

**Zeitschrift:** Ingénieurs et architectes suisses  
**Band:** 109 (1983)  
**Heft:** 12

**Artikel:** Les ouvrages hydrauliques dans le tiers monde  
**Autor:** Lombardi, Giovanni  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-74970>

#### **Nutzungsbedingungen**

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

#### **Conditions d'utilisation**

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

#### **Terms of use**

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

**Download PDF:** 16.01.2026

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

# Les ouvrages hydrauliques dans le tiers monde

par Giovanni Lombardi, Locarno

**A court terme tout au moins, le développement des pays du tiers monde sera conditionné par la réalisation d'importants ouvrages hydrauliques destinés à l'alimentation en eau et à la production d'énergie électrique. Des débouchés intéressants existent pour les ingénieurs civils suisses. Certaines conditions doivent cependant être satisfaites. Il vaut sans doute la peine de faire l'effort nécessaire correspondant.**

## 1. Le développement

Les opinions peuvent certes largement diverger quant à la forme que devrait prendre le «développement» des pays du tiers monde ou plutôt quant au sens de leur évolution optimale du point de vue de l'intérêt des populations intéressées. De nombreux échecs éclatants se sont révélés ces dernières années principalement dans le domaine économique, se traduisant par un endettement de ces pays qu'il faut qualifier pour le moins d'excèsif.

Parfois, ou même souvent, ces situations extrêmement pénibles et dangereuses cachent mal de grosses erreurs de planification et des fautes techniques qu'il n'est pas dans l'objet du présent texte de rechercher en détail.

Nous reviendrons par la suite sur un seul aspect particulier de cette question. On peut assurément dire que pendant ces dernières décennies le «développement» a eu lieu d'une façon désordonnée et peu rationnelle.

La situation économique actuelle peut faire supposer qu'une réorientation de divers «plans» devra avoir lieu et que, partant, un certain ralentissement des investissements dans les infrastructures pourra en découler.

On pourrait ainsi craindre que le volume des travaux qui intéressent l'ingénieur civil ne vienne à diminuer à l'avenir. Cela n'est pas impossible à très court terme, mais à moyen terme un domaine du génie civil au moins semblerait devoir échapper à une récession de ce genre: celui des ouvrages hydrauliques, et cela dans deux champs d'activité principaux, soit l'alimentation en eau pour usages divers et la mise à disposition d'énergie hydroélectrique.

L'augmentation exponentielle de la population, regrettable sans doute, mais combien réelle, multiplie en effet continuellement les besoins en eau pour tous usages. Il en ressort une grande urgence dans la mise à disposition de l'eau nécessaire.

Dans bien des pays qui disposent de ressources hydrauliques même importantes, une grande partie de l'énergie électrique provient encore de la com-

bustion du pétrole. La nécessité de plus en plus impérieuse de remplacer les ressources énergétiques non renouvelables par des énergies qui le soient est gage d'un développement à moyen terme extrêmement important dans le domaine hydroélectrique.

A cela s'ajoutera, dans quelque temps, la nécessité d'entretenir, de transformer et même de reconstruire des ouvrages existants. Il suffit de penser au phénomène de l'envasement progressif extrêmement rapide de bien des retenues construites ces dernières décennies pour se rendre compte de l'ampleur du problème.

Depuis fort longtemps déjà, de nombreux ingénieurs suisses ont contribué et continuent à contribuer à l'étude et à la construction d'ouvrages hydrauliques et hydroélectriques dans le tiers monde.

Un vaste champ leur reste ouvert dans le moyen terme mais certaines conditions devront être satisfaites que nous préciserons par la suite.

Il se pourrait d'ailleurs fort bien que la forme de leur intervention subisse des changements peut-être même radicaux dans les années qui viendront en raison notamment des modifications de nature socio-économique qui apparaîtront spécifiquement dans chaque pays. Nous en reparlerons pour signaler quelques-unes des fautes qu'il s'agira d'éviter si les ingénieurs civils suisses désirent continuer dans cette activité passionnante qui est la leur.

