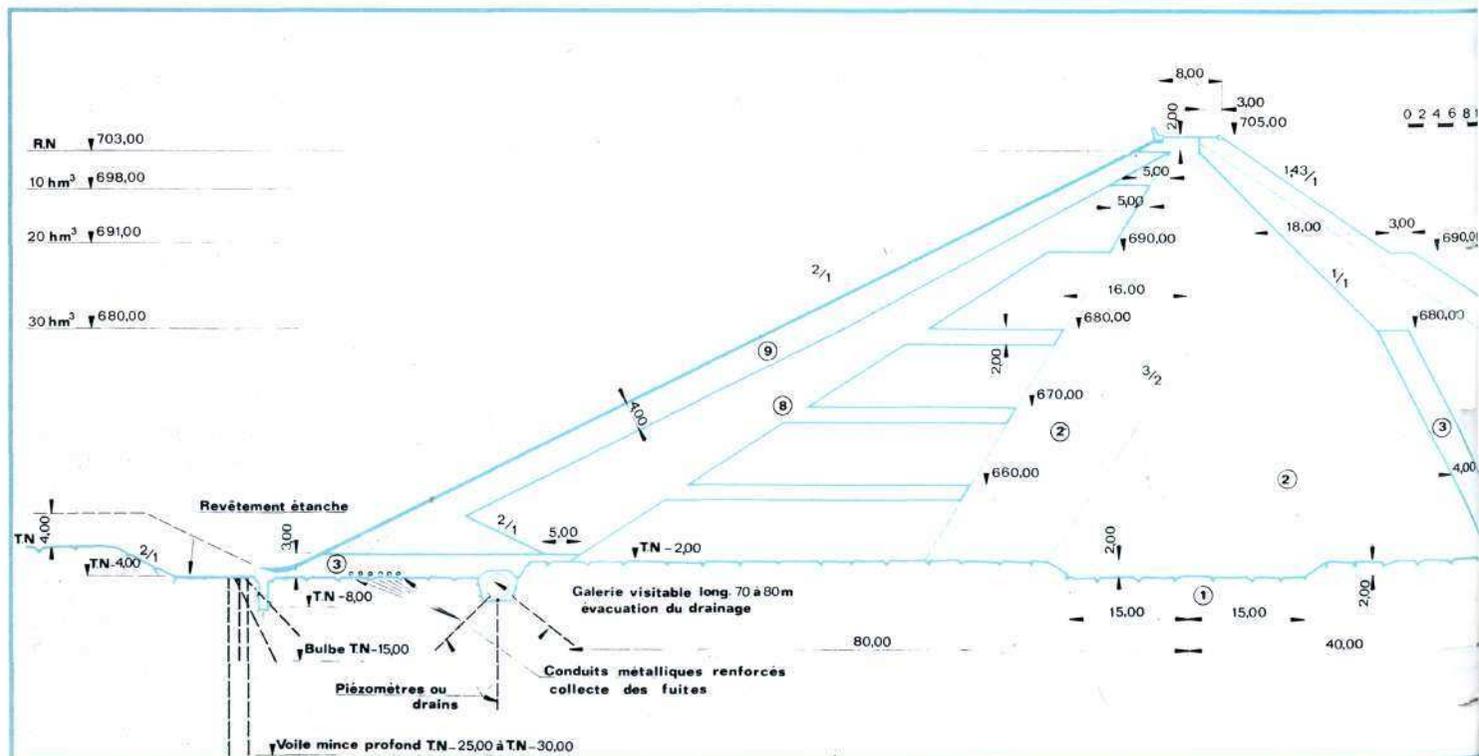
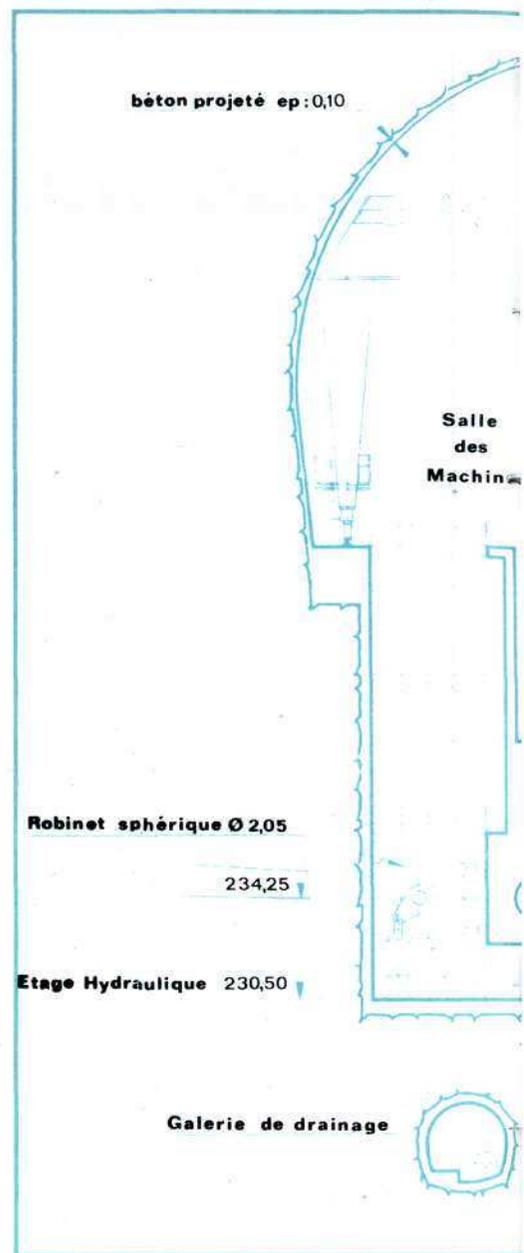
sont disposés conformément à la figure 3 pour utiliser au mieux les matériaux disponibles. L'étanchéité est réalisée par un masque amont en béton de braivinyle relié à la fondation par des injections.

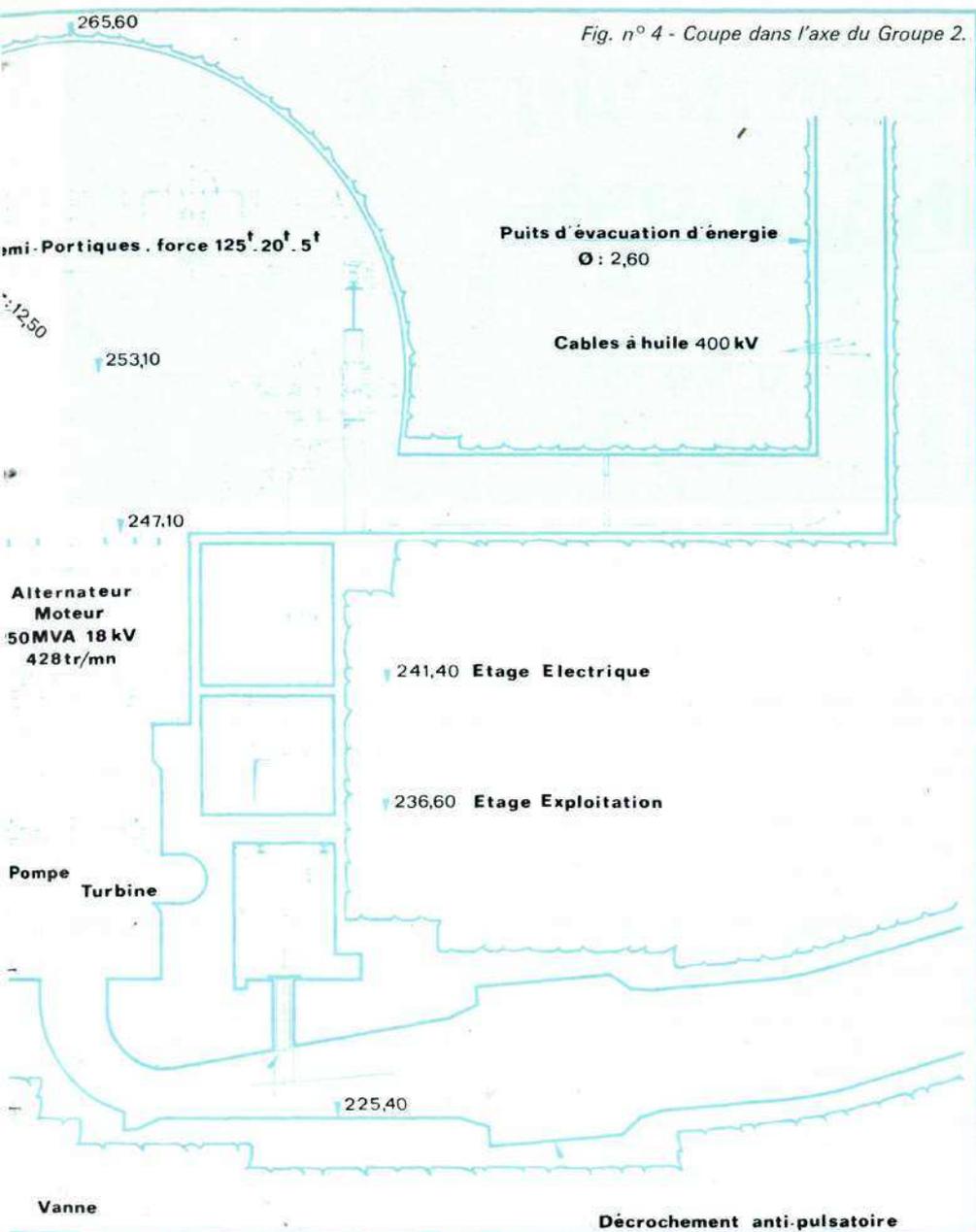
Le volume total des matériaux à mettre en place pour les deux digues, est de 2.000.000 de m<sup>3</sup>. Le barrage de MONNES comporte un évacuateur de crue de surface à seuil fixe, suivi d'un collecteur et d'une cuillère de dispersion établis pour 40 m<sup>3</sup>/s.

En cas de déchirure du masque, la stabilité de la digue est encore assurée par le zonage prévu.

Les ouvrages souterrains comportent les adductions amont composées de deux conduites de 5,30 m de diamètre, inclinées à 90 % et se divisant chacune en deux conduites de 3,80 m de diamètre. Elles sont protégées à leur extrémité amont par deux vannes de garde intégrées aux prises situées au fond de la carrière chenal. Elles sont blindées à leur extrémité aval sur une longueur assez courte (90 m environ), le rocher de bonne qualité assurant à la fois l'étanchéité et la résistance mécanique.

L'usine est une des plus grandes cavités souterraines réalisée à ce jour. Elle comporte une salle des machines avec une voûte en plein cintre, longue de 142 m et de 25 m d'ouverture. Cette caverne unique comporte la totalité du matériel, c'est-à-dire les groupes verticaux, les vannes sphériques amont, les vannes aval sur les aspirateurs, les transformateurs de puissance, les tableaux, le poste auxiliaire 20 kV, le poste principal 400 kV et le convertisseur statique de démarrage.





L'accès à l'usine s'effectue par une galerie en fer à cheval de 38 m<sup>2</sup> et de 840 m de long. Les bâtiments annexes d'exploitation se situent à l'extérieur près de l'entrée de la galerie d'accès.

### c - Le matériel

Le matériel des STEP n'est pas encore aussi classique que le matériel des usines hydro-électriques habituel. Il est encore en cours d'évolution :

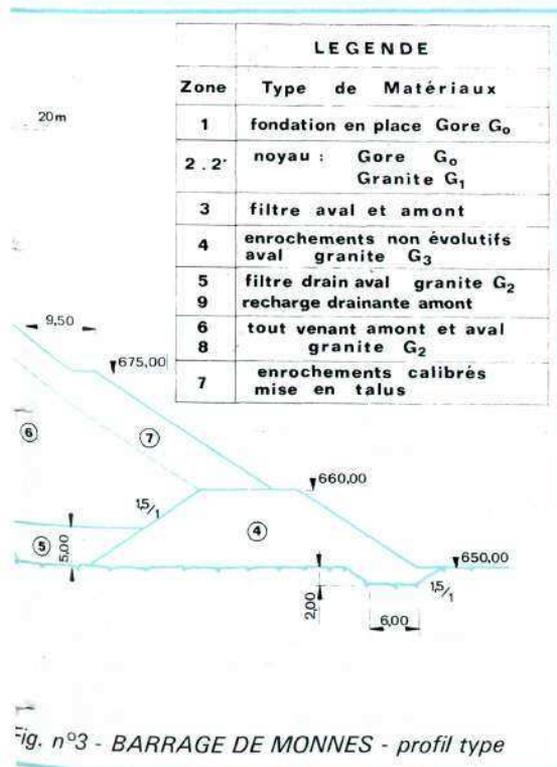
- les groupes reversibles réglables à un étage suivent l'évolution actuelle vers les puissances unitaires élevées (250 MVA. à MONTEZIC) ;
- le système de démarrage en pompe par "moteurs PONEY" comme à REVIN ou par connexion directe sur le réseau (avec ou sans self comme à ARC-ISERE), a été remplacé par un démarreur statique à fréquence variable ;
- le relaying, les automatismes conventionnels sont remplacés par un système de relaying statique programmable et auto-contrôlé qui constitue également la mise à l'épreuve industrielle d'un matériel analogue prévu pour certaines centrales nucléaires.

L'usine, comme beaucoup d'autres usines de ce type, est destinée à être télécommandée.

### 4°) - L'avenir -

La R.E.A.M. développe actuellement les études d'une STEP hebdomadaire, REDE-NAT, très analogue à MONTEZIC et située en bordure de la retenue de CHASTANG sur la DORDOGNE. La puissance unitaire des groupes atteindra environ 400 MVA.

La R.E.A.M. développe également des études à plus long terme de STEP hebdomadaire, de chute plus élevée, qui dépasse les possibilités des groupes réglables à un étage actuel et pour lesquels on recherche des groupes reversibles à deux étages réglables qui font l'objet aujourd'hui au TRUEL d'une réalisation expérimentale.



# La liaison navigable Rhône-Rhin

par Claude GEMAEHLING  
Ingénieur Général des Ponts et Chaussées  
Directeur Général de la Compagnie Nationale du Rhône

La Compagnie Nationale du Rhône (C.N.R.), qui depuis 1937 poursuit l'aménagement du Rhône, vient de voir sa mission élargie par une loi récente, en date du 4 janvier 1980. Cette loi lui confie la construction d'un canal à grand gabarit destiné à relier la Saône au Rhin, ainsi que l'exploitation et l'entretien de l'ensemble de la liaison fluviale du Rhône au Rhin.

Avant de présenter les caractéristiques générales et l'intérêt de ce projet, il ne semble pas inutile de rappeler ce qu'est la C.N.R., en quoi consiste son activité, et d'indiquer les principales transformations dans ses structures qu'appelle la loi du 4 janvier 1980.

## Structures de la C.N.R.

La Compagnie Nationale du Rhône est une Société Anonyme d'Intérêt Général, créée en 1934 pour aménager le Rhône.

Actuellement, son capital social est réparti entre des collectivités locales et établissements publics, la S.N.C.F. et Électricité de France. Elle s'apparente à une entreprise nationale en raison du contrôle exercé par l'État sur sa structure, son fonctionnement, son programme de travaux et ses installations.

Ses investissements sont financés par emprunts, soit sur le marché français ou à l'étranger, soit auprès du Fonds de Développement Économique et Social dans la limite des possibilités fixées par le Ministère de l'Économie. Les charges de ces emprunts sont entièrement couvertes par les recettes provenant principalement de la cession de l'énergie produite par les centrales du Rhône et accessoirement de l'exploitation des ports fluviaux. La marge restante concourt à l'autofinancement des travaux.

