

UNIVERSITÉ DE NEUCHÂTEL  
FACULTÉ DE DROIT ET DES SCIENCES ÉCONOMIQUES

**L'EFFICIENCE et la QUALITÉ,  
nouveau CAP d'une POLITIQUE SUISSE MODERNE  
de la SCIENCE et de la TECHNOLOGIE**

THÈSE

présentée à la Faculté de droit et des sciences économiques  
pour obtenir le grade de docteur ès sciences économiques

par

**PIERRE E. DEBÉLY**

Physicien, consultant

1994

Monsieur Pierre E. Debély est autorisé à imprimer sa thèse de doctorat intitulée  
"L'efficiency et la qualité, nouveau cap d'une politique suisse moderne de la science et  
de la technologie"

Il assume seul la responsabilité des opinions énoncées.

Neuchâtel, le 24 février 1994

Le doyen  
de la Faculté de droit  
et des sciences économiques

Daniel Haag

Adresse de l'auteur : Pierre E. Debély  
High-Tech Consulting  
Chemin Mol 31  
CH-2525 Le Landeron  
Suisse

## TABLE DES MATIERES

	PAGES
AVANT-PROPOS.....	1
1. Introduction.....	1
2. Objectifs de l'étude.....	2
3. Efficience et Qualité : Définition.....	3
4. La science et la technologie dans leur contexte.....	5
PREMIERE PARTIE.....	7
1. POLITIQUE SUISSE DE LA SCIENCE ET DE LA TECHNOLOGIE DE 1945 A 1991.....	7
1. Les quatre périodes distinctes.....	7
2. La mise en oeuvre de la politique de la science et de la technologie.....	8
2.1. Introduction.....	8
2.2. La loi fédérale sur l'aide aux universités (LAU).....	9
2.3. La loi fédérale sur la recherche (LR).....	9
2.4. Les écoles polytechniques fédérales (EPF).....	10
2.5. Les universités cantonales.....	10
2.6. Les écoles techniques supérieures (ETS).....	11
2.7. L'Office fédéral de l'éducation et de la science (OFES).....	12
2.8. Le Conseil suisse de la science (CSS).....	13
2.9. La Conférence universitaire suisse (CUS).....	13
2.10. La Conférence universitaire romande (CUR).....	15
2.11. Le Fonds national suisse de la recherche scientifique (FNRS).....	16
2.12. La Commission pour l'encouragement de la recherche scientifique (CERS).....	17
2.13. Le Groupement de la science et de la recherche (GSR).....	18
2.14. Les académies scientifiques.....	18
2.15. L'Office fédéral de l'industrie, des arts et métiers et du travail (OFIAMT).....	19
2.16. Le Comité interdépartemental de coordination pour la science et la recherche (IDA).....	20

2.17. Les nombreuses commissions.....	21
3. L'effort national de R/D.....	22
3.1. La Suisse et les autres pays de l'OCDE.....	22
3.2. Les indicateurs de l'activité R/D de la Suisse.....	28
4. Organigramme de la politique suisse de la science et de la technologie.....	28
II. POLITIQUE SUISSE DE LA SCIENCE ET DE LA TECHNOLOGIE EN 1992 ET LES ANNEES A VENIR.....	32
1. Le Groupement de la science et de la recherche (GSR).....	32
2. Horizon 1995.....	33
3. Les Programmes prioritaires de la Confédération.....	35
III. COMPATIBILITE DES POLITIQUES SUISSE ET EUROPEENNE DANS LES DOMAINES DE LA POLITIQUE DE LA SCIENCE ET DE LA TECHNOLOGIE.....	37
1. La recherche au niveau de la Communauté européenne.....	37
1.1. Introduction.....	37
1.2. Les programmes-cadres de recherche de la Communauté.....	39
1.3. Les programmes communautaires d'éducation.....	43
2. Organisations de coopération scientifique internationales non communautaires dont la Suisse est membre.....	45
3. Participation aux programmes de la Communauté.....	46
3.1. Règle générale de participation.....	46
3.2. Le Message du Conseil fédéral.....	47
IV. POLITIQUE DE LA SCIENCE ET DE LA TECHNOLOGIE D'AUTRES PAYS INDUSTRIALISES.....	50
1. Les grands pays.....	50
2. Les autres pays.....	56

3. Un modèle pour la Suisse ?.....	57
4. La Suède.....	57
4.1. Le Riksdag et le gouvernement .....	57
4.2. Les universités et les collèges .....	60
4.3. La recherche sectorielle et le STU.....	60
4.4. Les centres et parcs scientifiques .....	62
4.5. Les professeurs à temps partiel .....	62
4.6. Les chercheurs de liaison .....	62
4.7. L'information concernant la R/D .....	63
4.8. Les objectifs fondamentaux de la politique de recherche.....	64
4.9. Les efforts de R/D dans le domaine des nouveaux matériaux.....	65
4.10. La qualité des travaux de R/D.....	66
5. Comparaison entre les politiques suisse et suédoise .....	67
6. L'entreprenariat universitaire.....	70
7. Les tendances communes.....	71
8. Conclusion.....	72

**DEUXIEME PARTIE..... 73**

**V. CRITERES D'EVALUATION DE L'EFFICIENCE ET DE LA QUALITE  
D'INSTITUTIONS SCIENTIFIQUES ET TECHNOLOGIQUES..... 73**

1. Les facteurs de production de la recherche.....	73
2. Evaluation de la recherche et de ses institutions.....	74
2.1. Introduction .....	74
2.2. Dénombrement des ouvrages et articles publiés .....	75
2.3. L'analyse des citations.....	76
2.4. Le jugement par les pairs .....	77
2.5. Les brevets.....	78
2.6. L'inventaire des lauréats du Prix Nobel .....	78
2.7. Les spin-offs .....	80
2.8. Les services à l'industrie .....	84
3. Limitation des critères d'évaluation.....	85

VI. EVALUATION DE GRANDES INSTITUTIONS DE LA SCIENCE ET DE LA TECHNOLOGIE .....	86
1. Introduction.....	86
2. L'évaluation par le critère d'inventaire de publications.....	86
3. Evaluation par le critère d'inventaire des spin-offs.....	99
3.1. Introduction.....	99
3.2. L'Ecole polytechnique fédérale de Zurich (EPFZ) .....	100
3.3. L'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL).....	101
3.4. Les universités.....	103
3.5. Les Programmes nationaux de recherche (PNR).....	103
3.6. Le Massachusetts Institute of Technology (MIT).....	107
3.7. L'Université technologique de Chalmers à Göteborg .....	111
3.8. Comparaison des spin-offs générés par les hautes écoles et centres technologiques suisses avec ceux du MIT et de l'Université technologique de Chalmers.....	121
VII. INITIATIVES RECENTES DE COLLABORATIONS ENTRE HAUTES ECOLES SUISSES .....	123
1. Introduction.....	123
2. Collaboration université - école polytechnique.....	123
3. Collaboration université - université.....	125
4. Collaboration école polytechnique - école polytechnique .....	126
5. L'effet catalyseur du GSR.....	126
6. Le réseau d'universités.....	127
TROISIEME PARTIE.....	131
VIII. PROPOSITION D'UNE NOUVELLE POLITIQUE DE LA SCIENCE.....	131
1. Introduction.....	131

2. Choix d'une nouvelle politique de la science.....	131
2.1. Un nouvel état d'esprit .....	131
2.2. Choix d'un critère significatif d'évaluation des institutions et groupes de recherche.....	132
2.3. Définition d'une vision technologique .....	133
2.4. Le lancement de grands projets .....	139
2.5. Le réseau d'innovation et le développement régional.....	139
2.6. Le Département fédéral de la science et de la technologie.....	148
2.7. Les hautes écoles .....	155
2.8. Les centres technologiques.....	167
2.9. Les écoles techniques supérieures (ETS).....	172
2.10. La collaboration avec les centres high-tech internationaux.....	173
2.11. Les entrepreneurs.....	173
2.12. Les capitaux.....	178
3. Mise en place de la nouvelle organisation.....	181
3.1. Programme des deux premières années .....	181
3.2. Objectifs à 5 ans .....	182
4. Conclusion.....	183
 ANNEXE 1 .....	 187
ANNEXE 2 .....	190
ANNEXE 3 .....	192
ANNEXE 4 .....	194
BIBLIOGRAPHIE.....	197
LISTE DES FIGURES.....	202
LISTE DES TABLEAUX.....	205

## AVANT-PROPOS

### 1. INTRODUCTION

La politique suisse de la science et de la technologie est l'objet, en cette fin de siècle, d'un intense intérêt de la part de tous les milieux économiques du pays. Son incidence sur le développement économique et la qualité de la vie est reconnue par tous. La complexité du problème, liée à la disparité de formation des innombrables interlocuteurs du débat, a donné à ce dernier une tournure passionnelle et souvent partisane.