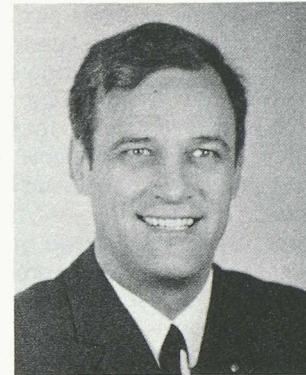
## 2. Le transfert technologique global

La faute la plus grave commise ces dernières années est ce que l'on pourrait appeler le «transfert technologique global».

Voyons de quoi il s'agit par un tout petit exemple, malheureusement bien réel, vécu parmi tant d'autres par le sous-signé.

Un bureau d'études étranger établit le projet d'un tunnel de dérivation pour la construction d'un barrage dans un pays du tiers monde.

Le diamètre en est important; la roche laisse planer quelques doutes, pas trop sérieux d'ailleurs, sur son homogénéité.



**Giovanni Lombardi, ingénieur civil dipl. EPFZ.**

*Tessinois, 57 ans. Diplôme d'ingénieur civil puis doctorat («Les barrages en voûte mince») à l'Ecole polytechnique fédérale de Zurich. De 1949 à 1955, collaboration à divers bureaux (Fribourg, France, Berne), puis ouverture en 1955 de son propre bureau à Locarno, spécialisé dans les barrages et les tunnels. Depuis 1966: membre du Conseil des Ecoles polytechniques fédérales; dès 1979: président du Comité national suisse des grands barrages.*

L'ingénieur prévoit alors à chaque mètre de tunnel la pose d'un cintre lourd, ce qui se réalise dès que la permission d'importer les cintres a été accordée.

L'ingénieur «développé» s'étonne alors que son travail, fait certainement avec la meilleure bonne volonté, soit critiqué, d'ailleurs avec bien des égards. En réalité, le fait d'avoir dû attendre le permis d'importation a retardé le chantier avec de grosses pertes de production. L'ingénieur avait oublié que les cintres lourds ne peuvent s'acheter au supermarché, comme chez lui.

Plus grave encore est le fait, auquel personne d'ailleurs ne trouve rien à redire, que l'ingénieur n'a pas tenu compte de ce qu'un seul des cintres en question, qui coûte dans son propre pays autant que 15 jours de travail d'un mineur, représente sur le chantier en question l'équivalent de 10 ans de salaire d'un mineur local, soit 240 fois plus, en termes réels, que dans le pays «développé».

Qu'un tel rapport puisse avoir quelque conséquence est aisément à saisir.

Ce qui aurait été une bonne solution «technique» ou une bonne solution tout court dans un pays industrialisé finit par devenir une énormité économique sinon technique dans un pays en voie de développement.

Au fond il ne s'est pas agi dans le cas en question d'une quelconque faute professionnelle occasionnelle, mais simplement de la manifestation d'une certaine mentalité «fétichiste» fort répandue.

Nombreux sont hélas les ingénieurs — et ils ne sont pas seuls — qui croient qu'une solution technique à un quelconque problème est valable par elle-même et qui oublient que la « technique » n'est et ne peut être qu'un grand livre de « recettes » ou « d'idées », plus ou moins complet, dans lequel l'ingénieur doit puiser pour trouver celle qui sera la plus adéquate au problème qui lui est posé, en tenant compte de l'environnement local. Le mot d'« environnement » est évidemment pris ici dans le sens le plus général et large possible et signifie l'ensemble des conditions explicites ou implicites dont l'ingénieur devrait tenir compte.

Parmi ces conditions, les aspects économiques, qu'il ne faut évidemment pas confondre avec la simple recherche du moindre coût, assument une importance primordiale, voilée parfois par des distorsions des prix unitaires fort graves pour les conséquences qu'elles peuvent avoir.

Nous ne nous attarderons pas sur l'aspect technique du problème particulier qui vient d'être évoqué, mais nous pouvons nous imaginer facilement qu'en dix ans de travail, le mineur local pourrait faire mieux ou plus qu'un seul cintre.

Examinons plutôt le problème général qui se pose ici. L'ingénieur de tout à l'heure n'est en effet malheureusement pas seul, il se trouve, ici et ailleurs, en fort nombreuse compagnie qui n'a que le terme, étymologiquement absurde et peu français d'ailleurs, de « transfert technologique » à la bouche.

