

**Zeitschrift:** Ingénieurs et architectes suisses  
**Band:** 123 (1997)  
**Heft:** 13

## Sonstiges

### 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:** 06.04.2026

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

## Groupe de réflexion sur l'avenir (III)<sup>1</sup>

### Le progrès technique: science, technologie, innovations et savoir-faire

#### A. Rappel

1. Les deux articles précédents ont mis l'accent d'une part sur l'importance de la dynamique économique internationale, sur la croissance économique de l'après-guerre et la coopération internationale, d'autre part sur le rôle des technologies en général dans la dynamique de la globalisation. Il s'agit maintenant ici de voir de plus près ce qui se cache derrière la terminologie: science, technologie, innovations et savoir-faire. Quelles sont la nature et la portée effectives des innovations de ces cinquante dernières années et quelle est la situation dans la construction.

#### B. Développement et spécificités des nouvelles technologies

2. Même si elles se «chevauchent» ou «s'imbriquent» par leurs spécificités et les processus grâce auxquels elles ont été découvertes, les nouvelles technologies peuvent être regroupées en fonction des domaines principaux suivants: le traitement numérique des données (mathématiques), la miniaturisation et les micro-processeurs (voir les techniques de microélectroniques intégrées VLSI = *Very Large Scale Integration*), les biotechnologies, les nouveaux matériaux (les fibres optiques et les supraconducteurs, par exemple), la robotique et les télécommunications.

3. Immédiatement opérationnelles, les mathématiques (encadré «Informatique et traitements des informations») disposent de capacités de calcul en constante expansion, ouvrant la voie à la modélisation complexe, à la visualisation

réaliste des objets et au domaine virtuel en général. Ces techniques ont déjà et vont encore envahir un grand nombre d'activités dans les secteurs secondaire et tertiaire. Bien sûr, le génie civil et l'architecture, la mise au point de nouveaux matériaux de construction, et d'autres domaines encore couvrant les activités de la construction sont et seront aussi concernés.

4. Si sophistiqués que puissent être leurs processus de découverte et de mise au point respectifs, certaines nouvelles technologies se caractérisent par leur accès facile, mais aussi par leur puissance sans précédent (traitement numérique des données et de la communication). Une partie importante de la main-d'oeuvre des pays en voie de développement a pu ainsi contribuer à une «mise à jour» facile du niveau technologique de leur pays.

#### Informatique et traitement des informations

L'ordinateur a montré une augmentation régulière des performances d'un facteur 2 tous les 18 mois. Cela laisse entrevoir que les performances augmenteront encore d'un facteur 100 durant les 10 prochaines années environ, avec une augmentation similaire des performances en communication. Il en résultera un développement considérable de l'informatique individuelle, professionnelle, éducative et ludique. Les ordinateurs personnels, reliés par transmission radio à haute vitesse, auront accès à une somme considérable d'informations et à d'innombrables outils de recherche, de traitement et de classement pour ne pas se perdre dans la quantité d'informations disponibles.

L'impact scientifique sera considérable car la résolution d'équations algébriques non linéaires de haut degré, la simulation en temps réel, la modélisation fine des phénomènes naturels, etc. va apporter une compréhension profonde de la nature et susciter de nouveaux domaines industriels.

C'est entre autres grâce à cet accès facile et parce qu'il a été possible de faire un saut technologique significatif en un temps record, que certaines économies ont passé du stade du pré-développement industriel au stade d'économie émergente, attirant de nouveaux investissements étrangers, de nouvelles chaînes de production, mais entraînant parfois des délocalisations industrielles.

5. L'évolution dans le domaine technique et scientifique s'accélère grâce à l'accumulation des connaissances. Cette évolution rapide favorise la division du travail et la parcellisation des connaissances, de sorte que l'homme, le scientifique, ne gère plus tous les tenants et aboutissants de ses actes. Les risques technologiques et la probabilité de fausses interprétations s'accroissent. La globalisation économique aidant, on ne maîtrise pas ou plus le cadre général dans lequel on travaille. De plus, les impératifs économiques font que l'application prime de plus en plus sur la recherche pure et désintéressée. Il est toujours plus difficile de maintenir des «passerelles» entre les scientifiques (sciences exactes et informatique) et les représentants des sciences dites humaines (sciences politiques, économie, droit, littérature, etc.), passerelles qui sont indispensables pour une approche mieux intégrée des futurs problèmes sociaux.