Le domaine de l'éducation, de la recherche et de la science est géré, en Suisse, de façon uniforme depuis de nombreuses décennies. L'abondance de moyens financiers à disposition a permis, dans les années septante et quatre-vingts, d'ignorer les importantes lacunes d'une organisation très libérale. Les responsables politiques se sont habitués à débattre pendant 15 à 20 ans pour procéder à des changements significatifs de la politique suisse de la science et de la technologie. L'époque actuelle est marquée par une évolution très rapide des esprits et des technologies. Le délai de réflexion et discussion habituel ne permet plus d'adapter les structures des organismes de la science à l'environnement social, économique et technologique. La récession économique qui frappe tout particulièrement les pays occidentaux est subie par tous. Elle s'est profondément établie et fera sentir ses effets durant plusieurs années. Le regroupement d'activités d'enseignement et de recherche est inéluctable.

Aucun responsable de la science et de la technologie, qu'il soit professeur ou responsable politique cantonal ou fédéral, n'a jamais contesté, durant ces 30 dernières années, l'utilité de regrouper les efforts entre les diverses hautes écoles du pays. C'est dans la concrétisation de cette louable idée que résident les grandes difficultés. Seules des restrictions budgétaires drastiques imposées unilatéralement par les responsables de la politique nationale de la science et de la recherche ont pu mettre en marche un long processus de restructuration de nos institutions de recherche.

La raison principale de la confusion qui s'est établie dans cet important domaine est probablement imputable à la diversité des intervenants, qu'ils soient politiciens, professeurs ou journalistes de tous bords. Il n'est pas réaliste de vouloir jeter les bases, d'un seul coup, d'une nouvelle politique de la science qui soient valables aussi bien pour les sciences exactes que pour les sciences humaines. Les deux domaines doivent être abordés séparément. En réunissant, disciplines par disciplines, les acteurs les plus éclairés des différents domaines, les grandes lignes d'une nouvelle politique de la science pourront être définies et suivies.

## 2. OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

L'objectif de cette étude est de recommander un nouveau critère d'évaluation d'activités publiques de recherche et développement, dans le domaine des sciences techniques, dans le cadre d'une politique suisse moderne de la science et de la technologique. Ce critère se base sur l'observation et l'inventaire des entreprises créées par des collaborateurs d'institutions publiques qui valorisent leur travail de recherche et développement dans l'économie privée. Ces entreprises sont appelées "spin-offs" dans les pays anglo-saxons, d'où l'expression "critère des spin-offs" utilisée dans cette étude.

Il est évident que l'évaluation de la recherche du secteur privé répond à d'autres critères propres aux actionnaires des entreprises concernées. Il n'est pas dans l'intérêt de l'économie d'un pays d'interférer dans les choix des entrepreneurs du secteur privé.

Si l'étude se limite au domaine des sciences techniques, c'est pour rester dans le domaine d'expertise de l'auteur et pour ne pas compliquer le travail des spécialistes se concentrant sur les sciences humaines et ainsi encore augmenter la confusion évoquée dans le chapitre d'introduction. Le meilleur moyen de convaincre de l'utilité d'un changement de politique de la science est de créer, dans un domaine précis, les conditions conduisant à une amélioration sensible du système.

Pour plusieurs raisons, le domaine des sciences techniques est propice à une telle expérience. D'une part, les coûts importants des équipements nécessaires à la R/D ont déjà convaincu un grand nombre de scientifiques de l'utilité de regrouper les efforts, et, d'autre part, la complexité des tâches à accomplir incite tout naturellement les chercheurs éclairés à collaborer.

Grâce à plus de 25 années de pratique de R/D dans diverses institutions suisses et internationales (Université de Neuchâtel, Ecole polytechnique fédérale de Lausanne EPFL, Centre suisse d'électronique et de microtechnique CSEM, Université de Harvard et Institut technologique du Massachusetts MIT), l'auteur a pu observer avec attention les effets de politiques très diverses. Il est difficile d'acquérir une expérience à la fois dans le domaine des sciences techniques et celui des sciences humaines, c'est pourquoi il est important d'avoir recours à plusieurs chercheurs expérimentés pour préparer une refonte de la politique suisse de la science dans son ensemble.

Il ne s'agit pas d'imposer, par cette étude, de nouveaux critères d'évaluation de la R/D ainsi qu'une nouvelle politique. Il s'agit, au contraire, de mettre en discussion de nouvelles idées, qui pourraient être acceptées et mises en pratique par les acteurs eux-mêmes du domaine des sciences techniques. Cette démarche est longue, toutefois, lorsqu'elle est accomplie, elle conduit à des résultats concrets. Ce processus de décision est couramment employé dans l'industrie japonaise avec le succès que l'on connaît.

Un aspect important de cette étude est qu'elle provient du secteur privé de l'économie. L'auteur, consultant indépendant, n'est aucunement lié à une quelconque institution publique de R/D; il n'a par conséquent aucune position personnelle à y défendre et peut ainsi afficher une grande objectivité.

### 3. EFFICIENCE ET QUALITÉ : DÉFINITION

Il est utile de rappeler la définition des termes *efficience* et *qualité*.

- *Efficience*

La définition la plus correcte fait appel aux travaux de l'économiste italien Vilfredo Pareto, connu pour son "Manuel d'Economie Politique" publié en 1909.

Une allocation est "efficiente au sens de Pareto" pour un ensemble donné de goûts des consommateurs, des ressources et de la technologie, s'il est impossible de trouver une autre allocation qui améliorerait le sort de quelqu'un et ne dégraderait le sort de personne [BEGG, FISCHER, DORNBUSCH, 1989a]. Transposons cette définition aux ressources affectées à la science et à la technologie par les autorités politiques. Considérons le cas simple d'une société qui consacrerait des ressources à deux domaines X et Y des sciences techniques. Le montant de ces ressources est bien évidemment limité. La courbe RS de la figure 1 représente la frontière des possibilités d'activité R/D dans les domaines X et Y. Tous les points qui la constituent sont efficients, un seul d'entre eux sera dit "socialement" efficient.

Pour déterminer ce point particulier, introduisons la notion de courbes d'indifférence définies comme suit: Une courbe d'indifférence montre tous les ensembles de consommation qui procurent la même utilité pour le consommateur. Traçons l'ensemble des courbes d'indifférence qui représente les différents niveaux de satisfaction des consommateurs, pour différentes allocations de ressources à la R/D. Une de ces courbes est tangente à la courbe de frontière de possibilité de R/D de l'économie. Le point de contact des deux courbes détermine l'allocation socialement efficiente au sens de Pareto.

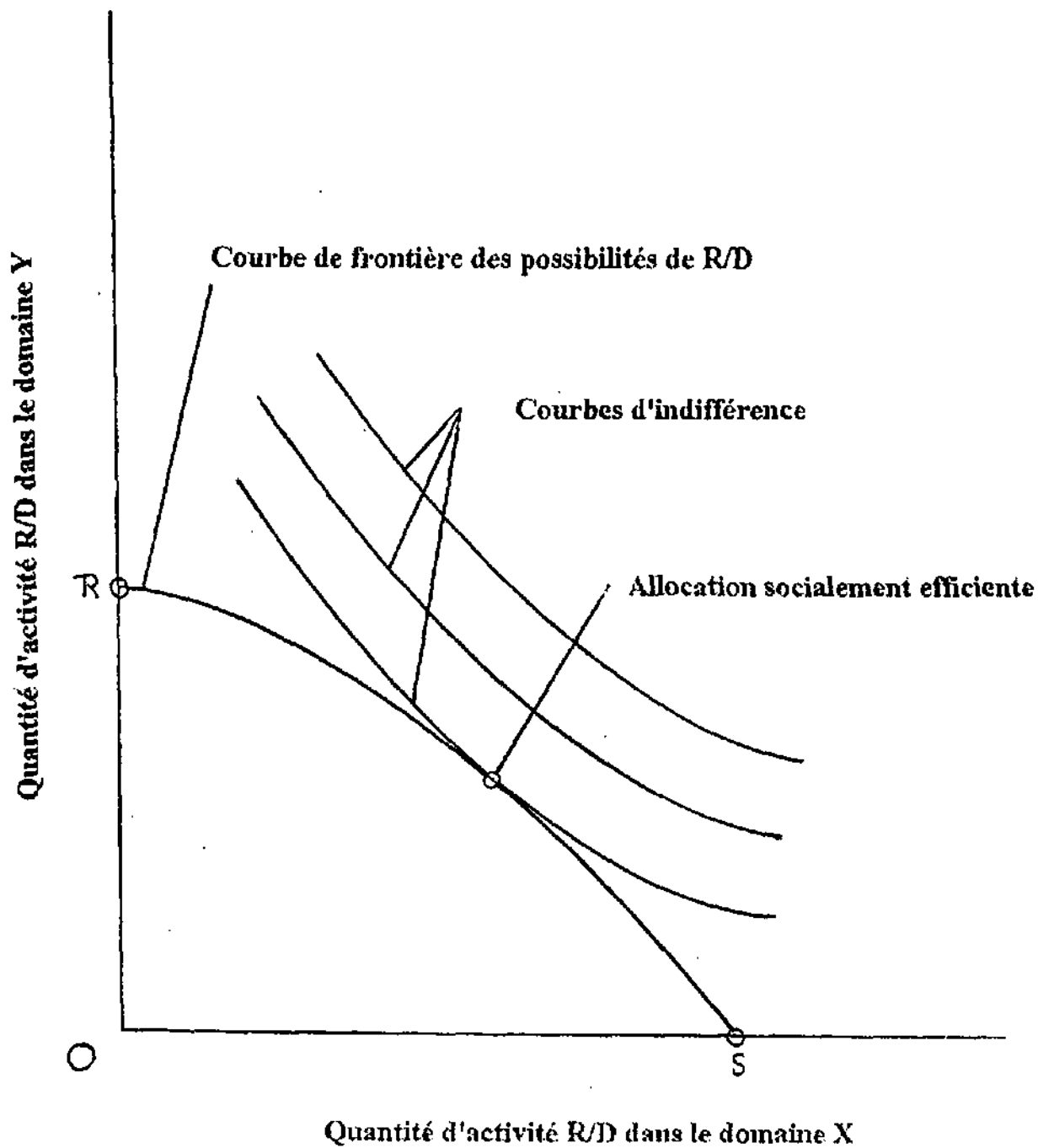


FIGURE 1: Allocation socialement efficiente des ressources consacrées à la R/D, au sens de Pareto