Ce prétendu « transfert » qui se veut global porte une grande part de responsabilité dans l'actuelle déconfiture économique de bien des pays.

Une technique — disons une technologie pour être à la mode —, qui dans l'environnement de nos pays représente la meilleure solution à un problème donné, peut au contraire être extrêmement nuisible dans un autre environnement.

En raison d'une notion de « progrès » trop simpliste, on a rempli le monde d'ouvrages de toute sorte parfaitement absurdes qui n'engendrent que déficits.

Il serait souhaitable qu'au moins les ingénieurs et les techniciens comprennent ces relations fondamentales et partant que les Ecoles leur donnent les éléments de base d'un tel entendement. La notion de « solution techniquement juste » doit être abolie pour que l'on se réfère enfin exclusivement à celle de « solution technique la plus adéquate ».

C'est dans cet esprit que, dans un pays asiatique, on a renoncé sur certains chantiers de barrages à l'utilisation de grosses machines importées alimentées par du mazout également importé et conduites par des spécialistes étrangers très chers. On a préféré employer une multitude de travailleurs locaux munis

de simples outils, et auxquels on donne pour tout salaire quelques bols de riz par jour.

Il ne s'agit pas là à proprement parler de « progrès technique » dans le sens habituel, mais il s'agit d'un véritable progrès économique pour cette multitude de chômeurs auparavant proprement affamés.

### 3. Evolution non linéaire

La mentalité déplorée ci-devant se fonde finalement sur l'idée simple, combien simpliste, d'un progrès continu, infini dans le temps et si possible linéaire. Cette idée étant admise, la technique la plus récente et moderne devient eo ipso la meilleure et cela sans aucune discussion possible.

Cela explique les efforts faits par bien des pays pour obtenir à tout prix le « dernier cri technologique », comme s'il s'agissait d'une valeur tangible, alors qu'il peut s'agir d'un fruit ou d'un cadeau non digestible, dans certaines conditions même empoisonné. Ce qui ne signifie évidemment pas qu'il n'existe pas de principes techniques dont la validité soit générale.

Signalons en passant la grande difficulté d'ordre psychologique que l'on rencontre souvent à faire admettre cette vérité fondamentale, surtout aux technocrates, imbus de modernisme, de certains pays.

Les conditions de l'environnement déjà mentionnées varient d'ailleurs avec le temps et cela dans chaque pays. Au début du siècle, par exemple, d'innombrables installations de chauffe-eau solaires existaient aux Etats-Unis et on trouvait même au Caire une centrale mue par l'énergie du soleil. Le développement de l'industrie automobile et pétrolière a conduit, fort rapidement, à remplacer

ces installations par d'autres sources d'énergie devenues entre-temps fort bon marché, parce que considérées comme sous-produits de la production de carburants.

Ce que l'on appelle la crise énergétique, mais qui devrait plutôt être désigné comme « premières turbulences énergétiques isolées », a fait qu'à nouveau on s'adresse au soleil pour la production de chaleur.

Si demain une autre source d'énergie « illimitée et parfaitement gratuite » devenait disponible — mais pour l'instant seule l'hypothèse en est parfaitement gratuite —, il est fort probable qu'à nouveau on oublierait le bon vieux soleil pour se jeter dans les bras de cette nouvelle fée.

Ainsi donc, en fonction des conditions momentanées on choisira l'une ou l'autre des recettes contenues au grand livre de la technique.

Le « progrès » et l'évolution ne seraient-ils peut-être pas aussi simples et linéaires que l'on se plaît à l'imaginer parfois ? Se pourrait-il que certains regards en arrière soient salutaires ?

Il faut donc que l'ingénieur soit informé des diverses techniques connues et soit aussi entraîné à n'avoir pas trop de préjugés à leur égard. Cela revient alors à donner une grande importance aux disciplines de base de l'ingénieur pour que sa vision soit élargie et qu'il puisse concevoir les diverses solutions qui entrent en ligne de compte. On se plaît à ce propos à signaler l'appel de M. Cosandey, président du Conseil des Ecoles polytechniques, en faveur de l'enseignement de l'histoire de la technique.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> « Ingénieurs et architectes suisses », n° 3/1983, page 34, « Quelques réflexions sur la formation des ingénieurs civils et sur les travaux effectués par les bureaux techniques suisses ».