#### C. Emergence de la société de l'information

6. La dissémination rapide des nouvelles technologies de l'information et l'ubiquité des outils numériques qui s'y réfèrent ont eu et auront encore évidemment des conséquences profondes sur les futurs modèles de société et les relations internationales. On peut mentionner ici brièvement: l'élimination des frontières, le remplacement du monde hiérarchique et cloisonné par un réseau ouvert, le renforcement du multiculturalisme sous une transculture globalisée.

<sup>1</sup> Voir IAS N°s 11 du 14 mai 1997, pp. 188-191, et 12 du 28 mai 1997, pp. 220-223

**Les notions fondamentales**

Les notions de « science » et de « technologie » sont étroitement liées et se réfèrent d'une part à la découverte et à l'ordonnement des connaissances et d'autre part à la transformation des forces naturelles.

La technologie permet de façonner l'environnement physique et social. Elle embrasse les actifs matériels tels que les machines et les instruments, mais aussi le savoir-faire : les qualifications et les connaissances techniques nécessaires à leur application (logiciels). La technologie est constituée par l'ensemble des objets et installations qui servent à transformer les forces de la nature, des connaissances et des techniques nécessaires à leur fonctionnement et à leur utilisation, ainsi que la transmission et l'acquisition des connaissances. On distingue les technologies clés, les technologies charnières et les technologies hybrides.

Opérationnellement le niveau technologique dépend de l'effort consenti par les entreprises en matière de recherche et de développement (R&D). La recherche et le développement sont constitués par l'ensemble des travaux qui sont accomplis systématiquement dans le but d'étoffer l'état des connaissances. On distingue la recherche fondamentale, la recherche appliquée et le développement expérimental.

**Technologie de pointe** (leading edge technology) Dépenses de R&D s'élevant à au moins 8,5 % du chiffre d'affaires

**Haute technologie** (high level technology) Dépenses de R&D se situant entre 3,5 et 8,5 % du chiffre d'affaires

**Basse technologie** (miscellaneous) Dépenses de R&D étant égales ou inférieures à 3,5 % du chiffre d'affaires

En économie, on qualifie d'innovations les nouveautés techniques et scientifiques qui aboutissent à des succès commerciaux. L'innovation est le processus de développement, de lancement et de diffusion de nouveautés relatives à des produits ou des procédés de production ; le processus d'innovation est conçu dans la perspective d'obtenir un succès sur le marché (profits).

D'après : Hotz-Hart, Bêat, *Science et technologie dans le système suisse d'innovation*, Cahiers de questions conjoncturelles 2/95.

7. Le passage de l'ancienne à la nouvelle société correspond à un phénomène d'apoptose-métamorphose (mort-régénération cellulaire) unique dans l'histoire. La différence entre l'ancien et le nouveau modèle socio-économique réside essentiellement dans leurs

systèmes de valeurs respectifs : possession et matérialisme dans l'ancien modèle, connaissances et savoir-faire dans le nouveau. L'apoptose de l'ancien modèle est due à l'éclatement social provoqué par la concentration des valeurs au bénéfice d'un nombre restreint