Les courbes d'indifférence sont difficiles à tracer dans le domaine des allocations pour la R/D. Toutefois le simple fait d'y réfléchir facilite une approche correcte du problème du choix des domaines technologiques à effectuer par un pays. Des poids différents sont à accorder aux différentes activités de R/D, en fonction des besoins potentiels des consommateurs qui financent la R/D par leurs impôts. Des critères d'évaluation judicieusement choisis permettent d'éviter de recourir aux courbes d'indifférence pour déterminer les allocations efficientes au sens de Pareto.

- *Qualité*

La qualité est aujourd'hui un des plus importants facteurs clés du succès et de réussite d'une entreprise quelle que soit sa taille ou sa nature. Avec le délai et les coûts, la qualité forme un ensemble déterminant dans la lutte concurrentielle qui règne sur les marchés globaux [KOHLER, 1992].

La R/D est également sujette à la concurrence. En 1989, l'industrie suisse a consacré 5.3 milliards de francs à des activités de R/D à l'étranger. Une partie significative de ces allocations a été attribuée à des instituts de recherche publics étrangers. Une partie de ces recherches n'aurait-elle pas pu être menée en Suisse ?

Par définition, la qualité est l'ensemble des propriétés et caractéristiques d'un produit ou service qui lui confèrent l'aptitude à satisfaire des besoins exprimés ou implicites.

#### 4. LA SCIENCE ET LA TECHNOLOGIE DANS LEUR CONTEXTE

L'évaluation des activités de sciences techniques effectuées par le secteur public est intimement liée à l'organisation dans laquelle se déroulent ces activités et à ses acteurs principaux, les professeurs et chargés de recherche. Pour optimiser les critères d'évaluation, il faut également définir l'organisation de la recherche et des institutions de recherche optimale en fonction du niveau de professionnalisme des acteurs principaux du champ d'activité. Plus ce niveau est élevé, moins il y aura nécessité de définir de critères d'évaluation des résultats de la recherche.

Pour aborder le sujet de l'évaluation de la recherche d'un pays, il est important d'essayer d'en définir l'organisation. En Suisse, elle est constituée d'un grand nombre d'organismes disparates aux compétences diverses, parfois très limitées. C'est à cette description qu'est consacrée la première partie de cette étude. Il faut rappeler que seuls l'enseignement et la recherche en sciences techniques sont pris en considération ici.

On peut distinguer, (expérience de l'auteur), deux catégories bien distinctes de professeurs et chargés de recherche. Par mesure de simplification, nous les appellerons catégories A et B.

La catégorie A se rapporte à tous ceux qui sont passionnés par leur métier. Ils publient peu d'articles, tous d'excellente qualité et de haute valeur innovatrice. Ils sont disponibles, face à leurs étudiants et aux personnes du secteur privé qui s'adressent à eux. Ils conduisent leur recherche de façon dynamique en recherchant sans cesse une valorisation de cette dernière. Ils enseignent leur domaine de spécialisation dans au moins deux institutions de technologie du pays. Ils ont établi des collaborations actives avec des groupes de recherche suisses et étrangers. Grâce à quelques brevets de qualité, ils bénéficient d'importants moyens financiers.

Toutes les méthodes connues d'évaluation d'activité R/D ne peuvent que confirmer l'efficacité et la qualité des responsables de type A, par conséquent elles ne sont jamais redoutées par ceux-ci.

La catégorie B concerne tous ceux qui exercent leur profession par métier. Ils publient de nombreux articles, parfois à faible valeur innovatrice, pour consolider leur demande de subvention auprès des organes qui les emploient. Ils n'enseignent que dans une seule haute école et n'ont pas de collaboration active avec les autres groupes de recherche suisses ou étrangers. Ils ne sont auteurs d'aucun brevet. Ils redoutent, à juste titre, l'évaluation de leur activité de recherche.

Ces deux types de responsables, A et B, existent dans toutes les institutions de recherche, seule leur population relative varie d'un lieu à un autre. Aucune considération n'est faite dans cette étude sur l'importance relative de chacune des catégories, pour les diverses institutions de recherche en Suisse. Seule une enquête spécialisée, par ailleurs très utile, pourrait donner une information valable à ce sujet.

## **PREMIERE PARTIE**

### **I. POLITIQUE SUISSE DE LA SCIENCE ET DE LA TECHNOLOGIE DE 1945 A 1991**

#### **1. LES QUATRE PÉRIODES DISTINCTES**

De nombreux auteurs ou organismes ont étudié et décrit la politique suisse de la science et technologie. L'OCDE en a fait une étude assez complète et objective [OCDE, 1989a]. Le sujet est d'une grande complexité car les lignes directrices de cette politique sont difficiles à tracer. Une description détaillée et critique des constituants de la place technologique suisse a notamment été effectuée avec le soutien de la Confédération [FREIBURGHANUS, BALTHASAR, ZIMMERMANN, KNÖPFEL, 1991].

La Suisse a connu plusieurs périodes bien distinctes dans son développement scientifique et technologique, depuis la fin de la deuxième guerre mondiale. Un article particulièrement intéressant [COMTESSE, 1992a], décrit les quatre âges de la politique scientifique, de la compétition des nations à la mondialisation:

Le premier âge est celui de l'après-guerre, des grands budgets. La Suisse va tenter de participer à l'effort international de R/D déclenché aux Etats-Unis. Elle dotera les chercheurs de budgets importants. L'enthousiasme des américains submerge l'Europe, et tout semble possible dans la conquête du progrès.

Le deuxième âge est celui des années de prospérité, de la planification. Plusieurs instruments de planification et de politique universitaire sont créés.

Le troisième âge est marqué par les chocs pétroliers, les efforts de concentration. Silicon Valley en Californie, le CERN en Suisse, marquent les esprits. On prend conscience de l'importance de la masse critique de chercheurs pour produire un développement intensif d'une région.

Le quatrième âge voit se tenir, en 1992, la conférence de Rio sur l'environnement; la mondialisation des phénomènes sociaux liés aux développements technologiques devient de plus en plus évidente. La recherche scientifique est essentiellement de nature globale, les niveaux de décision locaux et nationaux paraissent inappropriés.

## 2. LA MISE EN OEUVRE DE LA POLITIQUE DE LA SCIENCE ET DE LA TECHNOLOGIE

### 2.1. Introduction

Ce n'est qu'à partir de 1965 que la politique suisse de la science et de la technologie a fait l'objet d'études détaillées. Deux intéressants rapports ont, entre autres, été établis par l'OCDE [OCDE, 1971 et OCDE, 1989a]. Comme indiqué dans l'avant-propos, les institutions de la politique fédérale de la science ont, pour la plupart, été créées à la fin des années 60, lorsque la politique universitaire occupait encore nettement l'avant de la scène. Dans les années 70 et 80, d'abord la politique de la recherche, puis quelques mesures d'encouragement au développement technologique, ont pris de l'importance. Divers instruments nouveaux sont alors apparus, tels que les programmes nationaux de recherche, les programmes d'impulsions, la loi sur la recherche, les mesures spéciales en faveur de l'informatique, la détection avancée en politique de la recherche et la participation à EUREKA. La planification de la recherche a été développée sur la base de la loi sur la recherche. De nouveaux bénéficiaires de subventions ont fait leur entrée (par exemple le Centre suisse d'électronique et de microtechnique (CSEM), en tant qu'interface entre les universités et l'industrie).

De nouvelles tâches s'imposent à la politique scientifique et technologique en ce qui concerne l'encouragement de la recherche à des fins industrielles, la coopération internationale en matière de recherche, les transferts de technologie, l'estimation des effets de la technologie et l'évaluation de la recherche. La politique de la recherche, plutôt réactive dans le passé, est en train de devenir active. Les compétences en la matière sont réparties entre plusieurs départements et l'attribution de nouvelles tâches ne va pas de soi. Tous les observateurs reconnaissent qu'il n'est pas facile d'avoir une vue d'ensemble des structures de la politique suisse de la science et de la technologie. L'Office fédéral de l'éducation et de la science (OFES) assume une part importante des très nombreuses tâches dictées par cette politique.

En Suisse, la plupart des recherches financées par des fonds publics sont effectuées dans les instituts appartenant au secteur de l'enseignement supérieur. Le Fonds national suisse de la recherche - la plus importante des institutions chargées d'encourager la recherche - fournit principalement une aide sous forme de subsides à la recherche; il n'entretient pas d'institut propre, mais il finance des projets réalisés dans des établissements de recherche existants.