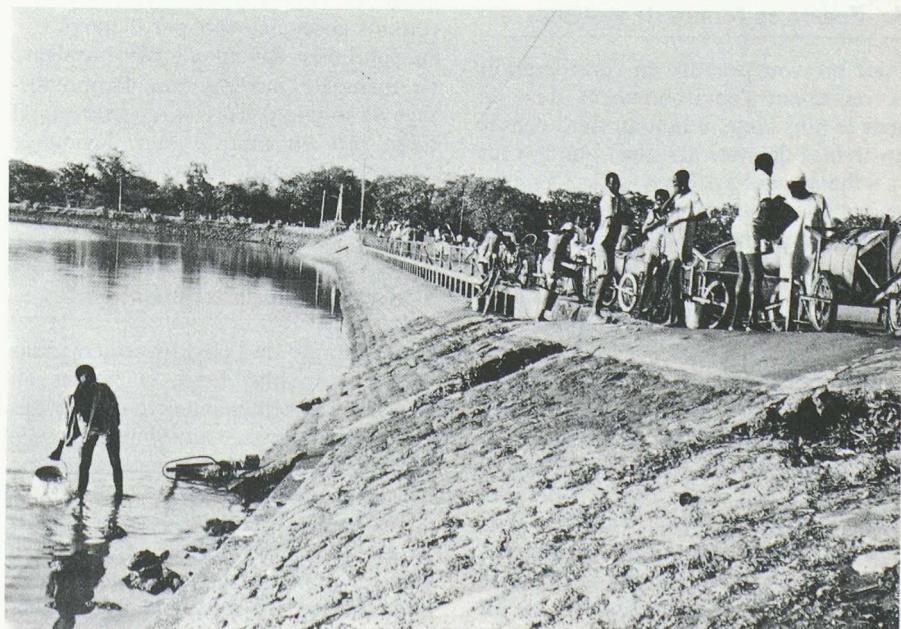


Fig. 1. — Tiers monde: à l'ingénieur de savoir utiliser les techniques les plus adéquates, et non les plus complexes.