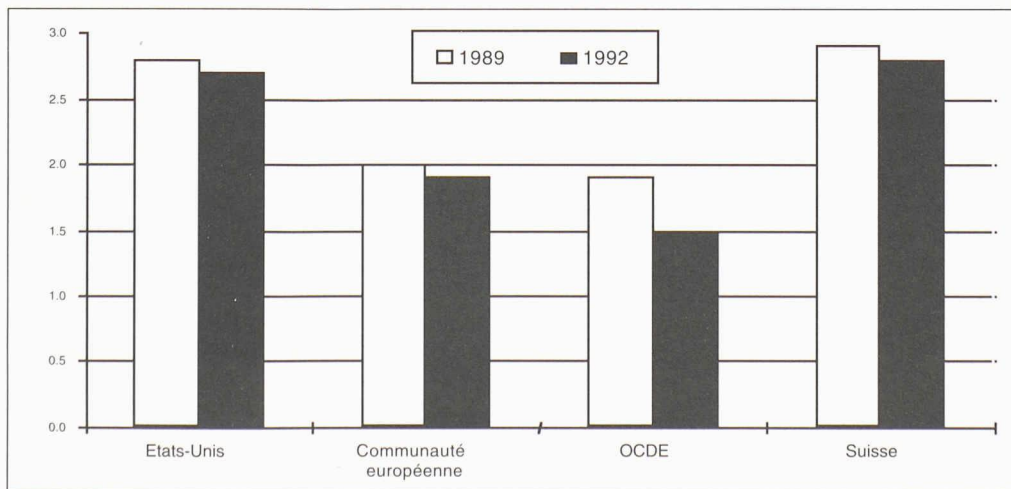
d'individus. Le nouveau modèle peut être plus viable si les valeurs (connaissance) y sont également réparties, ce que l'accès au réseau (Internet et autres « nets » à venir) peut garantir.

8. Les nouvelles possibilités de télé-enseignement, formation à distance, télé-travail, etc. peuvent atténuer les inégalités sociales dues à des circonstances géographiques, économiques, linguistiques ou physiologiques, et permettre de prendre en compte les contraintes écologiques. L'enseignement traditionnel doit s'adapter rapidement aux nouveaux paradigmes pour rester compétitif sur un plan international, ce qui risque de laisser de nombreuses institutions et personnes « sur le carreau ». Il faut mettre au point rapidement un matériel didactique et des méthodes pédagogiques appropriées et procéder à une refonte du système éducatif, ainsi qu'à des investissements au niveau de l'infrastructure des réseaux informatiques.

**D. Recherche et développement en Suisse**

9. Comparée à d'autres pays, la Suisse qui consacre 2,7 % du PIB à la recherche et au développement fait partie des pays économiquement avancés (Japon, Etats-Unis, Suède, Allemagne et France) qui font proportionnellement le plus d'efforts dans ce domaine (situation en 1992). Avec plus de 6 milliards de francs, le secteur privé finance de loin la plus grande part des 9 milliards consacrés à la R&D en Suisse. Quatre cinquièmes des efforts de recherche des entreprises privées se concentrent dans les trois branches économiques que sont la chimie, l'électrotechnique, et l'industrie des machines et de la métallurgie. Les dépenses en R&D des autres branches, dont la construction, représentent moins du cinquième des dépenses du secteur privé. Les enquêtes réalisées à ce sujet montrent que les PME du secteur secondaire utili-

R & D, la Suisse en comparaison internationale (dépenses en % du PNB)



Source : OFS

Exemples d'innovations dans la construction		
Bâtiment et génie civil	Installations	Aménagements divers
Recyclage de matériaux de construction Utilisation de coffrage en aluminium, coffrage plus rationnel Etude sur la « construction écologique » et prise en compte de l'environnement Techniques solaires Techniques d'assainissement du béton Découpage et forage de béton Construction de voie ferrée sans ballast Conception et dessin assisté par ordinateur Améliorations des prestations	Rationalisation de la production et des stocks Plafond rafraîchissant Nouvelle filiale	Nouvelles techniques de crépissage Isolation cellulose Organisation Planification plus flexible des travaux Nouveau modèle de calcul

Source: Etter Richard, *Innovationstätigkeit im Bau- und Dienstleistungssektor – Vorbereitung, Durchführung und Resultate einer Pilotumfrage, Strukturberichterstattung*, Office fédéral des questions conjoncturelles, mars 1995.

sent des technologies développées par des entreprises tierces; la raison en est que mis à part les développements et les améliorations – il n'est financièrement pas supportable, ou trop risqué pour les PME d'entreprendre leur propre R&D.

10. Signe des temps, comparé à 1989, les entreprises suisses ont dépensé plus de ressources en R&D dans leurs établissements à l'étranger qu'à l'intérieur de leurs propres murs en Suisse. L'internationalisation de la recherche est principalement le fait des entreprises qui sont déjà très actives sur le plan international, non pas que ces entreprises pratiquent une politique de délocalisation, mais elles augmentent plutôt progressivement les ressources consacrées à la R&D à l'étranger, en partie grâce à des rachats et des fusions (investissements directs). Toutefois, un indice de délocalisation existe pour les industries des machines du papier, des plastiques et de la construction – qui englobe dans l'enquête de l'OFS, l'industrie du bois et la fabrication de matériaux de construction (pierre, ciments, béton, etc.) – dans la mesure où les dépenses de ces branches en Suisse et à l'étranger évoluent en sens inverse.