Ces structures sont appelées à être modifiées pour permettre à la Compagnie de remplir la nouvelle mission qui lui a été confiée par la loi du 4 janvier 1980.

C'est ainsi que le capital social doit être augmenté, le collège des actionnaires étant ouvert, par la loi, notamment aux six Établissements Publics Régionaux intéressés par la liaison fluviale entre le Rhin et la Méditerranée, c'est-à-dire ceux des Régions Alsace, Franche-Comté, Bourgogne, Rhône-Alpes, Languedoc-Roussillon et Provence-Alpes-Côte d'Azur. Parallèlement, le Conseil d'Administration sera élargi et comprendra, outre les catégories d'administrateurs actuelles, des représentants des Établissements Publics Régionaux susvisés et des intérêts généraux concernés par la liaison. Enfin, la tutelle de la Compagnie sera exercée, non plus seulement par le Ministre de l'Industrie, mais aussi par le Ministre des Transports.

En ce qui concerne le financement des travaux de la liaison Saône-Rhin, la loi dispose qu'il sera assuré par la C.N.R. Celle-ci bénéficiera notamment de crédits ouverts au budget de l'État et de contributions volontaires des collectivités territoriales et des établissements publics intéressés par la liaison entre le Rhin et la Méditerranée. Les modalités de répartition entre les trois partenaires concernés (État, Régions et C.N.R.) font l'objet d'études et de discussions, et ne sont pas encore arrêtées.

## Mission et réalisations

Une loi du 27 mai 1921 a décidé de l'aménagement du Rhône de la frontière suisse à la mer Méditerranée, avec le triple objectif suivant :

- utilisation de la puissance hydraulique du Rhône pour la production d'énergie électrique ;
- création d'une voie navigable à grand gabarit entre Lyon et la mer Méditerranée ;
- satisfaction des besoins agricoles de la vallée au moyen d'irrigations, d'assainissements et d'améliorations diverses.

Cette mission a été confiée à la Compagnie Nationale du Rhône par décret du 5 juin 1934. Pour la réaliser, celle-ci a mis au point un programme général de travaux comprenant la construction de vingt aménagements entre la frontière suisse et la mer. Depuis mars 1980, ce programme est terminé sur le tronçon de fleuve s'étendant à l'aval de Lyon ; il se poursuit à l'amont, l'achèvement des travaux étant prévu pour 1985.

Le bilan de cette vaste opération à buts multiples, commencée il y a plus de quarante ans, se présente actuellement de la façon suivante.

Pour la production d'énergie, les centrales hydroélectriques du Rhône représenteront, à la fin de l'aménagement du fleuve, une puissance installée de plus de 3 000 mégawatts et produiront en moyenne 16 milliards et demi de kWh, soit l'équivalent annuel fourni par environ 4 millions de tonnes de pétrole. En 1979, la production des quatorze centrales en service de la Compagnie a représenté 22 % de la production française d'origine hydraulique, et un peu plus de 6 % de la production nationale totale.

Au plan agricole, quelques chiffres peuvent caractériser l'importance du concours financier apporté par la C.N.R. à l'amélioration des structures et à l'accroissement de la productivité dans la vallée du Rhône : 50 000 hectares ont fait l'objet d'un remembrement, plus de 40 000 hectares sont protégés contre les inondations, plus de 30 000 hectares sont déjà entièrement équipés de réseaux d'irrigation modernes.

Enfin, l'édification d'une voie navigable reliant Lyon à la mer Méditerranée est terminée. Avec la mise en service, le 21 mars 1980, de la dernière écluse de Vaugris, le Rhône est aménagé sur plus de trois cents kilomètres de longueur, avec des caractéristiques permettant le passage des convois poussés modernes de trois à cinq mille tonnes.

Mais l'intérêt de cet aménagement ne pourra pleinement se mesurer que si la nouvelle voie recueille un trafic substantiel ce qui implique que le Rhône aménagé ne se termine pas en cul-de-sac à Lyon, mais soit au contraire relié aux autres grandes voies navigables européennes. Telle est la justification de la liaison Saône-Rhin.

## Caractéristiques de la liaison Saône-Rhin

L'opération consiste à remplacer, par un ouvrage moderne, l'actuel canal du Rhône au Rhin, qui assure dans des conditions précaires la jonction entre les deux fleuves par un ensemble d'ouvrages vétustes comportant 112 écluses et ne pouvant être utilisé que par des bateaux de moins de 300 tonnes. La nouvelle voie projetée permettra le passage des automoteurs de 1 500 tonnes et des convois poussés de 4 400 tonnes, réduisant substantiellement la durée du parcours, et assurant la liaison à grand gabarit entre les voies déjà aménagées ou en cours d'achèvement à ses extrémités qui débouche respectivement sur la mer du Nord et sur la Méditerranée.

Au Nord, en effet, la canalisation systématique du Rhin est pratiquement terminée entre Bâle et Lauterbourg. A l'aval de la frontière franco-allemande, le Rhin constitue une voie navigable très importante, aménagée à courant libre depuis de nombreuses années et qui est le siège d'un trafic international d'une densité unique en Europe.

Au Sud, le Rhône canalisé est prolongé à ses extrémités par deux antennes réalisées par l'Administration : l'une est constituée par la Saône, dont la mise au grand gabarit de Lyon à Saint-Symphorien est en cours d'achèvement, l'autre par le canal Rhône-Fos dont les travaux devraient être achevés pour 1983. Dans un délai de quelques années donc, une pénétrante longue de 500 km, complètement aménagée de bout en bout, reliera la région dijonnaise au port de Marseille-Fos.

Ainsi se dessine une grande artère fluviale européenne sur plus de 1 600 km de longueur entre la mer du Nord et la Méditerranée, qui est accessible à la navigation fluviale à grand gabarit, sauf sur le tronçon d'un peu plus de 200 km compris entre Niffer sur le Rhin et Saint-Symphorien sur la Saône. L'objet de liaison Saône-Rhin est d'effacer cette solution de continuité.

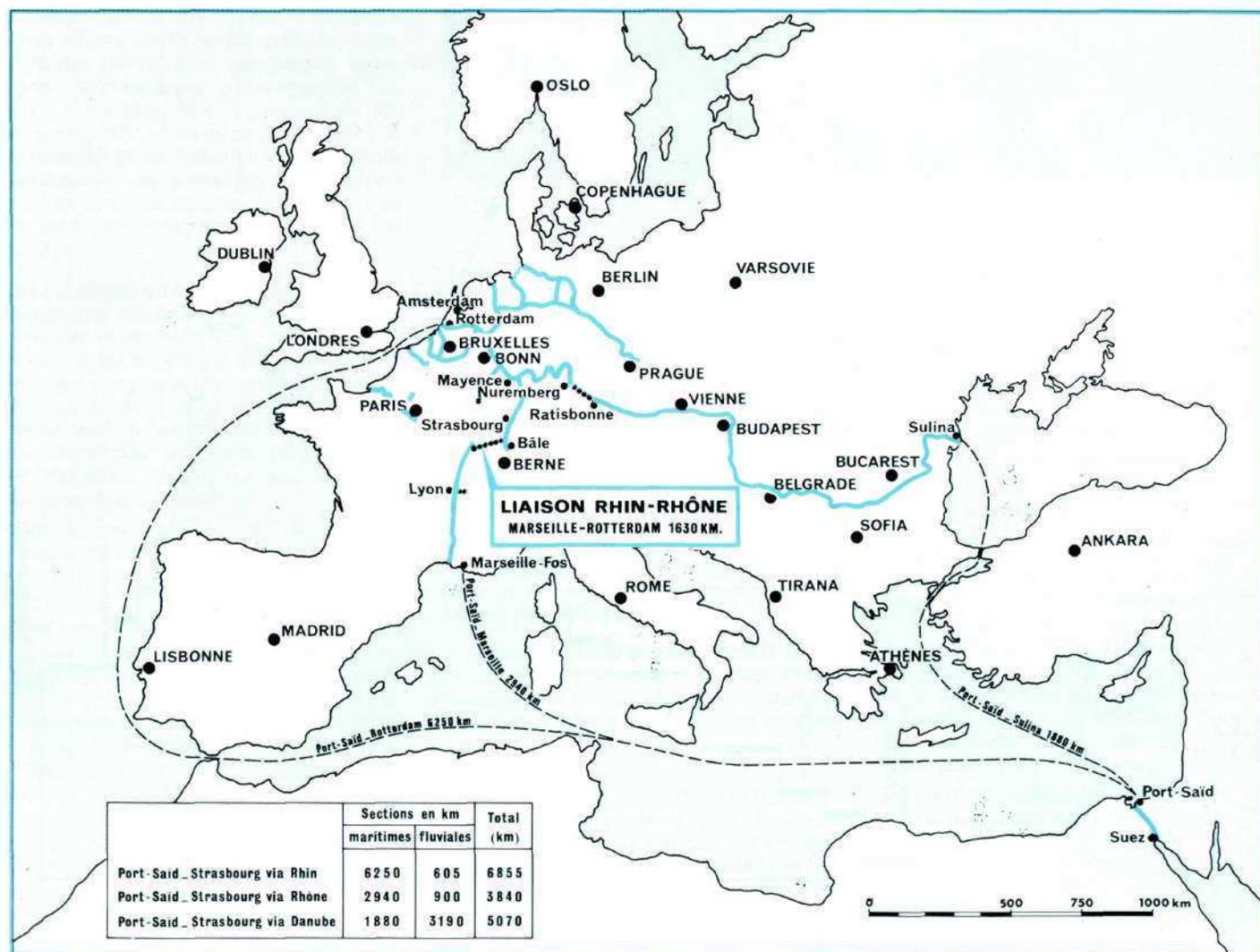
Le projet comporte un canal moderne partant du Rhin à Niffer et rejoignant Mulhouse par le canal de Huingue aménagé. Il remonte ensuite la vallée de l'Ile puis celle de la Largue pour atteindre à la cote 336 le seuil de partage des eaux près de Belfort à Valdieu-Lutran. Sur le versant franc-comtois, la voie navigable emprunte successivement les vallées d'affluents du Doubs puis la vallée du Doubs elle-même pour rejoindre la Saône à Laperrière, au voisinage immédiat de Saint-Symphorien.

Ce tracé, long de 229 km et qui emprunte, sur la moitié de son parcours, des cours d'eau existants, permet la desserte des zones industrielles et portuaires déjà implantées le long de l'axe notamment :

- Dole-Tavaux, où les usines Solvay produisent soude, produits chimiques et matières plastiques ;
- Montbéliard-Sochaux, avec les usines automobiles Peugeot ;
- Bourogne, où est installée une unité sidérurgique d'Alstom ;
- Mulhouse enfin, où diverses industries sont regroupées près de l'Ile Napoléon.

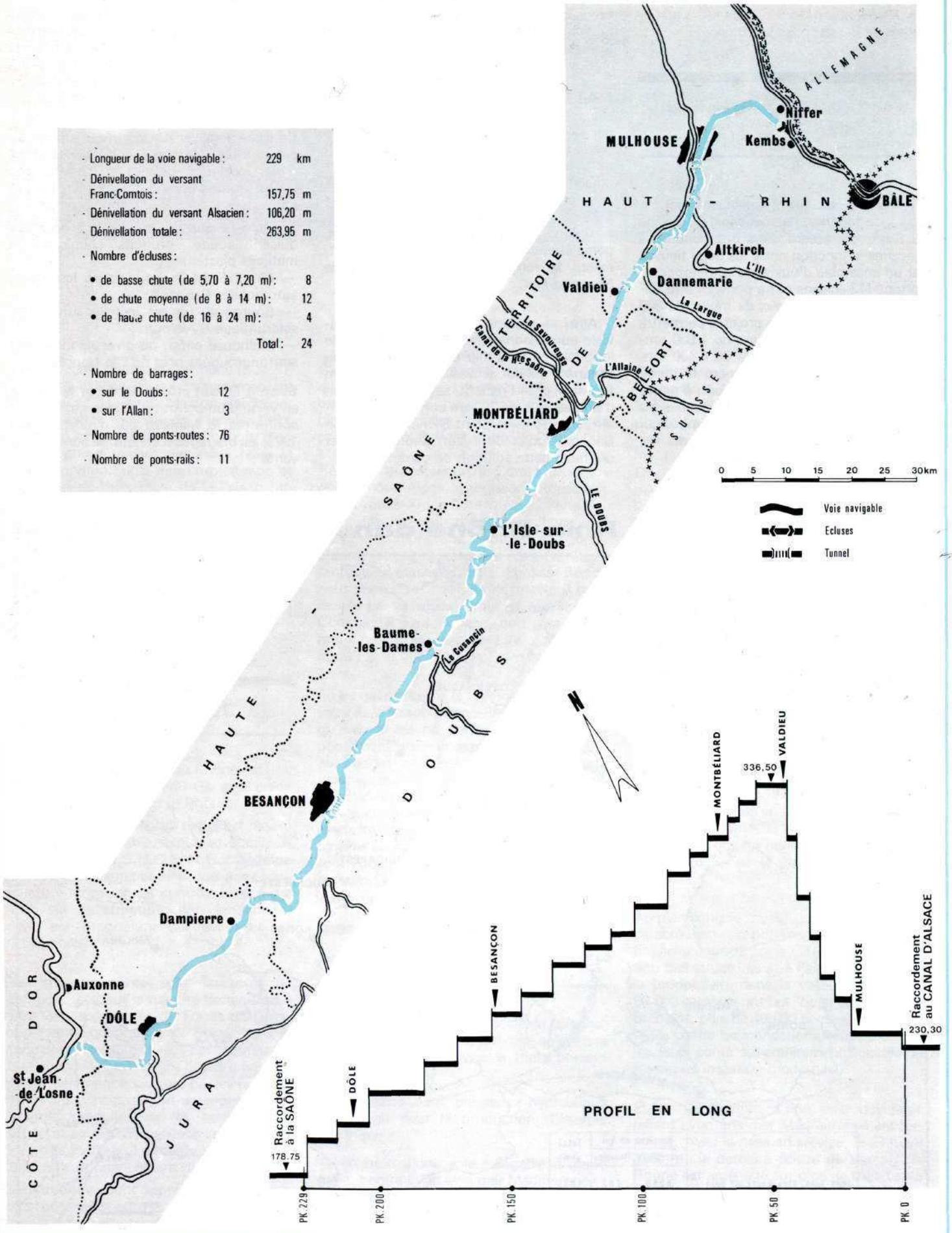
Suivant l'avant-projet établi par la C.N.R. en vertu d'un contrat d'études qui lui a été confié par le Ministre des Transports en 1973, les ouvrages à construire sont les suivants :

## Place de la liaison Rhin-Rhône dans l'Europe de l'ouest



# le tracé de la voie navigable

- Longueur de la voie navigable : 229 km
- Dénivellation du versant Franc-Comtois : 157,75 m
- Dénivellation du versant Alsacien : 106,20 m
- Dénivellation totale : 263,95 m
- Nombre d'écluses :
  - de basse chute (de 5,70 à 7,20 m) : 8
  - de chute moyenne (de 8 à 14 m) : 12
  - de haute chute (de 16 à 24 m) : 4
 Total : 24
- Nombre de barrages :
  - sur le Doubs : 12
  - sur l'Allan : 3
- Nombre de ponts-routes : 76
- Nombre de ponts-rails : 11



— 24 écluses au gabarit international de 185 m x 12 m (soit 5 fois moins que sur la voie actuelle) ; à ces écluses, sont adjoints 13 bassins d'épargne et 10 stations de pompages ;

— 15 barrages sur le Doubs et l'Allan ;

— 86 ponts (dont 11 ponts-rail).