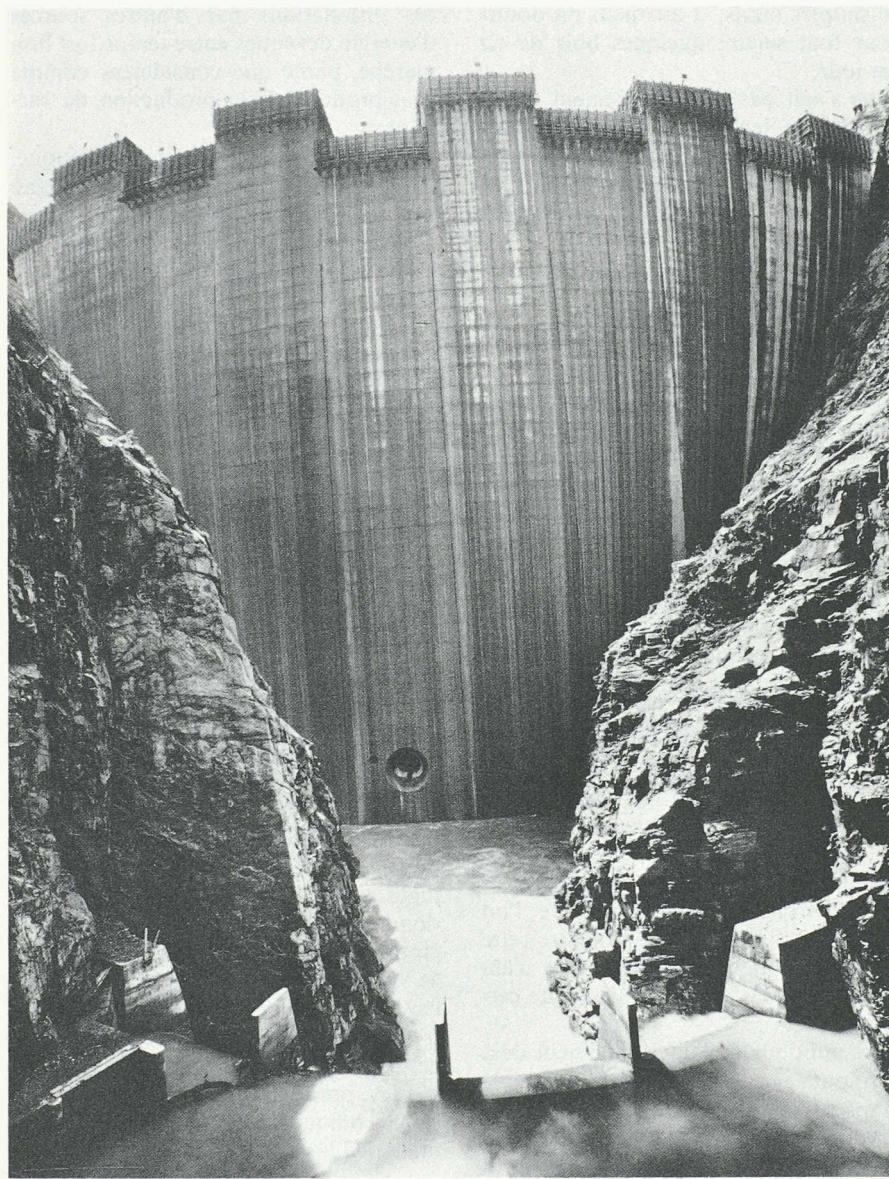


Fig. 2. — Géologie, sismologie, mécanique des roches, statique, dynamique, résistance des matériaux, hydrologie, hydrostatique, hydrodynamique, organisation des travaux, conduite des travaux, économie énergétique, économie en général, environnement, sédimentation, nuisances, assurances, etc.

#### 4. Penser en termes de systèmes

Pour pouvoir prendre en considération correctement l'environnement dans le sens le plus large, il faut au fond penser en termes de systèmes ainsi que le veut la «théorie des systèmes». Ceci signifie tout d'abord abandonner certains schémas logiques trop rigides, trop formalistes, et trop simplistes aussi. Malheureusement, certaines formes d'enseignement ne sont pas très favorables à cet égard. Par ailleurs, les systèmes réels sont toujours évolutifs. Le temps donc constitue un facteur des plus décisifs. Cela veut peut-être dire: moins de déterminisme et plus de variables aléatoires, moins de certitudes et plus d'évolution, moins de mécanique, peut-être, mais plus de thermodynamique, un peu de vieillissement des matériaux et moins de propriétés éternellement figées — et un peu plus d'histoire des techniques.

Mais c'est peut-être trop demander car il est plus facile d'ajouter aux pro-

grammes d'études que de remplacer certains enseignements par d'autres.

Au fond c'est davantage d'un problème de mentalité ouverte que d'apprentissage de solutions «prêtes à porter» qu'il s'agit. En un mot, il faut davantage d'imagination et de flexibilité.

#### 5. Activité pluridisciplinaire

Tenir compte de l'environnement dans son sens le plus large et penser en termes de systèmes plutôt qu'en termes d'analyse logique unidimensionnelle presuppose une connaissance et une activité pluridisciplinaires.

Rares sont les professions aussi pluridisciplinaires que le génie civil dans les domaines qui nous intéressent. Il touche aux sciences de la nature (géologie, sismologie, hydrologie), aux mathématiques, est-il besoin de le dire, sous toutes leurs formes, surtout numé-

riques, aux sciences spécifiques du métier, évidemment (hydraulique, statique, dynamique), aux sciences des matériaux, mais aussi à la physique et la chimie, ainsi qu'aux disciplines sociales, en particulier à l'économie. Tout cela sans parler des relations possibles avec des ingénieurs d'autres professions tels qu'ingénieurs mécaniciens, électriciens, forestiers, géomètres et autres, sans oublier les physiciens, les architectes et une foule d'autres spécialistes.