#### E. Innovations dans l'industrie de la construction

11. Les sources officielles suisses donnent un maigre reflet de l'innovation dans le secteur de la construction. Ainsi, selon une enquête de l'Office fédéral de la statistique pour 1992, les entreprises

de construction ont dépensé 34 millions de francs par année (ce qui correspond à 195 places de travail) pour la recherche et le développement. Ce montant représente la part minimale de 0,1 % de la production nette de l'ensemble de la branche. Les résultats empiriques d'une enquête pilote sur l'innovation dans le secteur de la construction et des services réalisée pour le compte de l'Office fédéral des questions conjoncturelles confirment la faible part de l'innovation dans le secteur de la construction. Mais ces mêmes exemples (voir tableau) recensés dans l'étude montrent l'insuffisance des résultats de l'enquête. L'approche doit être élargie.

12. Lors de l'examen du potentiel d'innovation dans le secteur de la construction, il nous semble approprié de procéder aux distinctions suivantes: les innovations des différents acteurs de la construction et de la planification (producteurs de matériaux, entrepreneurs constructeurs, architectes et ingénieurs) et les innovations résultant des interactions interdisciplinaires des parties à la construction.

13. Le potentiel d'innovation de chaque acteur est limité – en fait il ne porte ses fruits qu'en séquence avec d'autres innovations. Les nouveaux produits et matériaux, comme par exemple les matériaux en bois, les matériaux d'isolation, les panneaux solaires, les matériaux complémentaires, etc. font exception à l'instar d'outils comme l'informatique (CIM, DAO, CAO)

les machines pour la construction de tunnels, le « micro-tunneling », les techniques de consolidation, l'utilisation du GPS et des systèmes de communication.

14. Contrairement à d'autres secteurs économiques, dans le secteur de la construction, les PME sont aussi porteuses d'innovations. Cela découle du haut potentiel en capacité intellectuelle, du niveau de formation élevé et de l'habitude – malgré des conditions cadre toujours différentes – de créer de nouvelles solutions et de les mettre en oeuvre avec succès.

15. C'est justement dans le développement interdisciplinaire de la construction que le potentiel de créativité de la branche trouve à s'exprimer, ce qui conduit à des innovations essentielles. Cette activité de R&D ne fait pas l'objet d'un recensement statistique bien qu'à notre avis dans le seul secteur de la planification, plus de 10 % de la production nette soient utilisés à cet effet. De nombreux projets pilote qui répondent à des questions économiques, écologiques, techniques, énergétiques, sociales et culturelles, en témoignent. A côté de développements comme les façades intelligentes, les maisons à faible consommation d'énergie, les concepts de fouille et de reconnaissance etc., les nouveaux modèles de collaboration et de découpage de la planification, les concours et les études contribuent également à l'innovation permanente.

*Le Groupe de réflexion de la SIA*

## Les mystères de la biotechnologie dévoilés

En vue de la prochaine votation sur l'initiative dite « Pour la protection génétique », les Hautes écoles entreprennent un effort important d'information afin de révéler au grand public les recherches réalisées au sein de leurs murs et les applications industrielles qui peuvent en résulter.

Lors d'une *Rencontre EPFL-Economie* intitulée « Biotechnologie: un défi pour la Suisse », le 14 mai dernier, le CAST<sup>1</sup> a choisi d'éclairer, à travers quelques exposés, différentes facettes de la recherche académique, de la production industrielle, et même de la création d'entreprises dans le secteur particulier de la biotechnologie.