Les travaux correspondants, qui ont été déclarés d'utilité publique par décret du 29 juin 1978, représentent 2 millions 1/2 de m<sup>3</sup> de béton. Pour l'exécution des canaux, les terrassements portent sur 74 millions de m<sup>3</sup>. L'ensemble, certes important mais non démesuré puisqu'il ne représente que le tiers de ce qui a été réalisé sur le Rhône depuis la dernière guerre, devrait être terminé dans un délai de 10 à 12 ans, suivant les ressources financières qui lui seront affectées. Les premiers travaux devraient commencer fin 1982 -début 1983, aux deux extrémités du tracé (Haut-Rhin et Côte d'Or).

## L'intérêt économique et géopolitique de Saône-Rhin

Une fois réalisée, la voie navigable Saône-Rhin, comme les sections qu'elle reliera, permettra la navigation des convois poussés modernes composés d'un pousseur et de deux barges en flèche, c'est-à-dire mises bout à bout ; de tels convois, longs d'environ 180 m, sont capables de transporter 4 400 tonnes à un enfoncement de 3 m, soit en une seule fois l'équivalent de 110 wagons de 40 tonnes ou de 220 camions de 20 tonnes. Ultérieurement un simple approfondissement du chenal par dragages permettrait de porter l'enfoncement à 4 m, ce qui accroîtrait notablement la capacité des convois.

Les avantages d'une voie d'eau ainsi aménagée sont multiples. Outre l'absence de pollution et de nuisances, ce moyen de transport est en effet le plus économe en énergie ; son prix est extrêmement compétitif, notamment pour les marchandises pondéreuses (charbon, matériaux de construction) et pour les grosses pièces lourdes de chaudronnerie, qui constituent son domaine d'action privilégié.

Dans le cas particulier de Saône-Rhin, d'autres profits sont, en outre, attendus pour l'économie régionale et nationale.

Dans une première étape, l'exécution des travaux apportera un regain d'activité considérable aux entreprises de travaux publics tant nationales que régionales (2 000 travailleurs sont attendus sur les chantiers) avec toutes les incidences bénéfiques sur l'emploi, l'industrie et le commerce locaux que cela comporte.

Ensuite, une fois réalisé, cet aménagement devrait être, à en juger par les exemples étrangers, non seulement le moyen de conserver les industries déjà installées sur son axe, mais le moteur indispensable pour en créer de nouvelles. Dans cette perspective, le projet rend possible l'extension ou la



Un convoi poussé sur le Rhône devant Arles.

création de zones industrielles et portuaires telles que celles de Dôle, Dampierre, Besançon, Etupes-Exincourt, Bourgogne et Heidwiller.

Par ailleurs, les régions traversées y trouveront des avantages divers, tels que :

— rénovation des voiries et réseaux urbains et communaux interceptés par le projet, qui pourront être rétablis avec des caractéristiques modernes souvent améliorées ;

— développement des programmes de mise en valeur agricole, comme cela a été fait dans la vallée du Rhône ;

— protection contre les inondations (1 000 ha de terres agricoles seront rendues insubmersibles) et développement du tourisme (le projet conduira à créer 400 ha de plans d'eau).

Enfin, cette liaison permettra à la France de disposer d'une nouvelle voie navigable moderne. Le réseau français est en effet caractérisé par son hétérogénéité (une très forte proportion de rivières et canaux sont encore au petit gabarit) et par son cloisonnement (les différents bassins ne sont raccordés entre eux que par des voies ancien-

nes). En reliant le bassin du Rhône à celui du Rhin par une voie à grand gabarit, Saône-Rhin constitue une étape décisive pour le développement du réseau navigable français et la constitution d'un réseau maillé, analogue à celui des grands pays industriels de l'Europe de l'Ouest, et grâce auquel les échanges de marchandises peuvent s'effectuer dans les meilleures conditions.

Permettant aux vallées du Rhône, de la Saône, du Doubs et de l'Ille d'accéder au trafic rhénan et d'être ainsi reliées aux pôles industriels de l'Europe du Nord, la liaison fluviale Saône-Rhin assurera le désenclavement de l'Est et du Sud-Est de la France. Si l'on se rappelle en outre que la République Fédérale d'Allemagne achèvera vers 1985, la liaison navigable Rhin-Main-Danube, c'est aussi vers l'Europe de l'Est et la Mer Noire que le trafic fluvial aura un débouché.

Saône-Rhin représente donc la chance, pour la navigation fluviale française, d'avoir accès au grand réseau navigable européen avec, pour la nation, tous les atouts de développement économique qui y sont attachés.

# L'aménagement hydroélectrique du Haut-Rhône

par Pierre SAVEY  
Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées  
Directeur des Études et Travaux  
à la Compagnie nationale du Rhône

## Introduction

La Compagnie Nationale du Rhône a reçu de l'Etat, la concession de la canalisation du Rhône à des fins de production d'énergie hydroélectrique, de navigation fluviale et de développement agricole.

L'avant projet général établi par la Compagnie avant la guerre prévoyait l'exécution de 19 aménagements dont 12 sur le Bas-Rhône en aval de Lyon et 7 sur le Haut-Rhône en amont. Il s'agissait d'aménagements de basse chute à l'exception de l'ouvrage le plus amont : Génissiat.

Celui-ci fut engagé pendant la guerre et terminé en 1949. Il fut rapidement complété par la chute aval de Seyssel constituant bassin de compensation.

En même temps la Compagnie se tournait vers le Bas-Rhône en commençant par la chute de Donzère-Mondragon mise en service en 1952.

Le 18 mars de la présente année, elle a mis en eau le douzième et dernier aménagement du Bas-Rhône : Vaugris. Elle posait ainsi un point final à l'essentiel de son action puisqu'actuellement 89 % du capital énergétique est exploité et produit 14,9 Twh par an, la voie navigable à grand gabarit entre Lyon et la mer est en service, de même, le principal des bases de développement agricole est en place.

Au cours de cette longue période, chaque aménagement a fait l'objet d'une décision spécifique de l'Etat, quelquefois avec rapidité, en d'autres temps avec mûres réflexions, notamment pendant la période où le fuel était bon marché et était sensé le rester.

Aujourd'hui la Compagnie a ainsi exploité l'essentiel et le plus rentable du gisement offert par le Rhône et le coût comptable moyen de cette énergie est très avantageux puisqu'il est de cinq centimes par KWh environ.

## Le nouveau départ du Haut-Rhône

Les cinq chutes restant à aménager sur le Haut-Rhône ont un caractère particulier.

D'une part, il n'est pas envisagé de réaliser du premier coup la voie navigable. D'autre part, en raison du débit plus faible du Rhône qui se trouve ici en amont du confluent de la Saône sans pour autant que la hauteur de chute puisse, comme à Génissiat, compenser cette faiblesse, ces aménagements sont moins rentables que ceux du Bas-Rhône, et, pendant longtemps, on a même estimé qu'ils étaient en dessous du seuil de rentabilité.

Mais la crise pétrolière est venue remettre en cause ce jugement, et en 1975 la Commission d'Etude des Ressources Hydroélectriques Françaises présidée par le Sénateur Pintat, a examiné ces chutes et a conclu à leur intérêt. Depuis cette date la hausse continue du coût de l'énergie n'a fait que confirmer cette conclusion.

Ces travaux ont donc été lancés donnant ainsi, provisoirement, un second souffle à l'action de la Compagnie.

On avait souhaité, à l'origine une exécution rapide avec un rythme d'environ une chute par an à partir de 1978.

Mais en même temps que se développaient en France les conséquences de la crise énergétique, il était mis en place une politique de préservation de la nature qui posait à l'égard de tous les grands aménagements, et en particulier à l'égard des aménagements hydroélectriques, des interrogations nouvelles, impliquait des arbitrages difficiles entre des domaines hétérogènes, et nécessitait des études de longue haleine dans des branches assez nouvelles, notamment en hydrobiologie.

Ces circonstances, auxquelles s'ajoute la

### Aménagement du Haut Rhône

*"Un des beaux sites du Haut Rhône, le défilé de Pierre Chatel et le pont de la Balme. Dans ce secteur, court-circuité par le canal de dérivation de la chute de Belley, il se produira un léger abaissement du plan d'eau mais l'aspect général sera inchangé en raison de la forme en U du lit du fleuve".*



leur invitablement nécessaire pour mettre en place des processus administratifs nouveaux, ont fait que le démarrage de ces travaux a été moins rapide que prévu et actuellement, on estime comme vraisemblable le calendrier suivant :

année moyenne avec un total de 10 groupes turbo-alternateurs 1,8 TWh avec une puissance installée de 342 MW. Il s'agit donc, à l'échelle des aménagements hydroélectriques français d'un équipement important.

très faibles et comportent peu de salaires, en outre sa durée de vie est très longue (de l'ordre du siècle).

Il s'insère dans un ensemble plus vaste, qui est celui de l'aménagement du Rhône tout

Nom de la chute	Enquête publique	Déclaration d'utilité publique	Mise en service
Chautagne	juin 1977	novembre 1978	4 <sup>e</sup> trimestre 80
Belley	juin 1977	novembre 1978	4 <sup>e</sup> trimestre 81
Brégnier Cordon	juillet 1979	fin 1980	mi 1983
Loyettes	fin 1980	mi 1982	fin 1984
Sault Brenaz	fin 1980	mi 1982	mi 1985

### L'intérêt énergétique de ces ouvrages

L'ensemble des cinq chutes produit en

Il peut paraître modeste en comparaison des aménagements nucléaires.

Néanmoins il présente à l'égard de ceux-ci un double intérêt :

Si son coût actuel est comparable au coût du nucléaire, il ne fera que décroître dans l'avenir, car ses charges d'exploitation sont

entier et il permet d'en valoriser la production. En effet, la chaîne des 20 usines du Rhône, dont la puissance installée totale est de 3 000 MW ne se contente pas de produire au fil de l'eau. Elle fonctionne en éclusées, ce qui lui permet de transférer l'énergie des heures creuses sur les heures pleines et les heures de pointe et de faire



face ainsi, avec souplesse, aux variations de la consommation.

## Un exemple : la chute de Belle

Les cinq ouvrages ont beaucoup de caractères communs et le second d'entre eux peut servir de base pour une description rapide.

Il concerne un tronçon du fleuve de 22 km de longueur présentant une dénivellation de 18 m. Le tiers de cette chute est obtenu grâce à un barrage mobile comportant 4 passes de 18 x 9 m équipées de vannes segments qui créent une retenue de faible hauteur dans le lit même du Rhône. En aval du barrage, les deux autres tiers de la chute sont obtenus grâce à un canal de dérivation, qui emprunte l'itinéraire d'un ancien glacier du Rhône et qui se partage en un canal d'amenée de 13 km de longueur et un canal de fuite de 2 km.

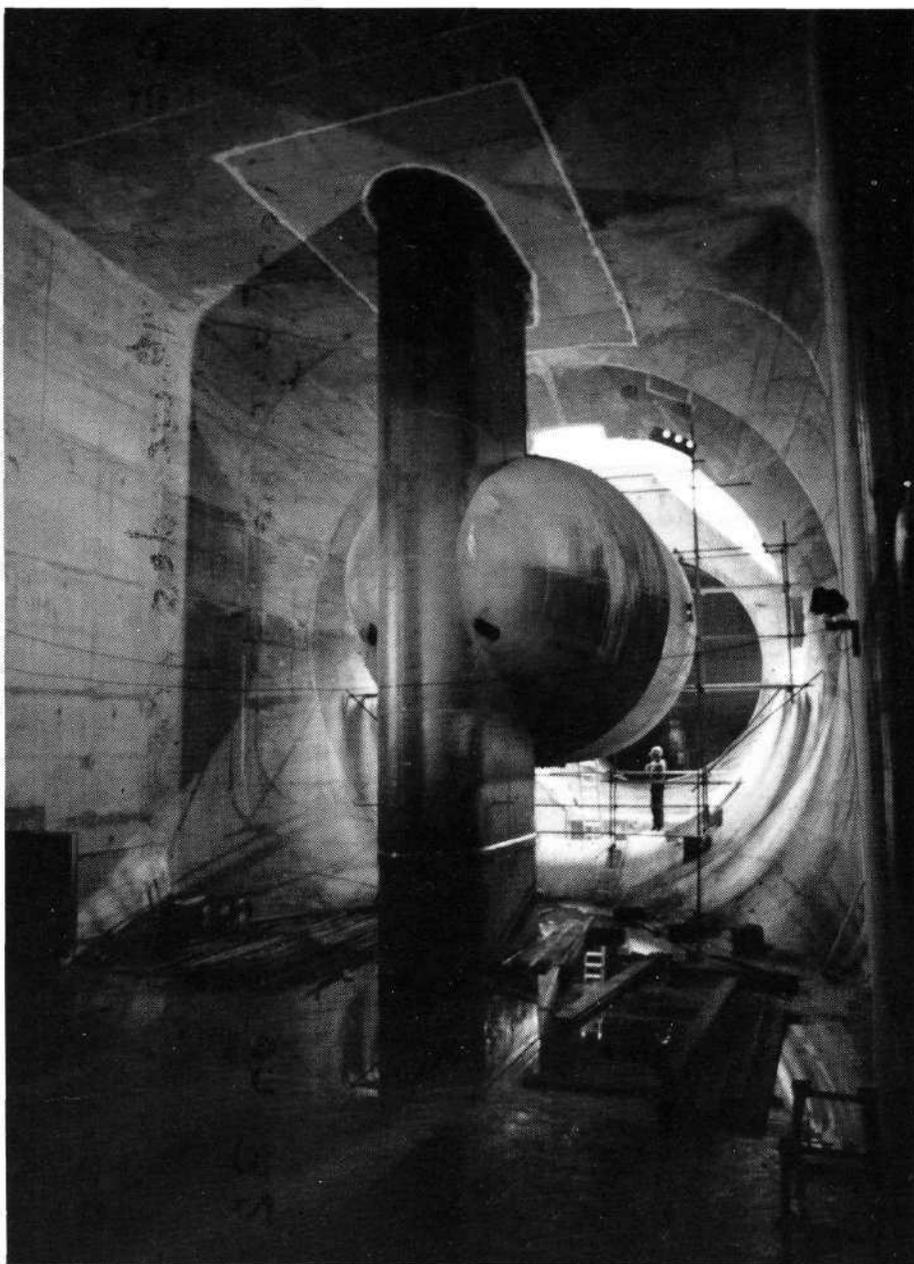
L'usine hydroélectrique est équipée de deux groupes bulbes de 45 MW pouvant turbiner chacun 350 m<sup>3</sup>/s sous 18 m de chute et produit en année moyenne 440 GWh.

Ce schéma, très classique, présente un certain nombre de singularités :

— Les groupes bulbes de 45 MW sont actuellement les plus puissants groupes de ce type existant en Europe et les seconds au monde après ceux de Rock Island, d'ailleurs réalisés par le même constructeur français.

— Des précautions très particulières ont été prises à l'égard de l'écoulement des crues. En effet, le fleuve à l'état naturel déborde ici largement dans les marais de Chautagne, puis le Lac du Bourget, et ses crues sont, de ce fait, sensiblement écrêtées. Il fallait conserver cet écrêtement et il fallait également éviter l'accélération de la vitesse de propagation des crues - phénomène pourtant classique dans le cas d'une canalisation - car celui-ci aurait pu donner lieu, à l'aval, à des conjonctions défavorables avec les affluents. Ce problème complexe a été résolu sans pour autant aggraver et même en améliorant la situation du Lac du Bourget grâce à des ouvrages et une consigne d'exploitation mis au point à l'aide de très importants modèles physiques et mathématiques en écoulement transitoire.