Or si l'ingénieur civil ne veut pas être un simple «touche-à-tout», il doit, peut-être à regret, se spécialiser dans quelque domaine plus restreint, car il est difficilement concevable qu'il puisse les dominer tous à la perfection.

Par contre il sera extrêmement important qu'il comprenne le langage de ses nombreux partenaires: géologues, spécialistes, ingénieurs mécaniciens, etc. sans qu'il perde d'ailleurs le sens de la mesure et s'abandonne à l'illusion de croire qu'il comprend tout de chaque spécialité. Un esprit curieux trouvera toujours quelque chose à apprendre (fig. 2).

Il est indispensable d'ailleurs qu'il le fasse et qu'il approfondisse continuellement ses connaissances.

#### 6. Organisation de l'activité

Dans le passé et aujourd'hui encore, l'ingénieur civil suisse actif dans notre domaine l'est généralement dans le cadre d'une entreprise, d'une société ou d'une institution suisse ou étrangère.

Certains signes permettent d'entrevoir une évolution dans cette forme d'organisation.

De plus en plus, les pays intéressés demandent ou imposent des formes de collaboration plus étroites entre les sociétés étrangères et les organisations locales.

L'ingénieur se trouve donc amené à s'intégrer davantage à l'«environnement local», ce qui demande des qualités personnelles d'adaptation qui ne figurent pas au programme d'enseignement des Ecoles.

Cette évolution amènera sans doute ceux qui veulent travailler dans ce domaine à s'expatrier pour des périodes de plus en plus longues et plus fréquentes.

A nouveau il s'agira de satisfaire de nombreuses exigences, de connaître les langues, de comprendre le pays et ses habitants, et de montrer un certain «esprit d'aventure». Combien on aimerait d'ailleurs que cet esprit soit plus et mieux partagé!

Le plus important sans doute est que l'ingénieur qui ira dans les pays en voie de développement n'oublie jamais que la meilleure solution technique en Suisse ne l'est pas forcément là-bas aussi.

## 7. Conclusions

Dans les pays du tiers monde, les besoins en eau et en énergie hydroélectrique sont énormes et ne cesseront de croître. Des limites se présentent sans doute dans la réalisation d'ouvrages nouveaux en fonction de l'épuisement des sites favorables et des possibilités de financement sur le marché international.

Des travaux, plus délicats encore, d'entretien et de transformation seront nécessaires dans un proche avenir. Il y a tout lieu de penser néanmoins qu'à moyen terme au moins un débouché intéressant s'offre dans ce domaine à l'ingénieur civil.

Grâce au niveau élevé de sa formation, grâce aussi à un bon équilibre entre les connaissances théoriques et le sens pratique, l'ingénieur formé par les Ecoles polytechniques fédérales peut espérer trouver une activité passionnante dans

le domaine des ouvrages hydrauliques dans les pays du tiers monde.

Les qualités personnelles qu'il devra apporter ont été mentionnées ici d'une façon certes non exhaustive. Il devra en outre comprendre que l'échelle des valeurs économiques et celles des valeurs tout court n'est pas, ni ne peut être la même que celle qui a cours en Suisse. C'est peut-être sur ce point que le Suisse est parfois désavantage par rapport aux citoyens d'autres pays.

Il serait donc souhaitable que l'enseignement informe un peu mieux l'étudiant sur certains principes généraux dépassant le cadre étroit de la technique.

Adresse de l'auteur:  
Giovanni Lombardi  
D<sup>r</sup> Ing. civil EPFZ  
Via Ciseri 3  
6601 Locarno

lustre les tronçons actuellement en construction ou planifiés, selon le troisième programme à long terme des routes nationales décidé le 20 décembre 1982 par le Conseil fédéral. Ce programme tient compte du Rawyl (N6), mais pas encore de la Transjurane.

Voyons encore la situation actuelle dans les deux grands groupes d'ouvrages d'art. En ce qui concerne les ponts et les tunnels, elle peut être résumée de la manière suivante:

### Ponts de routes nationales

Jusqu'à la fin de 1982, le nombre total des ponts et passages supérieurs ou inférieurs exécutés et projetés s'élevait à 2735, correspondant à une surface construite de 3,44 km<sup>2</sup>.