Herbert Reutimann, directeur de *Biotectra* – Programme prioritaire Biotechnologie, a tout d'abord clarifié les enjeux scientifiques et économiques de la biotechnologie pour notre pays. Si l'industrie helvétique accuse d'évidentes carences dans le domaine de la biotechnologie, la recherche de base et les centres de compétences existent. Pour le prochain millénaire, la Suisse a certainement les capacités d'occuper des niches spécifiques, comme l'ingénierie appliquée aux biotechnologies ou la production de médicaments par génie génétique, pour autant que la collaboration entre Ecoles et industries soit plus efficace et que notre pays se dote des moyens nécessaires à financer le développement, parfois fort long et coûteux, de nouveaux produits. Actuellement cent quatre vingt entreprises<sup>2</sup> (totalisant 6500 emplois) travaillent dans le domaine des biotechnologies en Suisse, dont vingt-quatre actives (300 emplois) exclusivement dans la

biotechnologie (voir ci-dessous). A côté des grandes et moyennes entreprises chimiques impliquées à fond dans la biotechnologie, il existe en Suisse un secteur « biotech » économiquement en pleine santé, à savoir le secteur industriel porté par les PME. Les entreprises qui se créent, le font pour l'essentiel dans le secteur de la bio-ingénierie, et moins dans le secteur « génie génétique/produits recombinants ».

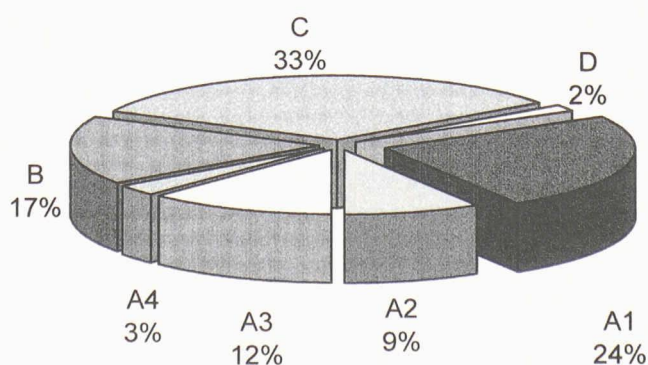
Le programme prioritaire *Bio Tech*, défenseur farouche d'un bon positionnement de la Suisse dans ce domaine, veut renforcer et multiplier les liens entre recherche fondamentale et industrie et favoriser la création de nouvelles sociétés. Les domaines d'action retenus sont les secteurs industriels déjà bien présents (substances pharmaceutiques, denrées alimentaires, recherche sur la sécurité, biotechnologie des plantes) et de nouveaux domaines prometteurs (bioélectronique, neuro-informatique). En parallèle formation, information au grand public et transfert de technologie sont renforcés. Un réseau « biotech », ralliant les chercheurs des Hautes écoles suisses et des organismes de recherche, ainsi que des partenaires de l'industrie, a été créé pour soutenir ces objectifs. Les temps de développement de nouvelles applications étant extrêmement longs, peu d'innovations décisives sont attendues avant l'an 2000.

Le professeur Ruth Freitag, du Centre commun de biotechnologie de l'Université de Lausanne et de l'EPFL, a montré de quelle façon la biotechnologie entrait de plus en plus dans notre vie courante (par le biais d'une trentaine de médicaments produits grâce à la biotechnologie, ainsi que par des vaccins, des produits agricoles, des procédés environnementaux, etc.). La biotechnologie est appelée à donner naissance à de futures technologies s'inspirant du vivant, dont les performances dépasseront tout ce qui est atteint à l'heure actuelle, en terme de miniaturisation et de performances: bio-mémoire (inspirée du code génétique), bio-informatique (inspirée des sciences neu-

<sup>1</sup> Centre d'appui scientifique et technologique de l'EPFL

<sup>2</sup> Oreste Ghisalba, Herbert Reutimann, Adrian Sigrist; « Biotechnologie: Nouvelle évaluation de la position suisse en comparaison internationale », *La vie économique*, 11/96