— Un effort tout particulier a été fait pour assurer l'intégration la meilleure possible des ouvrages dans leur environnement. Leur tracé et, particulièrement celui du canal, a été établi à la suite d'études paysagères approfondies. Des plantations et des engazonnements très importants, seront réalisés pour accélérer la cicatrization des rives après l'exécution des travaux. Deux seuils seront réalisés dans le Rhône court-circuité, l'un devant l'agglomération de Yenne, l'autre à Chanaz pour stabiliser la cote du Lac du Bourget à l'étiage. Une écluse permettra à la navigation de plai-



### Aménagement du Haut-Rhône

Usine hydroélectrique de Chautagne, le conduit d'eau et le bulbe côté amont. Le débit pouvant transiter à travers ce conduit est de 350 m<sup>3</sup>/s.

sance de passer du Lac du Bourget à la retenue et un portique mobile permettra aux mêmes bateaux de franchir la chute à l'usine. Le débit réservé dans le Rhône court-circuité a été fixé à une valeur élevée et atteindra en été 60 m<sup>3</sup>/s soit 14 % du débit moyen. Une pisciculture à truites et ombres sera réalisée pour assurer le développement de cette faune, etc.

### Conclusion

Ainsi le programme complémentaire du Haut-Rhône qui s'achèvera vraisemblablement en 1985 sera l'un des derniers grands programmes d'hydraulique gravitaire en France. Il complètera heureusement la chaîne des aménagements du Bas-Rhône et en fera un outil énergétique puissant, souple d'emploi et économique.

Il est l'occasion de nouveaux progrès dans la technique de groupes bulbes et pourra servir de référence à l'étranger pour les nombreux pays mieux favorisés que nous au point de vue hydroélectrique, ou n'ayant pas encore exploité la totalité de leurs ressources.

Enfin, il comporte un important effort en faveur de l'environnement qui devrait permettre à cette belle région de développer les activités liées aux loisirs nautiques.

Bien que reposant sur une technique de production d'énergie ancienne qui a été trop vite considérée par certains comme démodée, il est "moderne" au plus haut point, puisqu'il utilise une énergie indéfiniment renouvelée, favorise les loisirs et - ce point n'a pas été abordé ici faute de place - intervient aussi en faveur de notre "pétrole vert" : l'agriculture.

La publicité  
de la Revue

**PCM**

*a été confiée à la Société*

**OFERSOP**

responsable **Monsieur H.-BRAMI**

**8, Boulevard Montmartre 75009 Paris**

**Tél. : 824.93.39**

# Les matériels électro dans les aménagemen à l'étr

par F. de VITRY - Direc

Le présent article couvrira un sujet moins vaste que le titre adopté ne pourrait le laisser croire. Nous nous limiterons en effet à donner un aperçu de la présence de l'industrie française à l'étranger dans le seul domaine des turbines et alternateurs hydrauliques.

Nous verrons que la France dispose dans ce domaine d'entreprises ayant acquis à l'exportation des positions extrêmement fortes.

Il est important pour ces sociétés que le programme hydro-électrique national soit aujourd'hui en forte reprise. Cette évolution favorable leur permettra de continuer à acquérir en France des références précieuses. Elle leur permettra aussi d'assurer une partie non négligeable de la charge de leurs ateliers grâce à des commandes françaises.

Toutefois, le programme hydro-électrique français ne représentera, même dans la meilleure des hypothèses, qu'une part réduite du marché mondial : nettement moins de 1 %. Ce faible pourcentage s'explique, au-delà de l'exiguïté de notre territoire, par la modestie de nos cours d'eau et par le fait que 80 % de notre potentiel hydro-électrique est déjà équipé. Pour le reste du monde, la proportion n'est en moyenne que de 30 % environ.

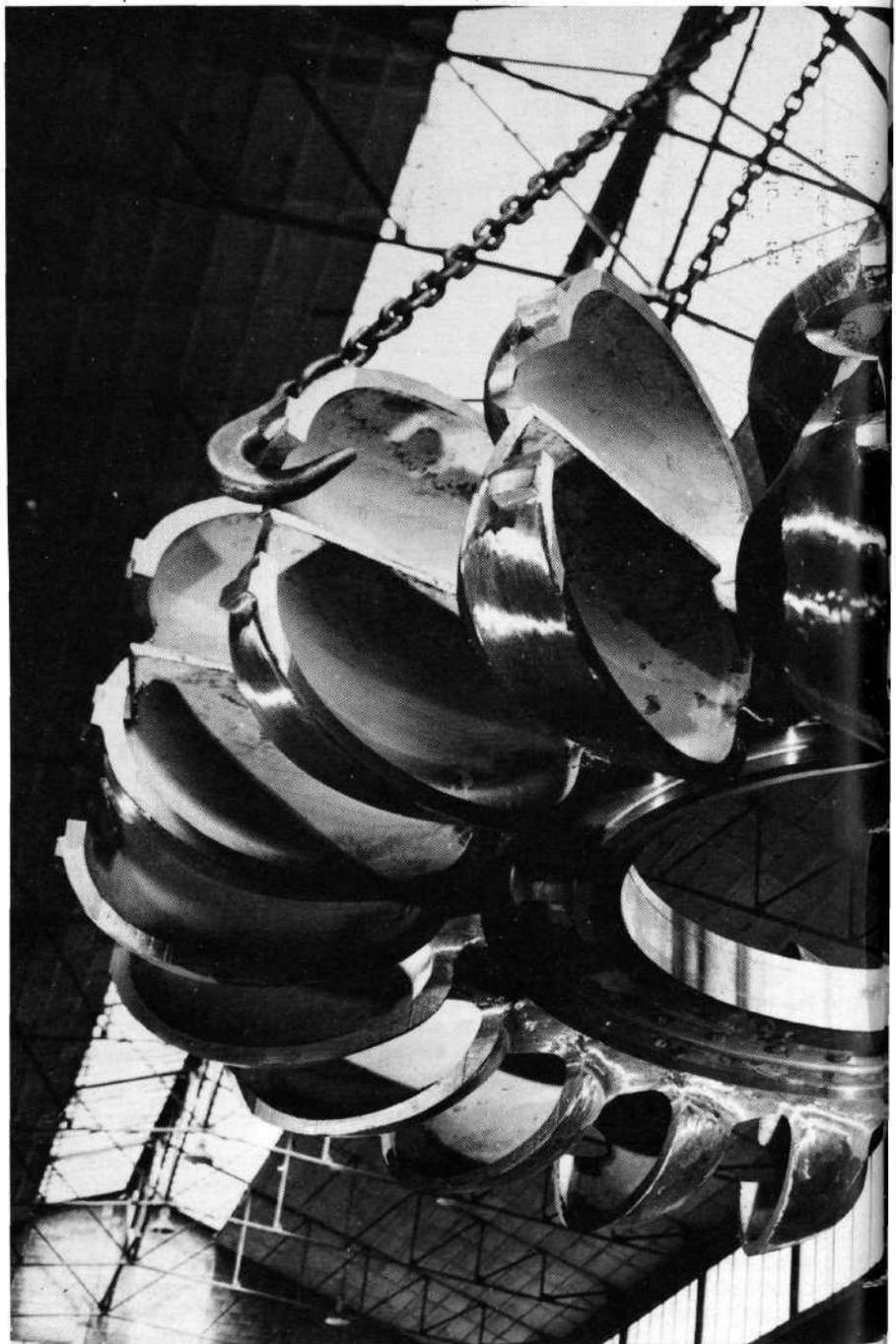
Dans ces conditions, les défis industriels auxquels auront à faire face les industries des turbines et alternateurs hydrauliques seront tout autant d'ordre international que d'ordre national.

Une telle situation tend d'ailleurs à se généraliser pour un grand nombre d'autres domaines.

La réponse française à de tels défis a été rendue moins ardue par la clarification progressive des structures des industries concernées.

Son étape la plus récente date de 1977 avec la création de la nouvelle société Neyrpic qui reste le seul grand constructeur français de turbines hydrauliques, grâce à une rationalisation des moyens précédemment répartis entre Alsthom-Atlantique et Creusot-Loire. Pour les Alternateurs

Roue Pelton pour la centrale de LOTRU (Roumanie)



# mécaniques français nts hydro-électriques anger

teur Général de Neyrpic

photo Neyrpic



hydrauliques, les deux seuls grands constructeurs Alsthom-Atlantique et Jeumont-Schneider travaillent le plus souvent en collaboration étroite avec Neyrpic, ce qui facilite l'indispensable unité d'action à l'exportation face à une concurrence redoutable.

C'est dès la fin du 19<sup>e</sup> siècle que l'on trouve des turbines hydrauliques françaises installées à l'étranger.

Cette présence est constatée déjà en Espagne, en Bulgarie, en Equateur, au Mexique, en Russie.

Puis le Portugal, la Belgique, le Brésil et l'Italie comptent à leur tour des installations dotées d'équipements français.

En 1908, on ne comptait pas moins de 27 turbines fabriquées à Grenoble et installées dans la seule Espagne.

Mais ces exportations n'ont représenté qu'un phénomène sporadique jusqu'aux premières années qui ont suivi la deuxième guerre mondiale.

A cette époque, les constructeurs ont pu mener de front les activités liées au grand programme hydraulique français et les premières actions systématiques à l'exportation. C'est dans les années 1950, qui ont vu la fin de la reconstruction des centrales françaises détruites par la Guerre en même temps que la préférence donnée par Electricité de France aux centrales thermiques sur les centrales hydrauliques, qu'il est devenu vital de faire un effort supplémentaire en direction des marchés étrangers.

Au fil des années, des matériels français ont été livrés dans plus de 50 pays de tous les continents, de tous régimes politiques et de tous degrés de développement, de la Turquie au Canada, des pays de l'Amérique du Sud à la Roumanie, des pays d'Afrique Noire francophone à l'Inde et à l'Indonésie, de la Chine aux USA, etc.

Les modalités de ces livraisons ont été extrêmement variées et ont montré la souplesse des industriels français pour s'adapter aux conditions locales.

Certaines affaires ont été traitées dans le

cadre de groupements purement français : ce fut le cas, notamment, pour l'Argentine où, dès 1947, un groupement a été constitué, réunissant Alsthom, Bergeron, la Compagnie Générale d'Electricité, Jeumont, Merlin Gerin, Neyrpic, SFAC et le Matériel Electrique Schneider-Westinghouse (S.W.). Ce groupement a fourni notamment les équipements complets des centrales de Rio Tercero II (3 groupes Francis de 6.000 kW), Rio Reyes (2 groupes Pelton de 3.600 kW), El Nihuil (4 groupes Francis de 22.000 kW).

D'autres affaires ont été réalisées dans le cadre de groupements internationaux : ce fut le cas, en particulier, pour l'affaire de Djatiluhur, en Indonésie, où un consortium franco-italien a fourni 5 groupes Francis de 26.000 kW commandés en 1959.

Les aménagements devenant de plus en plus importants, la formule des groupements internationaux est devenue de plus

en plus fréquente. Elle fut adoptée notamment pour les centrales d'Ilha Solteira 1969 (12 groupes Francis de 197.060 kW) et de Marimbondo 1972 (8 groupes Francis de 185.300 kW) au Brésil, pour celle de Cabora Bassa 1969 (5 groupes Francis de 485.300 kW) au Mozambique et pour celle de Inga II bis 1974 (4 groupes Francis de 177.940 kW) au Zaïre.

D'autre part, de très nombreuses affaires ont été conclues par chaque constructeur individuellement.

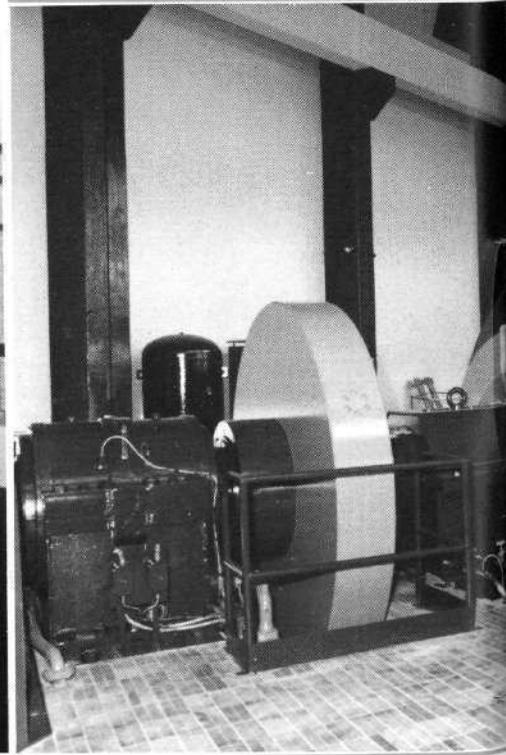
Dans le domaine qui non intéresse, l'industrie française a été la première à prévoir longtemps à l'avance l'évolution inéluctable de la politique industrielle des pays clients : il était normal que ceux-ci, dans le double souci de fournir du travail à leur main d'œuvre et d'épargner des devises, exigent que des fabrications de plus en plus importantes soient réalisées sur leur territoire.

*Dans le cadre de l'aménagement Franco-Suisse du site d'EMOSSON, JEUMONT-SCHNEIDER a réalisé pour la centrale de CHATELARD VALLORCINE, 3 alternateurs de 70 MVA, à 600 tr/mn, entraînés par turbines PELTON. Ces machines peuvent fonctionner également en moteurs.*



*Mise en place d'1 rotor d'Alt*

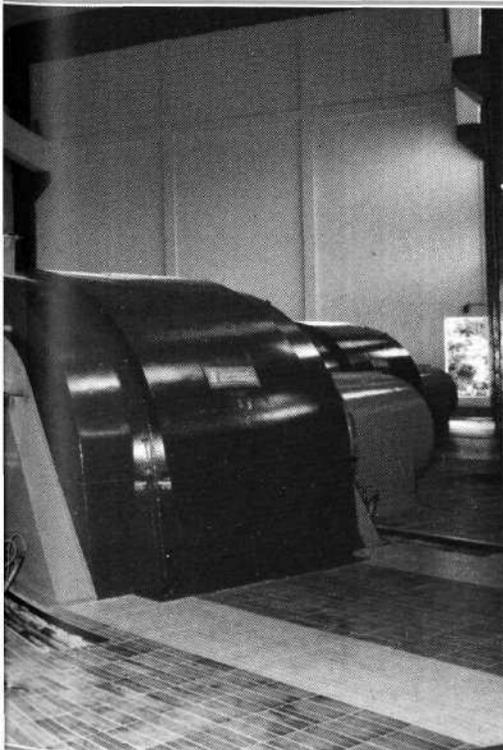
*JEUMONT-SCHNEIDER a équipé le site de RL... teurs de 27,5 MVA, 750 tr/mn entraînés par t...*





...eur à Churchill Falls (Canada).

...E DE L'EST à l'île de la RÉUNION, de 3 alterna-  
...es PELTON.



La prise de conscience de cette évolution a conduit les industriels français à s'implanter, parfois il y a plus de trente ans, dans divers pays, soit par la création de filiales, soit par des accords de licence ou de sous-traitance (Brésil, Canada, Corée du Sud, Espagne, Portugal, Turquie, etc.).

Les cas les plus caractéristiques sont ceux des deux pays du continent américain qui possèdent les gisements hydrauliques restant à équiper les plus considérables : le Canada et le Brésil <sup>(1)</sup>. Dans le premier de ces pays, Neyrpic et Alstom-Atlantique, dans le second Neyrpic seul ont conclu des accords de licence qui leur assurent des positions de premier plan.