La mise en oeuvre de la politique scientifique et technologique se base principalement sur la loi fédérale d'aide aux universités 414.20 du 28 juin 1968 (LAU) et la loi 420.1 sur la recherche du 7 octobre 1983 (LR). Grâce à celles-ci et diverses ordonnances, les organismes de base de la politique suisse dans ce domaine ont été créés, définis et parfois redéfinis. Il s'agit du Conseil suisse de la science (CSS), de la Conférence

universitaire suisse (CUS), du Fonds national suisse de la recherche (FNSR) et de la Commission pour l'encouragement de la recherche scientifique (CERS). La description de ces institutions dans cette étude est basée sur un document de l'OFES [OFES, 1991], état avril 1991.

## *2.2. La loi fédérale sur l'aide aux universités (LAU)*

Par cette loi [LAU, 1968], la Confédération encourage l'extension des universités cantonales afin d'assurer la relève universitaire, l'avancement de la science et de la culture ainsi que la croissance économique. Elle favorise notamment la collaboration entre les hautes écoles du pays et la coordination dans l'enseignement et la recherche.

Pour accomplir cette tâche, elle alloue des subventions. Celles-ci consistent en contributions annuelles aux frais d'exploitation des universités (subventions de base) et en subventions pour les investissements. La Confédération peut aussi participer aux entreprises communes aux hautes écoles (universités et écoles polytechniques).

Ont droit à la subvention les cantons ayant la charge d'une université.

## *2.3. La loi fédérale sur la recherche (LR)*

Le but de la loi sur la recherche [LR, 1983] est de trois ordres. Elle entend encourager la recherche scientifique et favoriser la mise en valeur de ses résultats; veiller à la coordination des organes de recherche et, au besoin, la régler; assurer l'utilisation économe et rationnelle des fonds qu'elle affecte à la recherche.

En planifiant leurs activités et en utilisant les moyens fournis par la Confédération, les organes de recherche indiquent les priorités et fixent les tâches essentielles. Ce faisant, ils veillent en particulier:

- A la qualité scientifique de la recherche;
- A la diversité des opinions et méthodes scientifiques;
- Au maintien d'un lien étroit entre l'enseignement et la recherche;
- A un rapport judicieux entre la recherche fondamentale et la recherche appliquée correspondant à leurs tâches;
- A l'encouragement de la relève scientifique et au maintien de la qualité du potentiel de la recherche;
- A la coopération scientifique internationale.

La liberté de l'enseignement et de la recherche est respectée.

#### *2.4. Les écoles polytechniques fédérales (EPF)*

La Suisse compte deux écoles polytechniques, à Zurich (EPFZ) et Lausanne (EPFL) et quatre instituts qui leur sont subordonnés, l'Institut Paul Scherrer (PSI), le Laboratoire fédéral d'essai des matériaux (EMPA), l'Institut fédéral sur la forêt, la neige et les paysages (FNP) et l'Institut fédéral pour l'aménagement, l'épuration et la protection des eaux (IFAEPE). En outre, on note la présence de nombreuses institutions technologiques, appartenant aux divers départements fédéraux qui poursuivent des activités scientifiques et technologiques [OFES, 1991]. Les principales sont:

- L'Institut suisse de météorologie (ISM)
- L'Office des constructions fédérales (OCF)
- L'Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP)
- L'Office fédéral de la statistique (OFS)
- L'Office fédéral de métrologie (OFMET)
- Groupement de l'armement (GDA)
- Office fédéral des affaires économiques extérieures (OFAEE)
- Office fédéral de l'agriculture (OFA)
- Office fédéral des questions conjoncturelles (OFQC)
- Etat-major pour les questions de transport
- Office fédéral de l'énergie (OFEN)
- Le Centre suisse d'électronique et de microtechnique (CSEM)

#### *2.5. Les universités cantonales*

La Suisse compte huit universités cantonales. Sept d'entre elles ont une faculté des sciences:

- Université de Bâle

- Université de Berne
- Université de Fribourg
- Université de Genève
- Université de Lausanne
- Université de Neuchâtel
- Université de Zurich
- Ecole des hautes études commerciales et sociales de St-Gall

L'Ecole de St-Gall s'intéresse certainement au développement économique induit par la science et la technologie, toutefois, elle n'a pas d'activité technologique.

#### *2.6. Les écoles techniques supérieures (ETS)*

On dénombre 16 écoles d'ingénieurs (ETS) en Suisse. Elles participent très activement au développement technologique du pays:

- Ecole d'ingénieurs des deux Bâle, à Muttenz
- Ecole d'ingénieurs de Bienne, à Bienne
- Ecole d'ingénieurs de Brugg-Windisch, à Windisch
- Ecole d'ingénieurs intercantonale de Buchs, à Buchs
- Ecole d'ingénieurs de Burgdorf, à Burgdorf
- Ecole d'ingénieurs de Fribourg, à Fribourg
- Ecole d'ingénieurs de Genève, à Genève
- Ecole suisse d'ingénieurs des industries graphiques et de l'emballage, à Lausanne
- Ecole d'ingénieurs de Neuchâtel, au Locle
- Ecole d'ingénieurs du Tessin, à Canobbio
- Ecole d'ingénieurs de Suisse centrale, à Horw-Luzern

- Ecole d'ingénieurs de Saint-Imier, à Saint-Imier
- Ecole d'ingénieurs de Winterthur, à Winterthur
- Ecole d'ingénieurs de l'Etat de Vaud, à Yverdon-les-Bains
- Ecole d'ingénieurs du Valais, à Sion
- Ecole suisse d'ingénieurs pour le bois, à Bienne

La principale organisation qui concerne les écoles d'ingénieurs est la Conférence des directeurs des écoles d'ingénieurs de Suisse.

### *2.7. L'Office fédéral de l'éducation et de la science (OFES)*

L'Office fédéral de l'éducation et de la science - qui fait partie du Département fédéral de l'intérieur - a pour mission de préparer la politique de la Confédération dans les secteurs scientifiques et technologiques. Il la met en oeuvre après décision du Parlement et du Gouvernement. Les activités de l'OFES recouvrent les domaines suivants:

- promotion de la recherche en Suisse
- politique universitaire et aide aux universités
- examens de maturité (baccalauréat)
- bourses d'études
- documentation scientifique
- coopération internationale en recherche et en éducation
- analyse et prospective en recherche et en éducation

C'est à l'OFES qu'incombe l'exécution de la loi sur la recherche; il prépare les décisions concernant l'octroi de subventions, notamment au Fonds national de la recherche scientifique et aux académies. Il formule, en concertation avec d'autres instances, les thèmes des futurs programmes nationaux de recherche; il assume des tâches d'information et de coordination en matière de recherche, en particulier pour les activités de recherche de l'administration fédérale. L'OFES veille à l'application de la loi sur l'aide aux universités: se fondant sur les recommandations de la Conférence universitaire suisse et du Conseil suisse de la science, il prépare les décisions au niveau du département et du Conseil fédéral (questions de principe, législation,

arrêtés de crédits, décisions d'octroi de subventions); il est également responsable de la gestion et de l'utilisation des crédits-cadres; enfin, il assume diverses tâches de coordination de la politique universitaire, en collaboration avec le Conseil suisse de la science et la Conférence universitaire suisse.

## 2.8. *Le Conseil suisse de la science (CSS)*

Le Conseil suisse de la science est l'organe consultatif du Conseil fédéral dans toutes les questions de politique scientifique nationale et internationale [LAU, 1968]. Il est nommé par le Conseil fédéral et a pour tâche de réunir et d'examiner les éléments d'une politique nationale en matière de science et de recherche et de proposer les mesures nécessaires à sa réalisation. Le Conseil fédéral fixe le nombre des membres du CSS et les désigne en veillant à une représentation équitable des diverses parties du pays ainsi que des milieux intéressés à la recherche fondamentale et appliquée. Trois de ses membres sont nommés sur présentation de la Conférence universitaire suisse. Le CSS compte actuellement un président, 21 membres, 7 conseillers et 4 "hôtes".

- Le CSS a, en particulier, les attributions suivantes :
- Il formule des directives pour l'extension et la coopération des hautes écoles suisses, tout en sauvegardant la souveraineté scolaire des cantons et l'autonomie des hautes écoles;
- Il donne son avis sur les propositions, recommandations et rapports que la Conférence universitaire suisse doit lui soumettre à l'attention du Département fédéral de l'intérieur.
- Il élabore, à l'intention du Département fédéral de l'intérieur et de la Conférence universitaire suisse, des recommandations concernant l'aide aux universités ainsi que la réalisation efficace des tâches d'enseignement et de recherche qui leur incombent.
- Il conseille les universités dans la réforme de leur structure et de leurs méthodes de travail.
- Le CSS se donne un règlement d'organisation et de gestion qu'il fait approuver par le Conseil fédéral.