### Entreprises suisses de biotechnologie



#### Catégories

- A1: Utilisateurs dans la production
- A2: Producteurs d'installations et de composants
- A3: Entreprises de service
- A4: Utilisateurs de biotechnologie traditionnelle intéressés aux méthodes modernes
- B: Sous-traitants avec production en Suisse
- C: Sous-traitants sans production en Suisse
- D: Principaux centres de recherche d'entreprises biotech

rologiques<sup>3</sup>), nouveaux matériaux et « outils biologiques », électronique moléculaire, etc. Nous ne pouvons nous permettre de rater ce virage technologique. L'EPFL l'a bien compris puisque la formation offerte aux ingénieurs inclut toujours davantage d'enseignement sur la biotechnologie. De l'avis du professeur J.-C. Badoux, président de l'EPFL, l'ingénieur de demain devra connaître les sciences de la vie, comme il a fallu, dans le passé, qu'il acquière de très solides bases de mathématiques et de physique. Dans ce domaine inter-disciplinaire par excellence, les collaborations entre ingénieurs, médecins, industriels sont d'ailleurs fortement encouragées.

Et Giampiero De Luca, vice-président du groupe *Ares-Serono*, d'insister sur les liens plus étroits qui doivent se créer entre le secteur public, le privé et les sources de financement (capital-risque par exemple), afin de permettre à davantage de produits de traverser les différentes étapes du processus: développements exploratoires, tests cliniques, enregistrements.

Les enjeux de la biotechnologie sont de taille, tant pour la recherche, appelée à subir très fortement l'influence des modèles inspirés du vivant, que pour l'in-

<sup>3</sup> Voir l'article « La Biowatch », IAS 9/97 du 16 avril, pp. 146-149

## †Jean-Emmanuel Dubochet ingénieur civil SIA (1912-1997)

### Décès d'un grand bâtisseur

Pionnier de la construction des autoroutes dans le canton de Vaud, Jean-Emmanuel Dubochet nous a quittés le 7 avril 1997.

Né à Aigle en 1912, diplômé de l'Ecole d'ingénieurs de Lausanne, il a commencé sa carrière dans le domaine des aménagements hydroélectriques, participant notamment à la construction des barrages valaisans de Cleuson et de la Grande-Dixence.

En 1958, J.-E. Dubochet est nommé par le Conseil d'Etat ingénieur en chef du Bureau des autoroutes pour la réalisation de l'autoroute Genève-Lausanne, y compris le contournement de cette dernière ville pour l'Exposition nationale de 1964. Ayant mené cette tâche à bien avec compétence et célérité, il fut ensuite associé à la construction de l'autoroute du Léman jusqu'en 1971, date à laquelle le Conseil d'Etat fit appel à son grand savoir-faire comme délégué à la construction pour coordonner les équipements et les grandes réalisations du canton. C'est dans ce cadre que, jusqu'à sa retraite en 1984, il collabora en particulier à la réalisation de l'Université à Dorigny et du CHUV.

Jean-Emmanuel Dubochet fut également très actif au sein de diverses associations ou organismes nationaux et internationaux, notamment l'Union suisse des pro-

industrie, qui en attend d'importantes retombées économiques, ou encore le simple quidam, qui, à travers les progrès réalisés dans des domaines tels que la médecine et l'agriculture, profitera d'une amélioration de ses conditions de vie.

### Génie génétique à l'Université de Lausanne

Pour celles et ceux qui souhaitent mieux comprendre les tenants et aboutissants de la recherche sur le génie génétique, l'Institut de microbiologie a pris l'initiative d'organiser des visites de laboratoires et des tables rondes sur des sujets tels que :

- la sécurité en recherche bio-médicale, vaccinale et génétique;
- la production et l'utilité des animaux transgéniques;
- l'impact de l'initiative dite « Pour la protection génétique » sur la recherche fondamentale.

Ces rencontres seront organisées les mercredis 11 et 18 juin 1997, l'après-midi. Par ailleurs, d'autres rendez-vous peuvent être fixés individuellement. Le dialogue est ouvert et M<sup>me</sup> C. Freiburghaus, tél.: 021/314 40 96, se tient à la disposition des personnes intéressées.

F.K.



Jean-Emmanuel Dubochet, père des autoroutes vaudoises

fessionnels de la route (VSS) qu'il présida de 1967 à 1972.

Par ses compétences et son dynamisme, cet homme modeste doublé d'un chef plein d'humanisme a marqué de sa personnalité les grandes réalisations de l'Etat de Vaud et il laissera un souvenir durable parmi les ingénieurs civils romands.

Hugo Vonlanthen  
Walter Knobel