Cette situation est illustrée par le fait que la France et ses techniques sont largement présentes dans 3 des 4 centrales hydro-électriques les plus productives du monde :

La centrale d'Itaipu (1978), commune au Brésil et au Paraguay, qui comportera 18 groupes de 740 MW, celle de Churchill Falls (1968) au Canada, avec ses 11 groupes de 500 MW, celle de la Grande Il (1975) au Canada également, avec 16 groupes de 340 MW. La 4<sup>e</sup> centrale, celle de Guri au Vénézuéla, est équipée par des constructeurs japonais.

Dans le domaine des turbines de grande puissance, Neyrpic peut faire état de 92 machines de plus de 200 MW totalisant 36.552 MW.

Les électriciens, de leur côté, comme les turbiniers, par leurs participations aux

<sup>(1)</sup> Les potentiels hydrauliques restant à équiper au Canada et au Brésil représentaient, en 1974, respectivement 6 fois et 8 fois le potentiel français déjà équipé et 40 fois et 60 fois le potentiel français restant à équiper  
-Revue la Houille Blanche - numéro spécial 1-2/1978.

La centrale E.D.F. de LA COCHE, équipée par JEUMONT-SCHNEIDER de 4 alternateurs-moteurs de 85 MVA à 600 tr/mn, accouplés à des turbines pompes à 5 étages, démarrage en asynchrone direct.





grands projets dans les pays riches en ressources hydrauliques et leurs coopérations avec des licenciés dynamiques, ont pu acquérir une expérience et des références qu'ils n'auraient pu trouver sur le sol national.

Pour les alternateurs et compensateurs synchrones de plus de 200 MVA, le champ d'expérience d'Alsthom-Atlantique s'étend maintenant sur 89 machines totalisant 26.000 MVA : du volume représenté par ces machines 7 % ont été réalisés en France et 60 % au Canada par le principal licencié d'Alsthom-Atlantique, Marine Industrie. Pour une partie de ces équipements, Alsthom-Atlantique et Jeumont-Schneider sont accoutumés à opérer en consortium.

Dans le domaine des groupes bulbes (pour l'équipement des basses chutes), l'industrie française détient de loin le leadership, sur le plan mondial : elle peut en effet faire état d'une centaine de groupes de plus de cinq mètres de diamètres de roue, dont les plus puissants du monde qui équipent la centrale de Rock Island, au Etats-Unis, dans l'état de Washington (8 groupes de 54 MW sous seulement 12 mètres de chute).

◀ Chargement sur le Rhône d'une roue Francis pour Agua Vermella Brésil - (Neyrpic).

◀ Moulinet de Groupe - Bulbe en route vers Rock Island - (Neyrpic).

Une autre réalisation exceptionnelle, dans ce domaine des groupes bulbes, sera celle de la centrale de W.T. Love, située également aux Etats-Unis sur l'Ohio, actuellement en cours de construction. Cette centrale présentera la particularité d'être entièrement préfabriquée en France, les 3 groupes de 24 MW sous une chute nominale de 8,60 m, étant intégrée dans deux structures métalliques qui constitueront de véritables corps flottants. Ceux-ci seront chargés sur des barges spéciales pour traverser l'Atlantique, puis mis à l'eau à l'embouchure du Mississipi et remorqués le long de ce fleuve et de l'Ohio jusqu'au site de la centrale où ils seront échoués, assemblés et ancrés.

Les constructeurs français se sont également bien placés pour la compétition mondiale dans une autre technique : celle du turbo-pompape.

Cette technique consiste à remonter de l'eau d'un bassin inférieur à un bassin supérieur pendant les heures creuses, c'est-à-dire en utilisant un courant de peu de valeur, pour turbiner cette eau pendant les heures de pointe et ainsi produire de l'électricité "chère".

Ils étaient pourtant partis avec un certain handicap par rapport à quelques constructeurs étrangers : en effet, en raison de la très grande diversité du gisement hydraulique français, EDF n'a commencé à envisager le pompape que nettement plus tard que les Allemands, les Américains et les Japonais.

Mais l'effort technique réalisé par les constructeurs à l'occasion des premières réalisations pour EDF et pour l'Espagne leur a permis de combler une grande partie de leur retard en quelques années et même de prendre de l'avance dans certaines techni-

ques (turbines-pompes multiétages non réglables pour les très fortes hauteurs de chute : La Croche ; turbines pompes bi-étages réglables : Le Truel. Ce créneau est, lui aussi, plein d'avenir dans le monde entier.)

En matière de centrales marémotrices, on ne peut parler d'exportation puisque la centrale de la Rance est encore aujourd'hui unique au monde. A l'occasion de cette réalisation, les constructeurs français ont acquis une expérience précieuse qui devrait leur permettre de participer aux réalisations qui ne manqueront pas d'être entreprises, un jour ou l'autre à l'étranger : que ce soit au Canada, en Grande-Bretagne, en Corée du Sud, etc. A moins que d'ici là les constructeurs français n'aient acquis de nouvelles références à l'occasion de l'aménagement, dont on commence à reparler, du très important potentiel d'énergie marémotrice de la presqu'île du Cotentin.

Les réalisations à l'exportation qui viennent d'être décrites sont de bon augure pour l'avenir. Les équipes des constructeurs concernés ont réussi à créer une très bonne réputation au plan mondial pour la technique française qui bénéficie maintenant de l'atout précieux représenté par une série de licenciés compétents dans nombre de pays stratégiques.

Mais dans ce domaine des turbines et alternateurs hydrauliques comme dans beaucoup d'autres, les constructeurs français seraient gravement handicapés s'ils étaient placés dans un environnement moins favorable que celui dont bénéficient leurs principaux concurrents européens, américains, japonais, etc.

Ceci s'applique notamment aux financements et garanties accordés par les Pouvoirs Publics, aux aides à la recherche et au développement et aux appuis qui peuvent être accordés par les grands clients et les ingénieurs-conseils français.

Si, sur ces divers points, une action puissante et coordonnée peut être menée, le créneau de l'hydro-électricité, qui redevient particulièrement porteur à l'étranger du fait de la crise énergétique, pourrait être pour les constructeurs français une source de renforcement leur permettant d'améliorer encore leur position technique et commerciale déjà solidement affirmée, et de contribuer ainsi au progrès de l'économie nationale.



◀ Mise en place d'une roue Francis dans la centrale d'Inga II - (Zaire).

# Le barrage de Denouval un produit nouveau exportable

par

*Claude LEREBOUR*

*Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées  
Chef du Service de la Navigation de la Seine*

*Claude PRADON*

*Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées (E.D.)  
Directeur Général de CITRA-FRANCE*

*Vice-Président de l'A.I.P.C.*

*Jean GAZAIGNES*

*Ingénieur à CITRA-FRANCE*

La période que nous vivons actuellement semble se caractériser, à la fois par une forte croissance du coût de l'énergie et par une aspiration de l'opinion publique des pays occidentaux à une amélioration de la qualité de l'environnement.

La crise de l'énergie a entraîné un déficit croissant de notre balance commerciale qui doit être compensée par une politique d'exportation, politique vers laquelle les Entreprises de Bâtiment et de Travaux Publics ont d'ailleurs été contraintes de s'orienter depuis plusieurs années pour compenser la stagnation du marché national.

Envisagée sous l'angle des transports, on peut penser que cette crise aura, entre autres effets, celui de favoriser le développement des transports à faible consommation énergétique rapportée à l'unité transportée (Tonne - Kilométrique par exemple)

Or, il est bien connu que le transport par voie d'eau s'avère, à cet égard, un des modes les plus performants, en particulier pour les marchandises transportées en grande masse. On peut donc penser qu'il va être appelé à de nouveaux développements importants dans les années à venir et ce, d'autant plus que si, rendre navigable de façon permanente un cours d'eau, nécessite en général des aménagements importants, les ouvrages ainsi créés peuvent avoir des utilisations multiples, par exemple, permettre la récupération d'énergie électrique d'origine hydraulique (exemple : l'Aménagement du Rhône) en quantité notable ou contribuer à l'amélioration des ressources en eau à usage agricole, domestique ou industriel.

Ces considérations générales ont conduit à l'idée que le marché mondial des ouvrages d'aménagement des cours d'eau était appelé à des développements intéressants et qu'il pouvait justifier d'importants efforts

d'innovation. Des études menées en faisant appel aux idées d'une personnalité faisant mondialement autorité dans ce domaine, le Professeur AUBERT, ont conduit à la mise au point d'un nouveau type de barrage mobile, dont le barrage de DENOVAL construit sur un bras latéral de la Seine à hauteur d'ANDRESY, constitue un prototype : il s'agit d'un barrage mobile à radier métallique et clapets à vérins aval.

## I. Description générale des barrages à radier métallique

Afin de clairement expliciter la démarche de pensée ayant conduit à ce produit nouveau, on rappellera tout d'abord, qu'un barrage mobile est un ouvrage barrant un cours d'eau naturel et destiné, tantôt à freiner l'écoulement et à maintenir la cote de la ligne d'eau, et tantôt à faciliter cet écoulement, résultat qu'on obtient en effaçant partiellement ou totalement le barrage.

Pour réaliser un barrage mobile, il est habituellement nécessaire de construire dans le fond de la rivière, un radier sur lequel seront fixés des panneaux mobiles, à volonté, et de plus ou moins grande dimension. Ces panneaux constituent la bouchure mobile.

Habituellement, la construction du radier est effectuée à sec, soit dans le lit initial du cours d'eau, à l'abri de batardeaux, ouvrages provisoires venant partiellement obstruer le lit, soit en dehors du lit initial du cours d'eau qui devra ensuite être détourné.

Constructions de batardeaux et détournements de lits posent des problèmes écologiques et domaniaux. Ils constituent, en tout état de cause, des facteurs d'élévation du coût du barrage proprement dit.

Il est donc évident que, toutes les dispositions qui permettraient d'éviter de telles opérations, seraient a priori, source d'économie et de diminution des perturbations causées par le chantier au milieu environnant.

Quant aux bouchures, elles ont été constituées, dans le passé, tout d'abord, par de petits éléments : les hausses (en particulier, les hausses Chanoine) qui furent d'abord manœuvrées à la main. Ces manœuvres pouvaient s'avérer parfois difficiles et dangereuses. La construction de passerelles destinées à supporter des chariots utilisés pour leur manœuvre, a permis de les faciliter, mais en créant, au-dessus de l'eau, des superstructures d'aspect souvent peu esthétique.

Une autre orientation a consisté à utiliser de grandes bouchures manœuvrées mécaniquement et s'appuyant sur des piles ancrées dans le radier et espacées entre elles de 20 à, au maximum, 30 mètres. Cet espacement permet, en cas d'avarie survenue à un élément de bouchure, de mettre en place une bouchure de secours constituée, en général, par des poutrelles empilées les unes sur les autres qui viennent obturer l'espace compris entre deux piles. Pour faciliter la manutention de ces poutrelles de grande dimension, il est, en général indispensable de prévoir une passerelle en superstructure.

Il est à noter à ce propos que le remplacement d'un élément endommagé, de petite bouchure, ne présente pas les mêmes difficultés. Il peut être effectué, en général, sans utilisation d'une passerelle, car le

batardeau de secours à mettre en place est, du fait de sa petite dimension, relativement facile à manipuler.

Après ces quelques rappels, il est aisé de décrire la démarche de pensée qui a conduit à la conception du barrage à radier métallique et clapets à vérins aval.

Pour éviter lesatardeaux ou les détournements de cours d'eau, l'idée est venue de constituer le radier par un caisson métallique convenablement raidi et venant s'appuyer sur deux rideaux de palplanches, perpendiculaires au courant et constituant des rideaux parafoilles.

Ces palplanches peuvent être, en courant libre, battues et recépées à une cote voisine de l'arasement du radier.

Le caisson métallique amené sur dock flottant, est échoué puis rempli de béton, après mise en place. Il ne constitue, en définitive, rien d'autre qu'un coffrage perdu.

Pour supprimer les superstructures et les ouvrages massifs que constituent les piles, on a été conduit à envisager de petits éléments de bouchures exerçant, sur le radier, des efforts beaucoup mieux répartis le long de celui-ci, que ceux obtenus avec de grandes bouchures qui concentrent les transmissions d'efforts à la verticale des piles.

Les perfectionnements apportés depuis quelques années, aux systèmes hydrauliques, ont permis d'attribuer à ceux-là une fiabilité suffisante pour autoriser, en définitive, la conception d'un ensemble constitué par des clapets métalliques accolés les uns aux autres et manœuvrés par des batteries de vérins placés en aval.

La tige de chaque vérin ne sort de l'huile qui remplit le corps du vérin que pendant la durée des manœuvres. Tout danger de rouille est ainsi écarté.

Au total, les analyses résumées ci-dessus ont permis de concevoir un nouveau type de barrage mobile dont une caractéristique essentielle est d'être, en grande partie, préfabriqué en chantier naval où sont construits et assemblés : le radier métallique, les clapets et les batteries de vérins. C'est donc un ouvrage très élaboré qui est ensuite transporté, soit sur dock flottant ou sur barge, soit autoflottant, avant d'être échoué, au cours d'une manœuvre de très courte durée (quelques heures) sur le double rideau de palplanches mentionné plus haut.

On conçoit que de telles dispositions puissent conduire, comparées à des barrages mobiles classiques, à des coûts très inférieurs.

Dans le cas du prototype qu'a constitué le Barrage de DENOVAL, on est parvenu à une économie de 30 % par rapport au projet, initialement envisagé, de barrage classique à grandes bouchures. On peut espérer améliorer à l'avenir, cette performance, au fur et à mesure du développement des expériences.