## 2.9. *La Conférence universitaire suisse (CUS)*

La tâche principale de la Conférence universitaire suisse consiste à réaliser la collaboration des universités et hautes écoles suisses entre elles (dans cette étude, on considérera les universités comme hautes écoles aussi). Elle comprend deux

représentants de chaque canton universitaire, du Conseil des écoles polytechniques fédérales et de l'Union des étudiants de Suisse, deux représentants de cantons sans université, élus par la Conférence des directeurs de l'instruction publique, un représentant du Conseil de la recherche du Fonds national ainsi que six délégués de la Confédération désignés par le Conseil fédéral. Si ces derniers appartiennent à l'administration fédérale, ils n'ont qu'une voix consultative. Trois membres au moins de la CUS doivent faire partie du CSS. La CUS invite les cantons qui envisagent la création de nouvelles hautes écoles à déléguer, chacun, deux représentants à ses délibérations.

- La CUS a en particulier les attributions suivantes:
- Elle établit, compte tenu des directives du Conseil suisse de la science, des règles pour la répartition du travail entre les hautes écoles et les mesures à prendre en commun;
- Elle maintient le contact avec les étudiants;
- Elle arrête les principes généraux des conditions d'admission, des programmes d'enseignement et des règlements d'examens des diverses études ainsi que de la reconnaissance réciproque des examens et des diplômes;
- Elle examine les demandes de subventions pour investissements et présente ses propositions au CSS;
- Elle élabore, à l'attention du CSS, des recommandations en vue de fixer les montants maximaux des traitements;
- Elle transmet au CSS, avec son préavis, les rapports établis par les bénéficiaires de subventions;
- Elle fait rapport au CSS sur les besoins financiers des universités et des institutions ayant droit aux subventions, pour la prochaine période de subventionnement;
- Elle étudie les problèmes en rapport avec la création de nouvelles universités et d'institutions ayant droit aux subventions et présente ses propositions au CSS;
- Elle donne son avis sur les problèmes généraux qui lui sont soumis par le Département fédéral de l'intérieur, par le CSS, par le Conseil de la recherche du Fonds national ou par les cantons universitaires.

La CUS édicte un règlement concernant son organisation et sa gestion. Elle remet chaque année au Département fédéral de l'intérieur un rapport sur son activité. Ce rapport est communiqué au CSS qui peut formuler des observations à son sujet.

## *2.10. La Conférence universitaire romande (CUR)*

Les gouvernements des cantons universitaires romands et le Conseil des écoles polytechniques fédérales (CEPF), en accord avec le canton universitaire de Berne d'une part et les cantons du Tessin, du Valais et du Jura d'autre part [CUR, 1980],

- désireux de coordonner et de promouvoir l'enseignement et la recherche dans les universités romandes;
- fondés sur les expériences acquises au cours des récentes années;
- exprimant ainsi leur volonté de réaliser les principes contenus dans la loi fédérale sur l'aide aux universités;
- reconnaissant ainsi la nécessité de compléter et de prolonger l'action de la Conférence universitaire suisse et du Conseil suisse de la science;
- désireux de s'associer aussi à d'autres cantons universitaires;

ont convenu de signer, en 1980, une convention-cadre relative à la coordination universitaire romande dont les principes généraux et domaines de la coordination sont énoncés comme suit:

La coordination universitaire romande a pour but de permettre aux hautes écoles, soit les Universités de Fribourg, Lausanne, Neuchâtel, Genève, et l'École polytechnique fédérale de Lausanne, de mieux remplir leur mission, grâce à une concertation des tâches et une utilisation optimale des moyens.

La coordination universitaire romande porte sur:

- les différents domaines et niveaux de l'enseignement et de la recherche des hautes écoles;
- toute autre activité ou réglementation des hautes écoles qu'il apparaît nécessaire d'harmoniser ou de réaliser en commun.

Quant aux objectifs, ils sont définis clairement. La coordination universitaire vise notamment les objectifs suivants:

- créer, harmoniser, rendre complémentaires ou diversifier les enseignements de 1er, 2ème et 3ème cycle;
- susciter et encourager la coordination des orientations de recherche;

- harmoniser les conditions d'accès aux hautes écoles et promouvoir le libre passage des étudiants et la reconnaissance des diplômes;
- assurer l'utilisation optimale de tous les moyens mis à disposition des hautes écoles par les collectivités publiques et privées.

Les départements de l'instruction publique et le Conseil des écoles polytechniques veillent, avec les rectorats et la direction de l'EPFL à l'application des dispositions de la convention.

### *2.11. Le Fonds national suisse de la recherche scientifique (FNRS)*

D'après la loi fédérale sur la recherche, le Fonds national suisse reçoit, dans les limites des crédits accordés, des subventions destinées notamment à :

- Encourager la réalisation de projets de recherche dans les universités et les instituts de recherche ainsi que par les chercheurs indépendants;
- Préparer et exécuter les programmes nationaux de recherche arrêtés par le Conseil fédéral;
- Encourager la relève scientifique;
- Assurer aux hautes écoles et aux instituts de recherche la collaboration d'hommes de science qualifiés;
- Promouvoir la publication d'ouvrages scientifiques et la mise en valeur des résultats de la recherche;
- Participer à la coopération scientifique internationale;
- Elaborer les bases pour sa politique de la recherche.

Le Fonds national est une fondation indépendante de droit privé qui exécute, depuis sa création en 1952, le mandat que lui confie la Confédération. Contrairement à de nombreuses organisations d'encouragement de la recherche à l'étranger, le Fonds national ne fait pas de recherche, ni ne possède d'instituts en propre. Il encourage en Suisse, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur des hautes écoles, les recherches scientifiques sans but commercial. Il est devenu au fil des temps le principal instrument d'encouragement de la recherche de la Confédération. Cette dernière lui alloue quelques 260 millions de francs par an pour mener à bien son mandat dans les trois domaines des sciences humaines et sociales, des mathématiques, sciences naturelles et de l'ingénieur, biologie et médecine. En 1990, le Fonds national a alloué des subsides et des bourses à 1500 projets de recherche, finançant ainsi 3000 postes de travail et

450 bourses. Dans le domaine des sciences techniques, un montant de 111 millions de francs a été attribué en 1991 pour répondre à 408 requêtes.

Créés en 1975, les programmes nationaux de recherche (PNR) constituent un instrument supplémentaire de l'activité d'encouragement du Fonds national. Ils sont axés sur la pratique et destinés à fournir une contribution active à la solution de problèmes urgents du pays. Le Conseil fédéral fixe les thèmes et charge le Fonds national de leur exécution. Jusqu'à 12 pour cent des subventions allouées au Fonds national par la Confédération peuvent être engagés à cet effet. Dans le cadre des PNR, les chercheurs doivent adapter leurs projets en fonction du plan d'exécution élaboré par le Fonds national. Ils doivent arriver à fournir des résultats transposables dans la pratique dans un délai de cinq ans. En 1990, 151 requêtes ont été acceptées pour un montant total de 28,8 millions de francs répartis sur 14 PNR. Jusqu'ici, le Conseil fédéral a approuvé 6 séries de programmes, soit au total 37 PNR.

### *2.12. La Commission pour l'encouragement de la recherche scientifique (CERS)*

Créée en 1944, la CERS a été instituée par le Département fédéral de l'économie publique. Sa tâche est d'encourager les recherches scientifiques et techniques en vertu de la loi fédérale "RS 823.31" du 30 septembre 1954 sur les mesures préparatoires en vue de combattre les crises et de procurer du travail ainsi que de l'ordonnance "RS 823.312" du 17.12.1982 sur l'octroi de subsides pour l'encouragement de la recherche et développement axé sur la pratique. Elle est composée d'un président, de 16 membres, d'un expert permanent et de trois délégués de l'administration fédérale.

En règle générale, les subventions fédérales ne peuvent être allouées que pour des projets qui sont réalisés par des entreprises en coopération avec un institut de recherche. Le financement par les entreprises elles-mêmes doit atteindre au moins 50 pour cent du coût du projet. Ce sont surtout des projets de R/D directement orientés vers l'innovation et concernant des matériaux, des processus et des techniques de production qui sont encouragés. Les projets ayant exclusivement pour but de tester des prototypes et de les développer jusqu'à ce qu'ils soient propres à la fabrication ne peuvent être pris en considération. Il faut aussi prouver que le projet revêt un intérêt sur les plans économique et industriel.

Pour réaliser un projet, un contrat doit être conclu entre la Confédération, les établissements de recherche et les partenaires industriels. Les partenaires du projet ont un statut préférentiel en ce qui concerne la valorisation des résultats. Si des droits sont vendus à des tiers, les subventions fédérales doivent être entièrement ou partiellement remboursées. L'utilisation des résultats obtenus est, au premier chef, l'affaire des entreprises participant au projet. Les Chambres fédérales ont accordé, pour les années 1986 à 1991 quelque 190 millions de francs à la CERS.

### *2.13. Le Groupement de la science et de la recherche (GSR)*

Le groupement de la science et de la recherche existe depuis le 1er novembre 1990. Vu son importance pour l'avenir de la politique suisse de la science et de la technologie, ce groupement sera analysé en détail dans le chapitre II.1 sur la politique actuelle et avenir.

### *2.14. Les académies scientifiques*

Les académies se veulent être, en principe, le trait d'union entre la recherche et le grand public.