### Tunnels de routes nationales (longueur totale des tubes)

— en service à la fin de 1982:	105,4 km
— actuellement en chantier:	51,5 km
— projetés jusqu'en 1998:	78,9 km
soit au total	235,8 km

de tunnels, qui correspondent à 169 ouvrages souterrains, dont la moitié est à 1 tube (2 voies de circulation) et l'autre moitié à 2 tubes (4 voies).

Jusqu'à l'achèvement des routes nationales ces 15 prochaines années, on peut donc admettre qu'il y aura encore environ 500 ponts, passages supérieurs ou inférieurs et près de 80 km de galeries souterraines à construire.

Pour le moment, la Suisse détient le record mondial des plus longs tunnels routiers: au Saint-Gothard (16,9 km à 1 tube) et au Seelisberg (9,3 km à 2 tubes). Quant au canton de Vaud, il mettra en service, l'année prochaine, le plus long viaduc autoroutier de Suisse à Yverdon (3155 m sur la N5).

Même s'il est de bon ton dans certains milieux de décrier ces réalisations publiques (...tout en les utilisant!), les ingénieurs civils suisses peuvent être fiers de leurs performances. Vis-à-vis de leurs collègues étrangers, ils n'ont de loin pas à se gêner de la qualité de leurs projets, que ce soit sur le plan de la conception statique, sur celui de l'esthétique ou encore sur celui du rapport prix/qualité d'exécution. Ce dernier point est largement dû au niveau professionnel, en moyenne remarquable, des responsables et de la main-d'œuvre des chantiers.

Mais qu'adviendra-t-il de cette grande tradition du génie civil suisse qui remonte en partie à la construction de nos chemins de fer et à celle de nos grands aménagements hydro-électriques?

## 1. Préoccupations actuelles

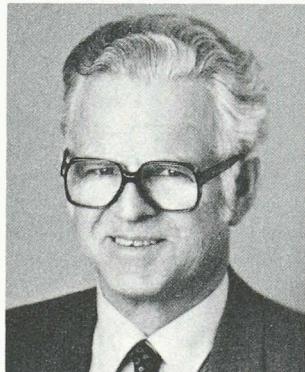
Le réseau routier suisse compte environ 65 000 km de routes communales, cantonales ou nationales. Une partie est classée au niveau fédéral, à savoir 2200 km de routes principales et 1873 km de routes nationales, dont 1467 km d'autoroutes. A ce jour 1288 km (70%) du réseau national sont en service, alors que 185 km (10%) sont en construction. Depuis le début des travaux en 1959 jusqu'à la fin de 1982, les montants suivants ont été dépensés au total par la Confédération et les cantons pour les routes nationales:

	Milliards de Fr.
— Projets et direction des travaux	2,399 (11,1%)
— Acquisition des terrains, remaniements, etc.	2,971 (13,8%)
— Construction et équipements	16,192 (75,1%)
Soit au total	21,562 Mia.

Les cantons ont participé en moyenne à 14% de ces dépenses.

La dernière phase de construction du réseau prévu des routes nationales, à savoir 360 km (20%), va durer jusqu'à la fin du siècle, sous réserve des décisions à prendre prochainement par les Chambres fédérales dans le domaine de la planification elle-même. La figure 1 il-

par Walter Knobel, Berne



Walter Knobel, ingénieur civil dipl. EPFL.

Vaudois, 53 ans. Après le diplôme d'ingénieur civil à l'Ecole polytechnique de l'Université de Lausanne (aujourd'hui EPFL), travail dans des bureaux d'ingénieurs à Bruxelles et à Berne, chef de chantier à la Grande-Dixence, collaboration (1958-1959) au bureau d'ingénieurs Ammann & Whitney à New York; 1960-1967: chef de chantier d'autoroutes (N1) avec diplôme fédéral d'entrepreneur en travaux publics en 1962. Dès 1968, adjoint scientifique à l'Office fédéral des routes, à Berne; différentes charges d'inspection et de coordination dans le domaine de la recherche et des réalisations routières.

## 2. Perspectives du génie civil routier

Les dernières données numériques de l'Office fédéral de la statistique mon-