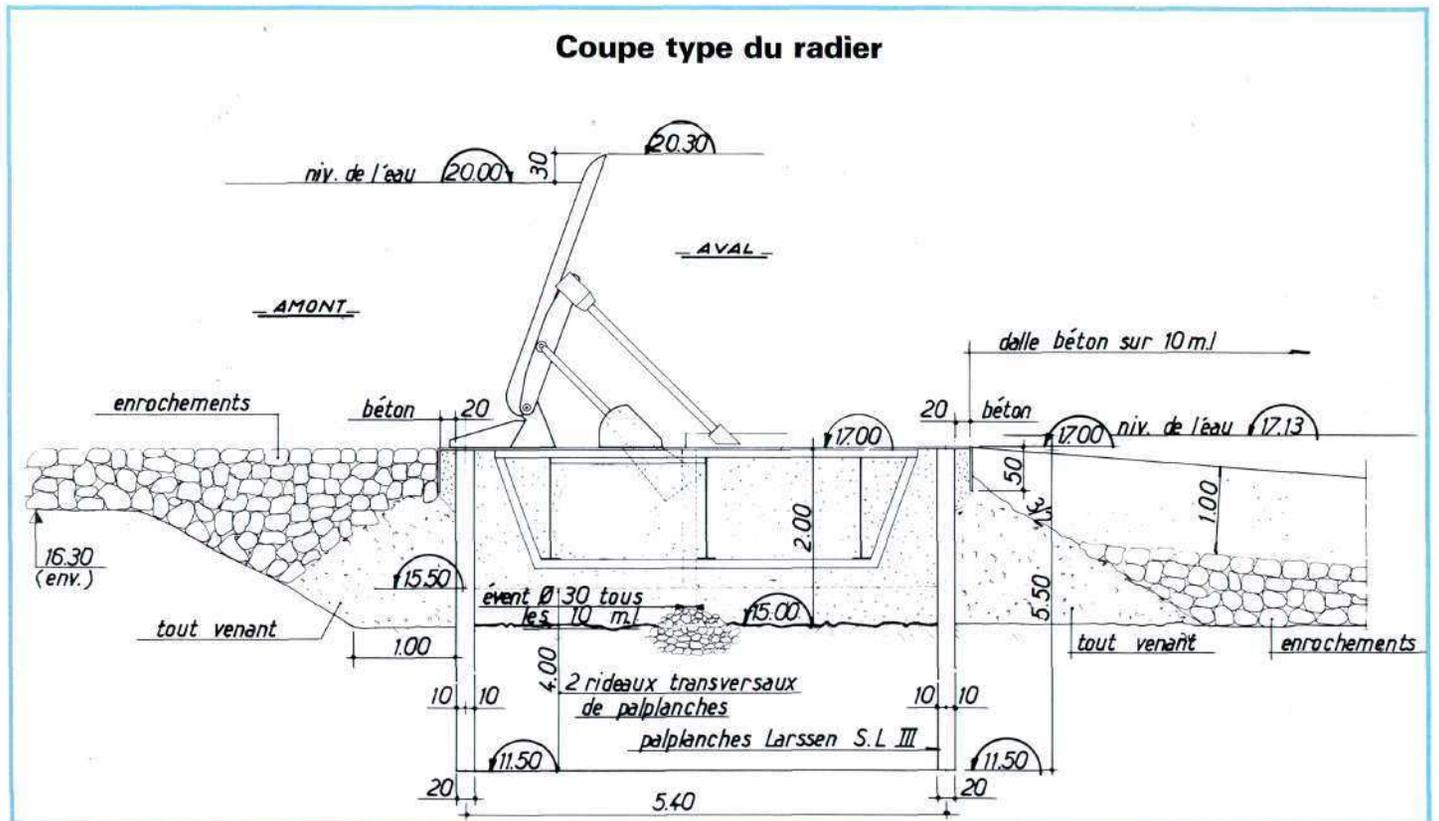
Pour compléter la description des caractéristiques générales de ce nouveau type d'ouvrage, il est intéressant de noter qu'il semble, en outre, comparé à des dispositifs classiques, présenter diverses autres propriétés intéressantes. En effet, le dispositif de manœuvre des clapets permet de les disposer en chicane, en donnant à des clapets consécutifs, des inclinaisons différen-

tes. On provoquera, de la sorte, des phénomènes de turbulence, dissipateurs d'énergie et qui entraîneront, en outre, une mise en émulsion de l'eau. Celle-ci diminuera fortement la capacité d'érosion de l'écoulement et sera, en outre, propice à une bonne oxygénation, oxygénation indispensable, on le sait, à la mobilisation du pouvoir auto-épuration des eaux superficielles. En outre, ces caractéristiques permettront de réduire sensiblement l'importance des dispositifs de protection aval contre l'érosion.

## II. Caractéristiques techniques du barrage de Denouval

Le barrage est constitué d'une seule passe de 75 m d'ouverture libre, fermée par 30 clapets permettant de tenir la retenue amont à la cote 20,30 NGF, la cote du radier étant de 17,00 NGF.

L'ouvrage est essentiellement constitué par un caisson métallique formant radier et seuil, le caisson repose sur une enceinte en palplanches métalliques ; le volume délimité par l'enceinte en palplanches et le radier est rempli par du béton immergé. Les extrémités du caisson comportent des éléments métalliques formant culées. Le radier reçoit, à sa partie supérieure, les clapets manœuvrés par des vérins hydrauliques commandés depuis la cabine située en rive droite.



## Radier

Le caisson métallique (75 m de long, 6,00 m de large, 1,70 m de hauteur) convenablement raidi, a été réalisé dans un chantier naval (Chantiers de la Haute-Seine). Dans la cellule amont du caisson a été ménagée une galerie longitudinale où ont été logées les canalisations hydrauliques d'alimentation et de commande des vérins. Cette galerie étanche communique avec les éléments d'extrémité formant culée et débouche dans la cabine de commande, elle sert de galerie de visite.

Les éléments de la bouchure ainsi que les vérins de manœuvres ont été montés sur le radier au chantier naval. L'ensemble, d'un poids de 240 T, a été amené sur le site par voie fluviale sur un dock flottant, puis immergé afin de reposer sur l'enceinte en palplanches préalablement battue entre les cotes 17,00 et 9,50 NGF. Le fond de l'enceinte draguée à la cote 14,50 avait reçu une première passe de béton immergé de 0,50 d'épaisseur environ.

Après immersion, un deuxième béton immergé a été coulé dans la boîte ainsi formée, au travers de trappes ménagées dans la tôle supérieure du radier. Ces bétonnages réalisés à la pompe sont complétés par des injections de coulis (cube de béton 960 m<sup>3</sup>, coulis prévu 60 m<sup>3</sup>).

## Culées

Chaque extrémité du caisson est prolongée par un élément de 1,75 m de longueur formant support d'un élément de culée métallique s'élevant jusqu'au niveau de la berge (21,00 NGF) et qui contient la cheminée d'accès à la galerie de visite. Ces éléments étaient solidaires du radier au moment de l'immersion.

Ces éléments sont raccordés aux niveaux de défense de berge par deux tôles métalliques. L'espace situé entre ces tôles, l'élément de culée et le rideau de défense de berge, est rempli de béton. En rive droite, il sert de fondation à la cabine de commande.

## Bouchure

La bouchure est constituée de 30 clapets de 2,50 m de large. La tête de ces clapets en position la plus haute, est à la cote 20,30 NGF.

Les clapets reposent sensiblement en leur milieu sur un chevalet articulé à la base sur des paliers fixés sur le radier métallique. Le chevalet est appuyé en tête sur un arc-boutant qui s'appuie sur le radier par l'intermédiaire d'une glissière qui comporte 4 crans et permet ainsi 4 positions des clapets.

## Organes de manœuvres

La manœuvre des clapets est assurée par des vérins situés à l'aval (l'effort maximum au vérin est de 35 T). Ces vérins peuvent se déplacer dans le plan vertical et la liaison avec le chevalet est assurée par un système coupelle sphère. Ce dispositif permet de



rentrer la tige du vérin en fin de manœuvre. Il assure le recentrage des efforts en début de manœuvre quelle que soit la position du clapet.

Les organes de commande sont centralisés dans la cabine sur un pupitre. Ils comprennent :

- la présélection du vérin à manœuvrer
- l'alimentation de ce vérin
- le repérage de position des clapets

La transmission des commandes et informations entre le vérin et la cabine est entièrement hydraulique. Les éléments électri-

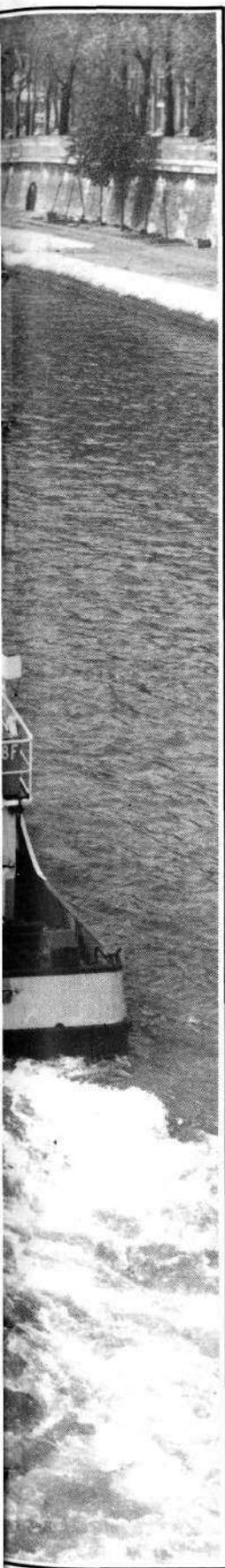


Photo Air et Cosmos

*Transport sur dock flottant du barrage de Denouval.*

rielles nécessaires pour reconstruire le barrage de DENOVAL, a décidé de lancer en 1978, un appel d'offres avec possibilité, pour les Entreprises, de présenter des variantes larges. Le Service, bien sûr, connaissait les conceptions récentes en matière de barrage mobile du Professeur AUBERT et avait décidé de mettre en concurrence le projet étudié dans le Service et ce nouveau projet "AUBERT". C'est le Groupement d'Entreprises CITRA-FRANCE, filiale de S.B.T.P., et MORILLON CORVOL COURBOT qui a présenté le projet variante.

Le Service de la Navigation de la Seine a pris alors la décision de retenir cette solution, à la fois en raison de son coût très notablement inférieur, des garanties que le Groupement d'Entreprises a données à la suite de la mise au point de ce projet, garanties portant notamment sur l'entretien de l'ouvrage pendant 5 ans, et aussi parce que il apparaissait que ce projet, de par ses qualités propres, pouvait permettre une exportation bénéfique pour l'industrie française. L'ouvrage a été réalisé en dix-huit mois.

### III. Perspectives d'avenir

Les dispositifs qui viennent d'être décrits sont protégés par différents brevets, dont les Sociétés du Groupe SPIE - BATIGNOLLES ont la licence exclusive.

S'il est apparu indispensable, avant toute tentative de réalisation à l'étranger, d'obtenir des références françaises dont le Barrage de DENOVAL constitue la première, la conception de ce produit semble orientée vers la conquête des marchés à l'exportation.

En effet :

Comme cela a été indiqué au début de cet article, il semble bien que les transports par voie d'eau soient, partout dans le monde, en train d'attirer vers eux un regain d'intérêt. Le produit mis au point répond à cette nouvelle demande. En outre, sa conception a permis de le rendre très compétitif, aussi bien dans les pays où l'on rencontre des conditions économiques comparables à celles qui règnent en France, comme par exemple, les divers pays de l'OCDE, que dans les pays en voie de développement.

En effet, d'une part, l'importance des opérations de préfabrication à effectuer sur un chantier séparé ou non du site du barrage, permet une grande souplesse d'adaptation à l'environnement spécifique de chaque projet ; d'autre part, les opérations sur site, d'ailleurs très réduites, semblent, en outre, commodément réalisables dans des conditions d'isolement technologique relatif, telles qu'on peut en rencontrer sur beaucoup de cours d'eau de pays en voie de développement (utilisation de matériels robustes et simples qu'on trouve, en général, sur les cours d'eau navigables).

Enfin, les dimensions des éléments constitutifs sont susceptibles de variations continues à l'intérieur d'un champ très étendu.

Par conséquent ce produit paraît doté d'une grande souplesse d'adaptation qui pourrait conduire à envisager son utilisation, aussi bien dans les pays tropicaux que dans les pays froids, aussi bien pour l'aménagement des cours d'eau naturels que pour des barrages anti-tempêtes à l'embouchure de certains fleuves ou en accompagnement aux micro-centrales électriques à faible hauteur de chute dont paraissent pouvoir être équipées de nombreuses rivières, petites ou grandes, navigables ou non. Ses perspectives d'utilisation dans les travaux d'irrigation semblent, elles aussi, pleines de promesses.

Les Services de Recherche de SPIE-BATIGNOLLES et de ses filiales, SBTP et CITRA-FRANCE, ont, avec le concours du Professeur AUBERT, lancé des programmes d'études visant à concrétiser ces différentes orientations. Ces Sociétés ont, en outre, décidé de mener d'importantes actions technico-commerciales de développement de ce produit.

### Conclusion

En guise de conclusion, il semble utile d'insister sur deux idées essentielles :

1° Dans le domaine des Travaux Publics, comme dans bien d'autres d'ailleurs, on ne peut généralement prétendre exporter que les produits dont on a, au préalable, acquis l'expérience française. La concurrence internationale est devenue telle que, sur les solutions traditionnelles, les chances d'exportation ne peuvent qu'aller en s'amenuisant. Il est donc indispensable que les donneurs d'ouvrages publics fassent bénéficier l'innovation d'un préjugé favorable au prix d'un certain inconvénient intellectuel puisqu'il faut, pour ce faire, savoir accepter de se remettre en cause (le maître d'ouvrage n'est plus l'auteur du projet) et certains risques (toute nouveauté à sa part d'inconnue).

2° Un ouvrage comme le Barrage de DENOVAL montre que des économies appréciables peuvent être trouvées dans le domaine du génie civil, en développant, au maximum, la préfabrication, et en s'efforçant de réduire, le plus possible, les opérations sur le site.

Il est remarquable que cette diminution de coût aille de pair avec une forte réduction des perturbations apportées à l'environnement, tant par le chantier que par l'ouvrage une fois construit.

ques sont ainsi regroupés dans un milieu sec.

#### Exécution

Le Service de la Navigation de la Seine qui venait d'obtenir les autorisations ministé-



*Barrage ES SAADA, Algérie (anciennement nommé SIDI MOHAMED BEN AOUA) La plus grosse unité algérienne pour l'irrigation.*

*Maître d'ouvrage : Dir. des Projets et Réalisations Hydrauliques Alger.*

*Ingénieur Conseil : Coyne et Bellier, Paris*

*Entreprise : P. Holtzmann, Francfort.*

(Cliché Coyne et Bellier)

# L'exportation du génie civil français

*Pierre LONDE*

*Directeur Technique, Coyne et Bellier*

*Président de la Commission Internationale des Grands Barrages*

1. Les grands travaux hydrauliques sont en pleine expansion dans le monde. Les besoins de l'agriculture, la maîtrise des crues et des étiages, la demande d'énergie sont à l'origine du développement spectaculaire des grands barrages. On observe depuis le début du siècle une croissance exponentielle du nombre de barrages mondiaux au rythme de 7 % par an soit le doublement en 10 ans. Loin de se ralentir cette croissance s'accroît actuellement, en particulier pour les grands barrages de plus de 100 m de hauteur. La puissance des centrales hydro-électriques atteint des valeurs sans précédent. L'avenir offre d'immenses possibilités, puisque seulement 15 % du potentiel énergétique hydraulique de notre planète est actuellement exploité. Et l'on sait l'importance que revêtent pour l'humanité les énergies renouvelables comme l'est l'énergie hydraulique.

Or, la France a une vocation en génie civil qui lui vaut une réputation bien établie. Nos compétences sont indiscutées, aussi bien dans les Associations internationales qui

réunissent les spécialistes de l'hydraulique, de la géologie, de la géotechnique, du béton, de la précontrainte, que dans les réalisations d'ouvrages chez nous et à l'étranger. Les aménagements d'E.D.F. et de la C.N.R. sont des modèles admirés hors de nos frontières. La France a d'autre part le souci permanent, quand elle contribue à des conceptions ou des réalisations d'ouvrages dans des pays en voie de développement, de former des techniciens locaux capables de jouer ensuite un rôle sans cesse croissant dans l'effort national d'équipement.

C'est dire que nous sommes en bonne position pour contribuer au développement mondial des grands travaux hydrauliques. Et pourtant, nous rencontrons de sérieuses difficultés face à la concurrence, aussi bien pour l'exportation de l'ingénierie que pour l'exécution des travaux.