L'Académie suisse des sciences naturelles (ASSN), créée en 1815, comprend 38 sociétés spécialisées et 27 sociétés cantonales totalisant environ 25'000 membres [CF, 1991], alors que l'Académie suisse des sciences humaines (ASSH), créée en 1946, compte 43 sociétés scientifiques comprenant au total quelque 40'000 membres; les deux académies disposent d'un secrétariat général commun. L'Académie suisse des sciences techniques (ASST), quant à elle, a été créée en 1981 et compte 39 sociétés membres auxquelles sont affiliés plus de 47'000 membres individuels. Au contraire des trois académies soeurs, l'Académie suisse des sciences médicales (ASSM), qui existe depuis 1943, n'est pas une association de sociétés spécialisées mais une fondation créée par les sept facultés de médecine et de médecine vétérinaire des universités suisses, ainsi que par la Fédération des médecins suisses.

Le rôle des académies n'est pas le même que celui du FNRS; elles ont une vocation générale de support à la science et à la recherche, plutôt que de soutien direct. Leur mission est donc principalement:

- d'être un forum de discussion et de réflexion en encourageant la collaboration et l'échange d'idées entre chercheurs, en particulier par l'organisation de congrès et de manifestations scientifiques;
- de réaliser des études et des enquêtes dans le domaine de la science et de la politique scientifique;
- d'améliorer la compréhension du public pour les questions scientifiques;
- de soutenir financièrement des revues spécialisées et d'autres publications;
- de favoriser la collaboration scientifique internationale notamment par des contacts avec des institutions analogues à l'étranger;
- de fournir l'infrastructure nécessaire à la recherche par la création et l'exploitation de services scientifiques auxiliaires (en particulier des banques de données).

L'exécution de projets scientifiques fait, en principe, aussi partie des tâches des académies. Toutefois, par rapport aux sources traditionnelles de subventionnement telles que le FNRS ou le subventionnement direct, les académies devraient se borner à la réalisation d'études pilotes ainsi qu'au lancement et à la mise en place de projets scientifiques à long terme. Cette répartition des tâches répond à la volonté du Conseil fédéral de définir plus clairement les rôles respectifs du FNRS et des académies.

L'activité de l'ASSN et de l'ASSH pendant les périodes de 1988 à 1991 a été marquée tout particulièrement par une collaboration accrue avec des institutions étrangères, notamment en Europe de l'Est et en Chine, par la préparation de projets à plus long terme (banques de données) et par la sensibilisation d'un large public pour les questions scientifiques. Pour sa part, l'ASSM a soutenu, par l'octroi de subsides, des projets de recherche et développement en médecine appliquée et a contribué à une réflexion de fond dans le domaine de l'éthique médicale. Enfin l'ASST s'est attachée entre autres à promouvoir les réflexions sur l'éthique de la technique et l'amélioration de l'image de la technique dans l'opinion publique, ainsi qu'à encourager la collaboration entre disciplines scientifiques et l'échange de connaissances scientifiques au niveau international.

#### *2.15. L'Office fédéral de l'industrie, des arts et métiers et du travail (OFLAMT)*

La division de la formation professionnelle est organisée comme suit:

- Services d'état-major (service juridique, secrétariat et service de traduction);
- Trois sections de formation de base et de perfectionnement (prescription d'apprentissage de professions selon la loi sur la formation professionnelle, examens professionnels et professionnels supérieurs);
- Sections de l'enseignement professionnel (organisation scolaire, inspections, perfectionnement des enseignants dans le domaine commercial);
- Section service financier (subventions).

L'Institut suisse de pédagogie pour la formation professionnelle dépend de l'OFLAMT. Sa tâche principale consiste à former des maîtres professionnels pour enseigner à temps complet ou partiel dans les écoles professionnelles artisanales et industrielles et à perfectionner leurs connaissances.

L'Office comprend les commissions suivantes:

- Commission fédérale de la formation professionnelle;
- Commission pour l'Institut suisse de pédagogie pour la formation professionnelle;

- Commission fédérale pour les écoles techniques supérieures;
- Commission fédérale pour les écoles supérieures de cadres pour l'économie et l'administration;
- Commission fédérale pour la reconnaissance des écoles supérieures d'arts appliqués.

#### 2.16. *Le Comité interdépartemental de coordination pour la science et la recherche (IDA)*

L'IDA est constitué de deux membres par département ayant la mission de réaliser une coordination des services de leur département qui s'occupent d'éducation et de recherche. Les tâches du Comité sont les suivantes:

- L'IDA supervise les activités de coordination des organes de coordination engagés dans les différents domaines d'activité de la recherche et du développement, en tenant compte des interdépendances globales;
- Il assure le flux de l'information sur les activités R/D prévues, en cours et terminées;
- Il élabore, à la demande du Conseil fédéral, des départements ou de sa propre initiative, des propositions motivées dans le but de compléter ou de modifier la coordination existante;
- L'IDA nomme des groupes de travail chargés d'élucider certaines questions ou de garantir la coordination dans tous les domaines où aucun département ne se déclare compétent;
- L'IDA participe à la préparation de la politique générale de la Confédération en matière de recherche et formule les intérêts généraux de la recherche du secteur public en ce qui concerne d'autres secteurs de la politique de la recherche;
- Il élabore des propositions d'instructions générales concernant la planification et la coordination de la recherche et du développement;
- L'IDA fait chaque année un rapport à la délégation du Conseil fédéral pour la science et la recherche sur la situation et les problèmes de la coordination de la recherche du secteur public.

## *2.17. Les nombreuses commissions*

Les principales organisations de la politique de la science et de la technologie ont été décrites dans le paragraphe 1.2. A côté de celles-ci, existent de nombreuses commissions et délégations [OFES, 1991] qui viennent se tisser sur les premières. Parmi elles, on peut mentionner:

- La Commission de la science et de la recherche du Conseil National (CSR CN);
- La Commission de la science et de la recherche du Conseil des Etats (CSR CE);
- La délégation du Conseil fédéral pour la science et la recherche;
- La Direction des organisations internationales (DOI);
- La Direction de la coopération au développement et à l'aide humanitaire (DDA);
- La Commission de surveillance de l'Institut fédéral de recherche sur la forêt, la neige et le paysage;
- La Commission pour la recherche agronomique;
- La Commission consultative pour les stations fédérales de recherches agronomiques;
- La Commission fédérale pour la recherche énergétique (CORE);
- La Commission fédérale de recours en matière d'encouragement de la recherche;
- La Commission fédérale pour l'information scientifique;
- La Commission consultative fédérale pour les affaires spatiales;
- Le Service de coordination de la participation à des projets de recherche internationaux KBF c/o VSM;
- La Commission du Vorort pour la science et la recherche
- La Fondation confédérale pour le développement de l'économie nationale suisse au moyen de recherches scientifiques;
- La Société pour l'avancement de la recherche industrielle aux hautes écoles suisses et autres institutions;
- La Fondation Marcel Benoist DFI;

- La Fondation suisse pour la recherche en microtechnique (FSRM);
- L'Institut tropical suisse;
- Le Fonds national pour la recherche énergétique.

D'après le document de l'OFES, cette liste n'est que partielle.

### 3. L'EFFORT NATIONAL DE R/D

#### 3.1. *La Suisse et les autres pays de l'OCDE*

La Suisse [OCDE, 1989a] est l'un des pays Membres de l'OCDE à plus forte intensité de R/D. En 1986, la dépense brute de R/D en pourcentage du produit intérieur brut (DIRD/PIB) se montait à 2.92 pour cent. La DIRD s'est élevée à 7 milliards de francs, dont 80 pour cent environ financés par les entreprises. En 1989, la dépense intérieure de R/D de la Suisse s'est élevée à quelque 9 milliards de francs, somme qui correspond à 3.1 pour cent du PIB [OFS, 1992]. La Suisse est le pays Membre de l'OCDE où la participation des entreprises au financement et à l'exécution de la R/D est la plus élevée et où la participation du secteur public au financement et à l'exécution de la R/D est la plus modeste.

Le tableau 1 présente l'effort R/D de quelques pays de l'OCDE, dont la Suisse, en 1986. La figure 2 représente les dépenses de R/D faites, en Suisse, en 1989 par l'industrie privée, la Confédération et les cantons. Les tableaux 2 et 3 et la figure 3 concernent les dépenses de la Confédération, entre 1980 et 1991, dans des secteurs où la part à la recherche est particulièrement importante. En 1986, la Confédération a contribué à l'effort R/D par un montant de 1.2 milliard de francs, quant à la part des cantons, elle était de 0.4 milliard. En 1989, les parts respectives de l'industrie privée, la Confédération et des cantons se sont élevées à 6.7, 1.6 et 0.5 milliards de francs. Le personnel affecté à la R/D en Suisse représentait, en 1989, 51'000 équivalents plein-temps, dont plus de trois quarts dans les entreprises privées.

Les fonds affectés par la Confédération à la R/D proviennent tous de la caisse fédérale, mais sont distribués par l'intermédiaire des budgets des différents offices et sous des formes diverses. On distingue [CSS, 1989a] six voies de financement dans la répartition du montant global, pour 1986, de 1.2 milliard de francs:

- Offices et services fédéraux intra-muros: 250 millions de francs sont affectés par les offices fédéraux (administration fédérale, régies autonomes et autres institutions) à des travaux de R/D de leurs propres services.