2. L'ingénierie a le grand intérêt de se situer

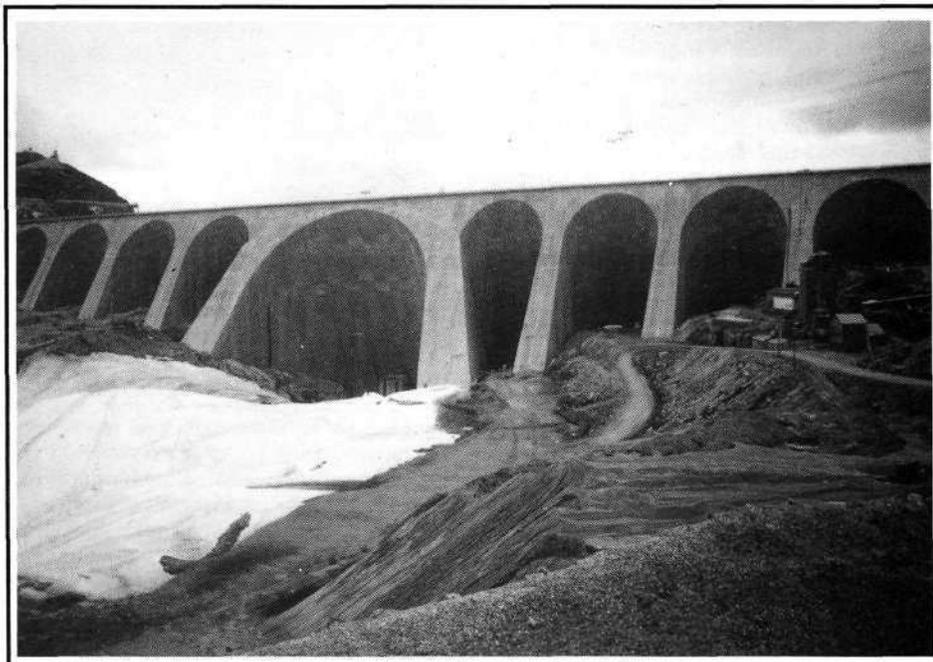
à l'amont des opérations de construction. Mais elle ne représente que des montants de rémunération très inférieurs au coût des travaux, et son attribution à une société française n'implique aucun engagement ou certitude quant à la nationalité de l'attributaire des travaux et fournitures qu'elle définit. C'est pourquoi, pendant longtemps, les Pouvoirs publics ne manifestèrent pas beaucoup d'intérêt aux réussites ou aux échecs commerciaux de nos bureaux d'études à l'étranger. Il n'en était cependant pas de même de certains pays, qui donnaient un appui total à leurs ingénieurs conseils. Il y a longtemps par exemple que le Japon a saisi l'importance de l'ingénierie, opération amont, sur l'action commerciale à long terme et en définitive sur la vente de fournitures. On peut citer, plus récemment, les offensives internationales de l'ingénierie canadienne, ou britannique, ou néerlandaise, ou suédoise.

Cette concurrence redoutable pour nos bureaux d'études s'appuie sur l'usage, malheureusement de plus en plus répandu de

la mise en concurrence internationale sur la base du montant global des honoraires, voire même des prix mensuels des ingénieurs et techniciens. Même lorsque cet usage est tempéré par la procédure de pré-qualification, destinée en principe à mettre en concurrence des bureaux d'égalles compétences et références, le moins-disant l'emporte par une offre souvent biaisée et, contrairement à ce qu'il croit, le client ne paie pas moins cher un service équivalent mais un service au rabais. Combien d'ouvrages importants, se chiffrant par centaines de millions de dollars, auraient coûté beaucoup moins chers si le client n'avait pas cherché à économiser sur les études 1 ou 2 % de coût total. La procédure de sélection des ingénieurs conseils par les prix est détestable, aussi bien pour le prestataire de service que pour le client. On connaît des cas célèbres, où le bureau d'ingénieurs conseils éliminé sur la base de ses honoraires est appelé quelques années plus tard par le même client pour le sortir d'une situation grave où l'a mis le "moins-disant".

Les grandes institutions internationales de financement sont conscientes de ces défauts, qui compromettent l'efficacité de leur concours. Mais leur influence sur leurs clients décline sans cesse pour des raisons avant tout politiques. De leur côté, les pouvoirs publics français sont de plus en plus attentifs à mettre en œuvre les moyens nécessaires pour aider l'ingénierie française à affronter la concurrence. Mais, il y a beaucoup à faire. Le contexte international se durcit. Bon nombre de pays en sont arrivés à ne plus payer les études "amont", ayant assez d'offres gratuites pour s'en contenter, même si leur préférence intime va à la technique française, toujours très appréciée.

3. La situation des entreprises de travaux est sensiblement différente, à cause des montants engagés. Néanmoins, là encore, les soutiens financiers apportés par certains pays à leurs entrepreneurs jouent un rôle qui peut être décisif, surtout pour les très grands travaux. Il n'est pas rare que le montant de l'opération, avec les risques financiers associés souvent aggravés par des risques politiques, soit hors de proportion avec les possibilités propres de l'entreprise. D'autant que les entreprises françaises sont de taille modeste, ce qui les conduit à se grouper pour traiter beaucoup de



Barrage DANIEL JOHNSON, Canada (anciennement nommé MANICOUAGAN VI), le plus haut barrage à voûtes multiples du monde : 214 m - Maître d'ouvrage et constructeur : HydroQuébec, Montréal. Ingénieur Conseil : Coyne et Bellier, Paris. (Cliché Géoconseil)

Barrage de BUYO, Côte d'Ivoire - Maîtres d'ouvrage : Ministère de l'Economie, des Finances et du Plan ; Energie électrique de la Côte d'Ivoire - Ingénieur Conseil : EDF-DAFECO, Paris - Entreprises : Les Chantiers Modernes (pilote), Razel Frères, Paris (Cliché Photivoire)



travaux mis en concurrence. Les cinq premières entreprises françaises viennent après les huit premières d'Europe et les quinze premières du monde.

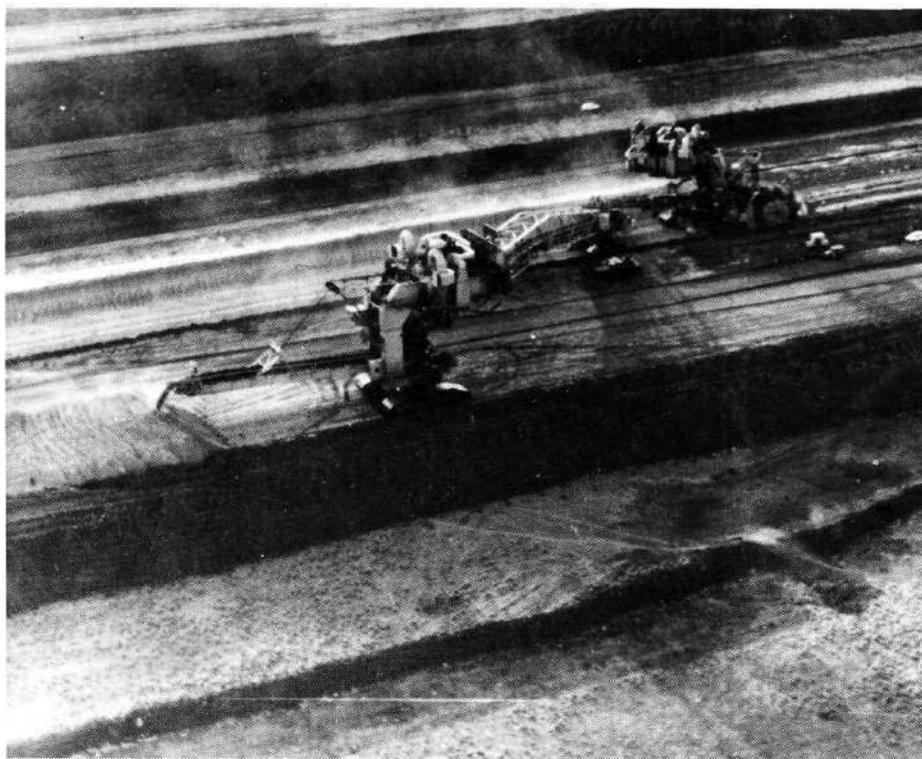
4. Malgré ces sérieuses difficultés l'ingénierie et l'entreprise française sont largement présentes sur le marché international du génie civil. Cela tient à la qualité des services rendus et au haut niveau technique des prestations. Mais il ne faut pas se faire d'illusion. Notre position ne pourra être maintenue qu si nous réagissons avec énergie et faisons face par une volonté commune aux méthodes de la concurrence.

Dans certains cas, dont il y a déjà des exemples, il faut former des ensembles cohérents réunissant ingénieurs conseils, constructeurs et financiers. Un autre moyen est d'entrer dans les opérations situées à l'amont des travaux, grâce à un financement des études à des conditions de faveur avec l'aide de l'Etat. N'oublions pas qu'actuellement encore la majorité des protocoles bilatéraux français limitent l'application des crédits aux travaux et fournitures d'équipement. Nous ne pourrions maintenir notre avance technologique et notre rayonnement mondial sans une volonté politique au niveau du financement des études amont.

Cette avance technologique et ce rayonnement se manifestent de plusieurs manières, que quelques exemples vont mettre en lumière.

5. L'entreprise française est présente sur tous les continents et elle excelle à faire original. L'entrepreneur de notre pays n'est pas un simple exécutant qui se contente, comme beaucoup le font, de construire aveuglément ce que le client lui propose. Il est fréquent qu'il soumette des variantes élégantes et économiques. Cela tient à sa formation d'ingénieur, à son esprit critique, à son sens aigu des conditions du chantier.

En cela, il est bien français, aimant l'initiative et l'innovation. Il y a quelques années un entrepreneur français construisant un barrage voûte de 200 mètres de hauteur obtenait de l'ingénieur conseil américain une importante révision du projet par addition d'une vidange de fond à l'origine non prévue. Nul doute que cette initiative ait grandement augmenté la sécurité de l'ouvrage. Plus récemment un autre entrepreneur français proposait et obtenait une modification radicale du projet d'un grand canal hydraulique, réalisant une amélioration importante du programme des travaux et de l'exploitation ultérieure. Partout où l'entreprise française est chargée des travaux on peut être assuré qu'il y aura du "sur mesures" et la mise en œuvre des techniques les mieux adaptées. Il suffit de citer ici quelques uns des ouvrages les plus connus pour apprécier notre part dans la réalisation des travaux hydrauliques mondiaux : Reza Shah Kabir (Iran), Cabora Bassa (Mozambique), Keban (Turquie), Tarbela (Pakistan), Orange-Fish Tunnel (Afrique du Sud), Buyo (Cote d'Ivoire), Djatiluhur (Indonésie). Quant aux entrepre-



Canal de JONGLEI, Soudan

(Cliché GTM)

Maître d'ouvrage : Ministère de l'Irrigation du Soudan

Ingénieur Conseil : Permanent Joint Technical Commission for Nile Waters

Entreprise : Compagnie de Constructions Internationales (pilote : Grands Travaux de Marseille), Paris.

neurs spécialistes en traitement des fondations ils sont incontestablement parmi les tous premiers du monde.

6. Les ingénieurs conseils français sont également présents sur tous les continents et leur notoriété n'est pas contestée. Les bureaux d'études sont pourtant de taille modeste comparée à celle de beaucoup de concurrents. Ils s'exportent individuellement ou associés à divers degrés à E.D.F. au sein de S.O.F.R.E.L.E.C. selon les cas. Eux aussi ont le goût de l'innovation et des solutions originales. Citons Hendrick Verwoerd (Afrique du Sud), voûte de 1 km de longueur en crête, Daniel Johnson (Canada), voûte multiple de 200 m de hauteur, record du monde, Kariba (Zimbabwe-Zambie) voûte en vallée large avec évacuateur en charge capable de 9 000 m<sup>3</sup>/s. Ces derniers barrages créent deux des quatre plus grandes retenues du monde. Djatiluhur (Indonésie), barrage en terre et enrochement, présente une solution sans précédent qui groupe dans une grande tour amont toutes les fonctions hydrauliques : évacuateur, prise d'eau, centrale hydro-électrique.

Pour de multiples raisons, économiques et politiques, il est de plus en plus fréquent que nos ingénieurs conseils s'associent à des bureaux locaux. Cette formule n'est pas sans poser de nouveaux problèmes et modifie les méthodes de travail. Elle présente l'avantage de contribuer à la formation des ingénieurs étrangers et à créer des liens privilégiés entre la France et les pays où cette action est réussie. Ces liens sont favorables à la continuité de nos interven-

tions dans le futur. Il en est de même de l'effort de formation fait par les pouvoirs publics en faveur des stagiaires étrangers : l'A.C.T.I.M. nous assure des sympathies durables qui facilitent à terme nos entrées dans des opérations à l'étranger.

7. En conclusion, l'exportation du génie civil français a d'excellents atouts par la qualité incontestée de ses réalisations et par son avance technologique. Mais, pour garder notre place face à une concurrence internationale de plus en plus dure et pour corriger la modicité de nos moyens, nous devons faire un effort d'adaptation aux conditions nouvelles du marché. Cet effort est essentiellement d'ordre commercial. Il est notoire que le français n'est pas un commerçant né. Ceci est encore aggravé par nos structures administratives, qui sont loin d'être favorables à l'intervention efficace des pouvoirs publics dans les actions commerciales surtout lorsqu'elle ne sont qu'indirectement génératrices d'exportation de produit, comme c'est le cas de l'ingénierie et dans une certaine mesure aussi des travaux de génie civil. Fort heureusement les idées évoluent et de nombreuses personnalités œuvrent actuellement à corriger cet héritage du passé.

Moyennant quoi nous pourrions maintenir notre présence à l'étranger pour le plus grand profit de tous.

# La Vie du Corps des Ponts et Chaussées

## information

*La Conférence des Grandes Ecoles qui regroupe la grande majorité des Ecoles françaises d'ingénieurs ou de gestion, a organisé le 15 novembre 1979 une importante manifestation sur le thème.*

*"La Documentation dans les Grandes Ecoles  
S'informer pour se former et agir."*

*Le rôle de l'information dans la société contemporaine et dans la pratique professionnelle de l'ingénieur devient fondamental. Les Grandes Ecoles commencent à percevoir cette tendance et à apporter aujourd'hui des réponses intéressantes, notamment selon deux modalités :*

*— utilisation de l'information scientifique et technique et de la documentation dans la formation et la pédagogie ;*

*— apport des Grandes Ecoles à la constitution de bases et banques de données.*

*Les actes de cette journée qui constituent un réel ouvrage de référence sont aujourd'hui disponibles au prix de 50 F à commander à :*

*Jean MICHEL  
Centre Pédagogique de Documentation  
ECOLE NATIONALE DES PONTS ET  
CHAUSSEES  
28, rue des Saints-Pères - 75007 PARIS*

*Les travaux du Groupe de Recherche Pédagogique de la Conférence des Grandes Ecoles, qui a préparé cette manifestation, se poursuivront en liaison avec la Mission Interministérielle d'Information Scientifique et Technique - MIDIST - selon trois directions :*

*— mieux connaître les moyens et les pratiques documentaires des Grandes Ecoles et faciliter par là même les échanges entre les établissements ;*

*— inciter les Ecoles à insérer la pratique documentaire dans les enseignements et notamment à utiliser plus systématiquement la documentation automatisée (réseaux informatisés, bases et banques de données, ...);*

*— organiser les 13 et 14 novembre 1980, à Marseille, un séminaire pour les Directeurs des Grandes Ecoles pour amener à définir clairement la politique de leurs établissements en ce qui concerne la production, le traitement, la gestion et l'utilisation de l'information scientifique, technique et économique.*

*Enfin, en liaison avec le Conseil National des Ingénieurs Français (CNIF) est engagée une réflexion sur l'adéquation aux ingénieurs des moyens actuels d'information et de documentation.*

## AVIS DE VACANCE DE POSTE POUR UN ENSEIGNEMENT DE recherche opérationnelle à l'École Nationale des Ponts et Chaussées

L'École Nationale des Ponts et Chaussées lance un avis de vacance de poste de Professeur de Recherche Opérationnelle. Il s'agit d'un Enseignement Spécialisé entrant dans le cadre d'une Option de l'École.