**Quelques indicateurs de l'intensité de R-D dans les pays Membres — 1986**

	DIRD Millions de SEU PPA <sup>1</sup>	DIRD en % du PIB	Pourcentage de la DIRD		Personnel de R-D EPT <sup>2</sup>
			financé par l'industrie	financé sur fonds publics	
Etats-Unis <sup>3</sup>	120475.0	2.74	47.0	51.0	..
Japon	41 698.3	2.78	68.7	21.3	778 501
Allemagne <sup>3</sup>	22039.5	2.71	62.8	35.8	398 328
France <sup>3</sup>	16 188.3	2.28	41.0	52.9	274 301 <sup>4</sup>
Royaume-Uni	15 759.6	2.42	48.2	39.8	..
Italie <sup>3</sup>	8 895.5	1.28	41.7	54.2	122 352 <sup>4</sup>
Canada <sup>3</sup>	6 140.8	1.42	40.7	45.8	103 300 <sup>4</sup>
Pays-Bas	3 803.9	2.21	51.7 <sup>3</sup>	44.2 <sup>3</sup>	62 760
Suède <sup>3, 6</sup>	3 405.4	2.93	63.3 <sup>5</sup>	34.0 <sup>3</sup>	50 200 <sup>3</sup>
Suisse	2 867.7	2.89	78.9	23.1	45 000
Australie	2 414.1	1.20	31.6	64.9	57 706
Belgique	1 834.4	1.61	68.6	29.1	..
Espagne	1 774.8	0.57	53.2	44.0	38 445
Turquie <sup>3</sup>	1 213.0	0.55	..	..	33 198 <sup>3</sup>
Autriche <sup>3</sup>	1 166.6	1.31	48.8	49.2	20 161 <sup>4</sup>
Norvège <sup>3</sup>	1 068.0	1.82	51.0	44.1	20 200
Yougoslavie	1 056.3	0.88	52.7	45.7	76 246 <sup>3</sup>
Finlande <sup>3</sup>	1 022.3	1.60	55.6 <sup>3</sup>	42.3 <sup>3</sup>	23 550 <sup>4</sup>
Danemark <sup>3</sup>	785.3	1.24	49.2	46.5	21 300 <sup>3</sup>
Nouvelle-Zélande <sup>3</sup>	338.8	0.96	39.7	60.3	..
Portugal	257.9	0.45	26.5	64.2	10 451
Irlande	225.6	0.92	48.0	43.8	6 343
Grèce	204.3	0.33	23.2	74.4	6 091
Islande	25.2	0.73	32.8 <sup>5</sup>	64.3 <sup>3</sup>	855 <sup>5</sup>

1. Parités de pouvoir d'achat.

2. Equivalence plein-temps.

3. 1987.

4. 1986.

5. 1985.

6. Sciences sociales et humaines exclus.

7. 1983.

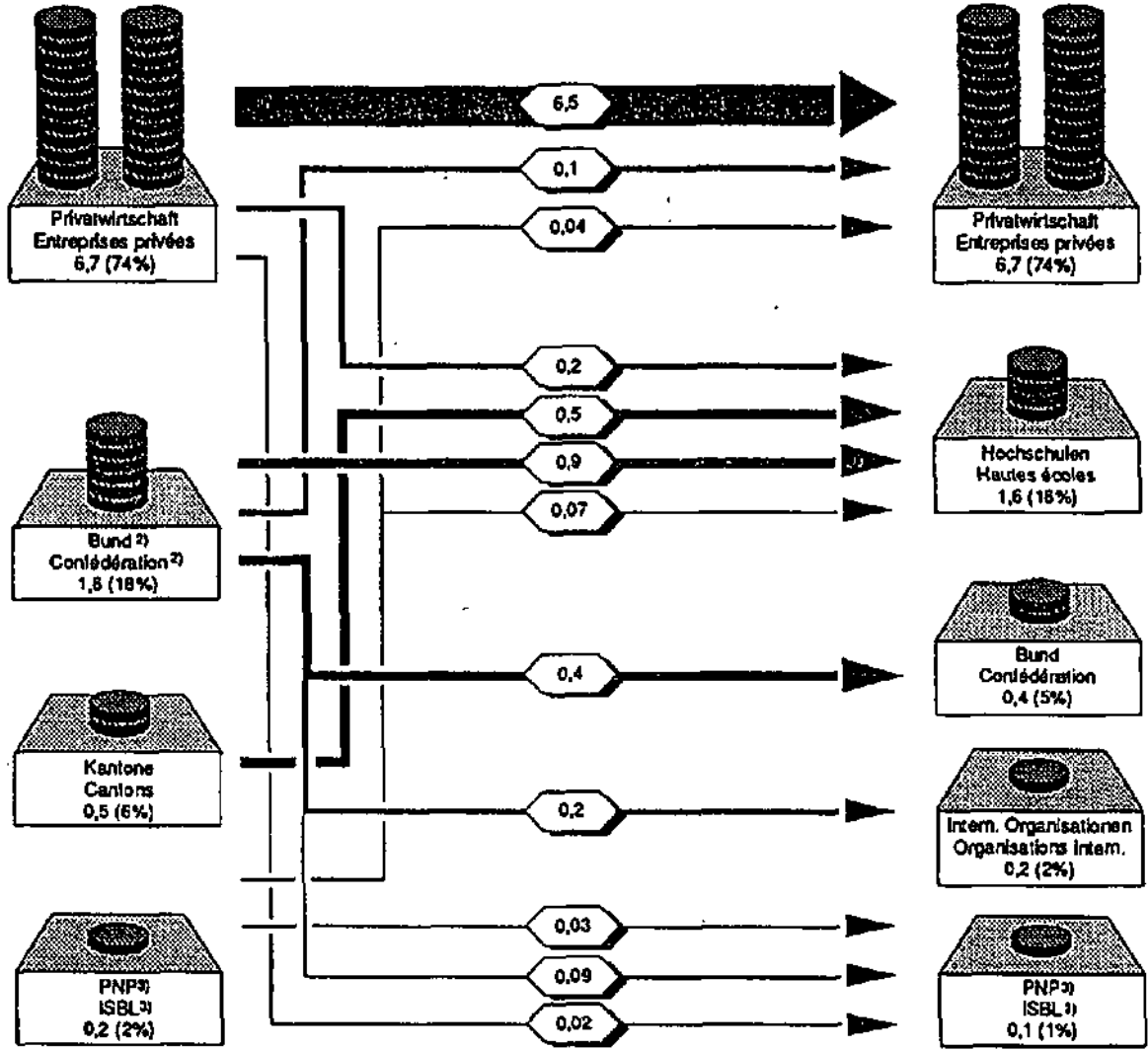
Source: Banque de données OCDE/DISTI.

**TABEAU 1:** Quelques indicateurs de l'intensité de R/D dans les pays Membres de l'OCDE - 1986 [OCDE, 1989a]

**G1** Forschung und Entwicklung in der Schweiz in Milliarden Franken 1989<sup>1)</sup>  
 Recherche et développement en Suisse en 1989, en milliard de francs<sup>1)</sup>

Finanzierung / Financement

Durchführung / Exécution



<sup>1)</sup> Das Total beträgt 9 Mia. Franken und enthält keine Aufwendungen der Privatwirtschaft für im Ausland getätigte Forschung und Entwicklung (5.2 Mia.)  
 Le montant total (9 milliards de francs, soit 100%) ne comprend pas les dépenses de l'économie privée pour la R-D réalisée à l'étranger (soit 5,2 milliards de francs)

<sup>2)</sup> Einschliesslich Schweizerischer Nationalfonds und Kommission zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung sowie Hochschulförderung und ETH-Budgets  
 Y compris le Fonds national suisse et la Commission pour l'encouragement de la recherche scientifique ainsi que l'Aide aux universités et le budget des EPF

<sup>3)</sup> Private Organisationen ohne Erwerbszweck  
 Institutions privées sans but lucratif

**FIGURE 2:** Recherche et développement en Suisse en 1989, en milliards de francs [OFS, 1992]

Dépenses de la Confédération dans des secteurs où la part consacrée à la recherche est particulièrement importante (années 1980 à 1991 selon le compte d'Etat de la Confédération, en mio. de fr.)