Cet enseignement comporte 17 séances de trois heures chacune. Ces séances comprennent des exposés ou conférences, et des travaux dirigés.

Le contenu de cet enseignement est résumé de manière sommaire comme suit :

Convexité - Programmation linéaire - Graphes - Programmation dynamique - Programmation non linéaire.

Les personnes intéressées peuvent obtenir des précisions complémentaires auprès du Directeur de l'Enseignement de l'École.

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

Les dossiers de candidature doivent être adressés à l'École, au plus tard le 31 octobre 1980.

## DÉCISIONS

M. Henri **BOUMENDIL**, I.C.P.C. est, à compter du 1<sup>er</sup> janvier 1980, maintenu en service détaché pour une nouvelle période de cinq ans éventuellement renouvelable auprès du Ministère des Affaires Etrangères afin de lui permettre de continuer à exercer des fonctions de son grade à la Banque Internationale pour la Reconstruction et le Développement (B.I.R.D.).  
Arrêté du 10 juin 1980.

M. François **SCHLOSSER**, I.C.P.C. est, à compter du 1<sup>er</sup> février 1980, maintenu en position de disponibilité pour une dernière période de trois ans auprès de la Société d'Etudes de la Terre Armée pour continuer à y exercer les fonctions de Président Directeur Général.  
Arrêté du 20 juin 1980.

M. Robert **DAVID**, I.C.P.C., en service détaché auprès de la Compagnie Générale pour la Navigation du Rhin, en qualité de Directeur Général, est, à compter du 1<sup>er</sup> janvier 1980, maintenu dans la même position et dans les mêmes fonctions auprès de cet Organisme pour une nouvelle période de cinq ans, éventuellement renouvelable.  
Arrêté du 3 juillet 1980.

M. Jacques **FISCHER**, I.P.C., en service détaché auprès du port autonome de Nantes-Saint-Nazaire, est, à compter du 1<sup>er</sup> juin 1980, réintégré dans son corps d'origine et mis à la disposition de l'Etablissement Public pour l'Aménagement de la Région de la Défense (E.P.A.D.) en qualité de Chef de la Division "Technique et Programmation Opérationnelle".  
Arrêté du 3 juillet 1980.

M. Daniel **FEDOU**, I.P.C., en service détaché auprès de la Banque Nationale de Paris, est, à compter du 1<sup>er</sup> mars 1980, maintenu dans la même position auprès de cet Organisme pour une nouvelle période d'un an éventuellement renouvelable afin de lui permettre de continuer à y exercer les fonctions d'Ingénieur-Conseil.  
Arrêté du 3 juillet 1980.

M. Christian **GERONDEAU**, en service détaché auprès du Ministère de l'Intérieur, est, à compter du 1<sup>er</sup> mars 1980, maintenu dans la même position pour une nouvelle période de cinq ans auprès de ce Département Ministériel afin de lui permettre de continuer d'exercer les fonctions de Directeur de la Sécurité Civile.  
Arrêté du 3 juillet 1980.

M. Jean-Paul **RENOUX**, I.C.P.C., en service détaché auprès de la S.N.C.F., est, à compter du 1<sup>er</sup> septembre 1980, réintégré dans son administration d'origine et affecté au Service Technique des Phares et Balises en qualité d'Adjoint au Chef du Service.  
Arrêté du 3 juillet 1980.

M. Jean-Claude **DROIN**, I.C.P.C., chargé de mission auprès du Directeur Régional de l'Equipement Provence-Alpes-Côte-d'Azur, est, à compter du 7 mars 1980, mis à la disposition du Ministère des Affaires Etrangères pour exercer des fonctions de son grade au MAROC, au titre de la Coopération Technique.  
Arrêté du 3 juillet 1980.

M. Pierre **RIMATTEI**, I.P.C. à la Direction Départementale de l'Equipement de la Drôme, est, à compter du 1<sup>er</sup> juin 1980, mis à la disposition de la ville de Marseille en vue d'y exercer les fonctions de Directeur Général Adjoint des Services Techniques.  
Arrêté du 3 juillet 1980.

M. André **DUMET**, I.G.P.C., affecté à l'Inspection Générale de l'Equipement et de l'Environnement est, à compter du 15 juillet 1980, chargé conjointement avec M. BONAFOS des 10<sup>e</sup> (Région Limousin) et 18<sup>e</sup> (Région Auvergne) circonscriptions territoriales d'Inspection Générale.  
Arrêté du 3 juillet 1980.

M. Jean-Pierre **DAVID**, I.P.C., chargé du groupe d'Etudes et de Programmation à la direction départementale de l'Equipement des Alpes-de-Haute Provence, est, à compter du 1<sup>er</sup> juillet 1980, chargé de mission auprès du Directeur.  
Arrêté du 5 juillet 1980.

## MUTATIONS

M. André **CANOVILLE**, I.P.C. à la Direction Départementale de l'Equipement de la Seine-Maritime, est, à compter du 1<sup>er</sup> juillet 1980, muté à la Direction Départementale de l'Equipement du Calvados en qualité d'adjoint au Directeur.  
Arrêté du 26 juin 1980.

M. Jacques **LONGUEVAL**, I.P.C. à la Direction Départementale de l'Equipement du Haut-Rhin, est, à compter du 1<sup>er</sup> août 1980, muté à la Direction Départementale

de l'Equipement de la Seine-Saint-Denis en qualité d'Adjoint au Directeur, chargé des Infrastructures.

Arrêté du 26 juin 1980.

M. Philippe **ROBIN**, I.P.C., chef du Groupe Permanent d'Etudes de l'Aire Métropolitaine (OREAM) de Lyon, est, à compter du 1<sup>er</sup> juillet 1980, muté à la Direction de l'Urbanisme et des Paysages en qualité de chargé de mission auprès du Directeur et du Secrétaire Général.  
Arrêté du 3 juillet 1980.

M. Michel **BELLIER**, I.P.C., à l'Institut Auguste Comte, est, à compter du 16 juillet 1980, muté à la Direction départementale de l'Equipement du Calvados pour y être chargé de l'Arrondissement "Equipements Urbains et Constructions Publiques", en remplacement de M. **GRAFF**.  
Arrêté du 3 juillet 1980.

M. Claude **SOUBEIRAN**, I.P.C. à la direction départementale de l'équipement des Hautes-Alpes, est, à compter du 16 juillet 1980, muté à la direction départementale de l'équipement de la Drôme pour y être chargé de l'arrondissement opérationnel en remplacement de M. **RIMATTEI**.  
Arrêté du 3 juillet 1980.

M. Pierre **GRAFF**, I.P.C. à la direction départementale de l'équipement du Calvados, est, à compter du 16 juillet 1980, muté à la direction départementale de l'équipement du Nord pour y être chargé de l'arrondissement territorial de Dunkerque, en remplacement de M. **BUTRUILLE**.  
Arrêté du 3 juillet 1980.

## NOMINATION

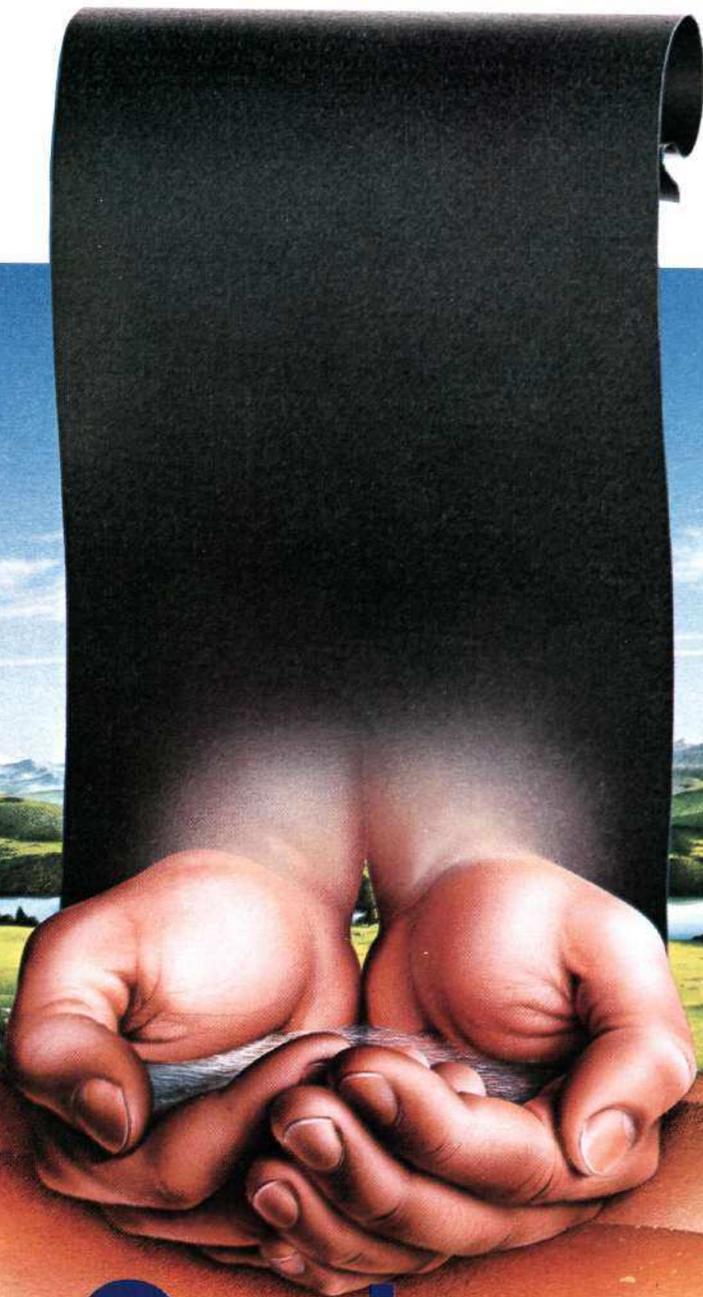
M. Jean-Louis **DURAND**, I.P.C., adjoint au directeur, chargé du groupe infrastructures à la direction départementale de l'équipement de Maine et Loire, est, à compter du 1<sup>er</sup> juillet 1980, nommé à la même direction, adjoint au Directeur, chargé de l'urbanisme et logement.  
Arrêté du 24 juin 1980.

## RETRAITE

M. Marcel **GERBAULT**, I.P.C. est réintégré dans son administration d'origine et admis, sur sa demande, à faire valoir ses droits à la retraite.  
Arrêté du 3 juillet 1980.

# Des feuilles techniques d'étanchéité pour contenir tous les déchets

Depuis plus de 10 ans nous développons une gamme de feuilles d'étanchéité capable d'apporter une solution à tous problèmes de stockage de liquides (eau potable, polluée, hydrocarbure, rejets divers).



## Gardons la nature propre

**PENNEL  
ET FLIPO**

Département :  
TRAVAUX PUBLICS  
et GENIE CIVIL

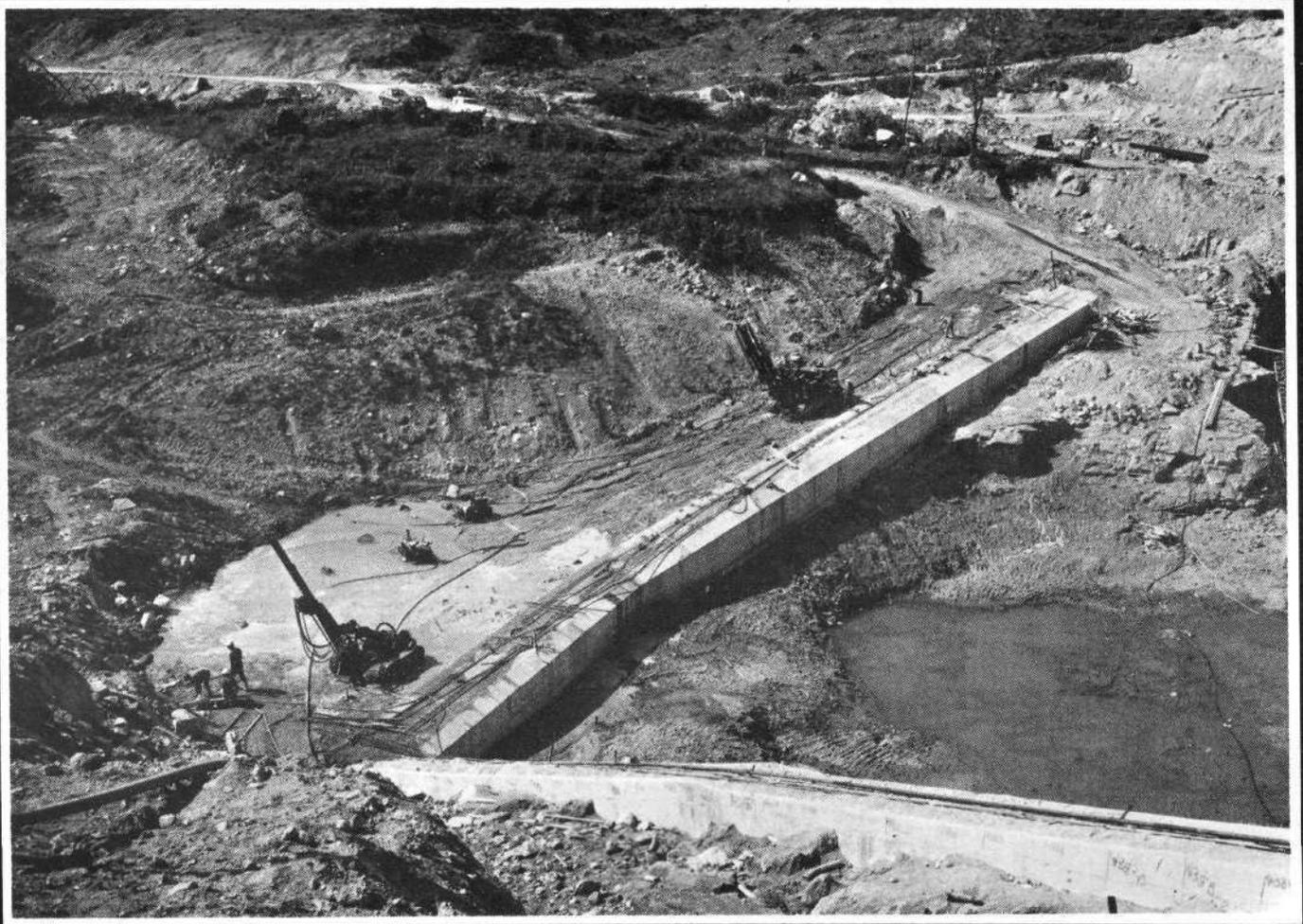
384, rue d'Alger  
59052 ROUBAIX CEDEX 1  
Tél. 70.92.60 Télex 820.373



# INTRAFOR-COFOR

SPÉCIALISTE DES TRAVAUX DANS LE SOL

15, RUE DES SABLONS - 75116 PARIS - TÉL. 505.14.20 - TELEX PARIS 611017 F



## Aménagement hydroélectrique de Montézic dans le Rouergue

Forage des trous d'injection du voile d'étanchéité amont du barrage de Monnes - Travaux en participation

SONDAGES - FORAGES - PUIITS

INJECTIONS - TIRANTS D'ANCRAGE

RABATTEMENT DE NAPPES - CONGELATION

COMPACTAGE DYNAMIQUE OU PAR VIBRATION

TRAVAUX SOUTERRAINS ET MINIERS