	1980	1985	1988	1989	1990 <sup>1)</sup>	1991 <sup>1)</sup>
<i>Aide aux universités, total</i> .....	272,7	302,2	389,0	366,0	383,0	397,0
Subventions de base.....	192,0	237,4	276,0	289,0	303,0	317,0
Subventions pour les investissements.....	80,7	64,8	113,0	77,0	80,0	80,0
<i>Ecoles polytechniques fédérales et instituts annexes, total</i> .....	471,8	614,1	728,9	771,2	828,3	880,7
Ecole polytechnique fédérale de Zurich (EPFZ).....	239,1	316,9	376,5	394,5	421,7	458,2
Institut de recherches en matière de réacteurs (IFR) <sup>2)</sup> .....	50,3	63,9	122,3	129,4	131,8	147,0
Institut de recherches nucléaires (SIN) <sup>2)</sup> .....	48,1	47,5	17,9	20,3	21,5	22,8
Institut de recherches forestières (IFRF).....	8,1	19,5	45,3	47,1	53,3	57,0
Laboratoire d'essai des matériaux (EMPA).....	31,7	40,5	13,6	14,9	14,4	17,0
Institut pour l'aménagement, l'épuration et la protection des eaux (EAWAG).....	9,3	11,8	153,3	165,0	185,6	178,7
Ecole polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL).....	85,2	114,0	224,5	240,8	254,3	269,8
<i>Institutions chargées d'encourager la recherche, total</i> .....	142,4	173,3	218,0	232,8	246,8	261,8
Fonds national suisse de la recherche scientifique (FNRS) <sup>3)</sup> .....	139,7	169,0	218,0	232,8	246,8	261,8
Académie suisse des sciences naturelles (ASSN) (sans l'investigation géologique du territoire national) <sup>3)</sup> .....	1,5	2,0	2,8	3,8	3,2	3,4
Académie suisse des sciences humaines (ASSH) <sup>3)</sup> .....	1,2	1,7	2,5	2,7	2,8	3,0
Académie suisse des sciences médicales (ASSM) <sup>3)</sup> .....	--	0,3	0,6	0,8	0,8	0,8
Académie suisse des sciences techniques (ASST) <sup>3)</sup> .....	--	0,3	0,6	0,7	0,7	0,8

1) Données budgétaires.

2) fusionnés en Institut Paul Scherrer.

3) Rubriques concernées par les crédits demandés dans le présent message pour la période 1992-1995.

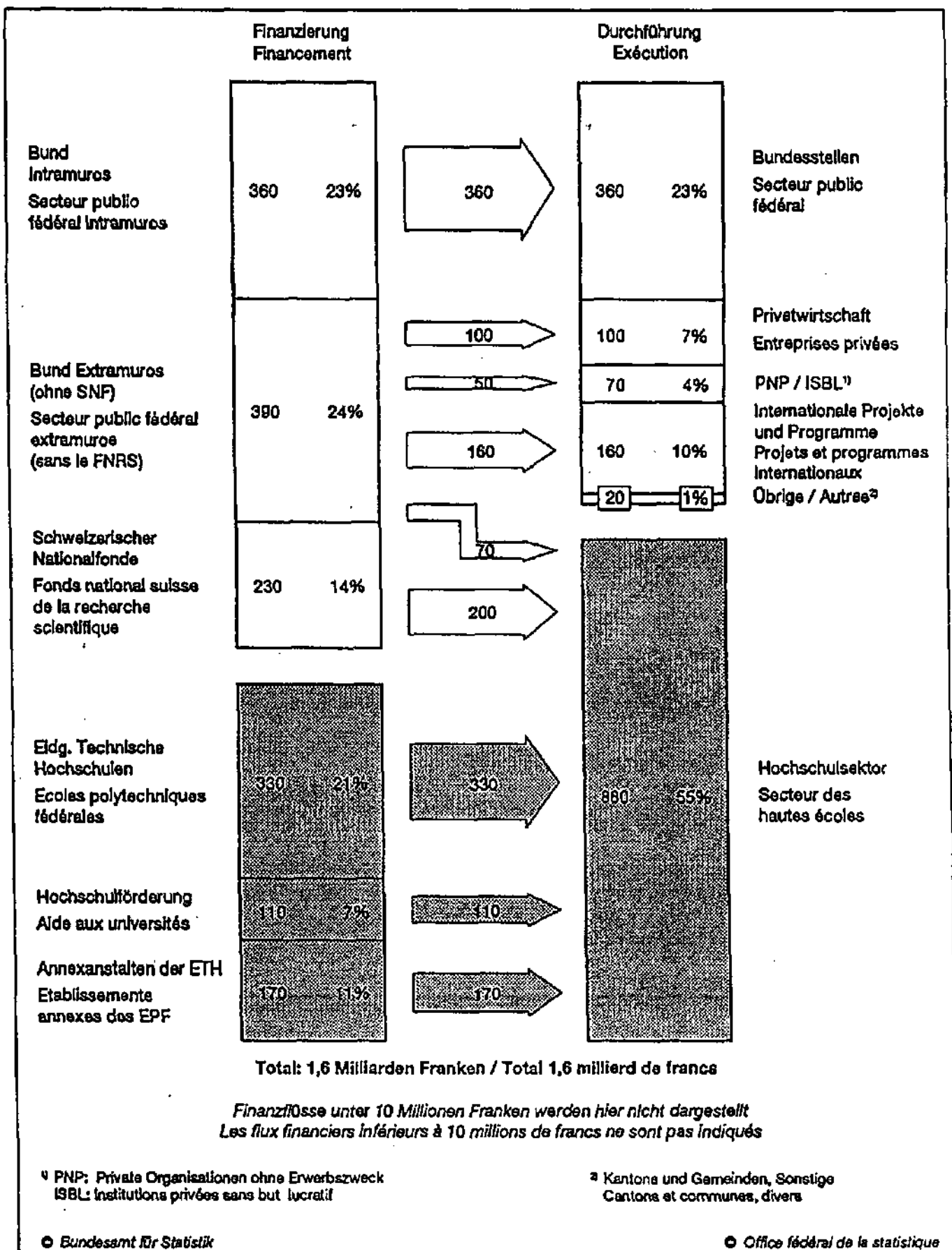
TABLEAU 2: Dépenses de la Confédération dans des domaines où la part consacrée à la recherche est particulièrement importante [CF, 1991]

	1980	1985	1988	1989	1990 <sup>1)</sup>	1991 <sup>1)</sup>
<i>Stations de recherches agronomiques</i> .....	61,7	77,4	81,3	84,4	86,4	92,3
<i>Commission pour l'encouragement de la recherche scientifique</i> .....	11,9	18,4	40,0	41,0	42,0	45,0
<i>Centre suisse d'électronique et de microtechnique</i> <sup>2)</sup> .....	--	10,0	15,5	16,3	17,1	18,0
<i>Recherche sur le cancer (infrastructure)</i> <sup>2)</sup> .....	4,7	5,9	7,4	7,7	8,1	8,7
<i>Coopération scientifique internationale, total</i> .....	61,4	72,9	128,2	118,1	118,2	126,6
Agence spatiale européenne (ESA).....	27,7	29,5	46,0	59,4	76,0	77,8
Organisation européenne pour la recherche nucléaire (CERN).....	23,9	28,2	63,2	33,6	16,1	17,3
Conférence européenne et laboratoire européen de biologie moléculaire (CEBM, LEMBM).....	1,0	1,5	1,9	2,1	2,2	2,5
Coopération avec la Communauté européenne de l'énergie atomique (EURATOM).	7,1	9,4	11,7	13,1	13,6	16,0
Coopération européenne dans le domaine de la recherche scientifique et technique (COST).....	1,7	2,3	2,8	6,3	6,5	8,0
Organisation européenne pour des recherches astronomiques dans l'hémisphère austral (ESO).....	--	2,0	2,6	3,6	3,8	5,0

1) Données budgétaires

2) Rubriques concernées par les crédits demandés dans le présent message pour la période 1992-1995.

TABLEAU 3: Dépenses de la Confédération dans des domaines où la part consacrée à la recherche est particulièrement importante (suite) [CF, 1991]



**FIGURE 3:** R/D de la Confédération en 1989, financement et exécution  
[OFS, 1992] en millions de francs

- **Etablissements annexes des EPF:** ils sont des instituts de recherche des EPF, mais ils effectuent également des études et essais de qualité pour des administrations et des particuliers, de manière semblable aux stations fédérales de recherche agronomique. En 1986, leurs ressources R/D se sont élevées à 200 millions de francs.
- **Hautes écoles:** pour les deux écoles polytechniques fédérales, les contributions budgétaires qui relèvent du Conseil des EPF représentent un financement de 220 millions de francs pour la R/D. Au titre des subventions allouées en vertu de la loi sur l'aide aux universités, celles-ci ont reçu environ 60 millions de francs pour leurs activités R/D, ce qui donne un financement total de 280 millions de francs pour la R/D des hautes écoles (estimation).
- **Mandats:** les rétributions des mandats de R/D sont allouées par des offices fédéraux à des tiers. Ces contributions se sont élevées à 150 millions de francs. Ce montant comprend les contributions au titre de la coopération internationale en matière de R/D, mais n'inclut pas les subventions aux hautes écoles et au Fonds national.
- **Fonds national suisse de la recherche scientifique (FNRS):** avec un volume de ressources R/D de 200 millions de francs, le FNRS est juridiquement une fondation indépendante de l'Etat, mais distribue en réalité des fonds de recherche de la Confédération. Les subventions du FNRS sont toutefois réparties selon des critères différents de ceux concernant l'octroi des autres subventions et contributions de la Confédération; aussi, dans la présente étude, le FNRS figure comme un organe de financement à part.

### *3.2. Les indicateurs de l'activité R/D de la Suisse*

Depuis le début des années 60, l'OCDE collecte régulièrement les données concernant les activités de ses pays Membres en matière de R/D [OCDE, 1992]. Pour chaque pays, dont la Suisse (voir annexe 1), les principaux indicateurs des activités sont représentés en 24 graphiques.

## **4. ORGANIGRAMME DE LA POLITIQUE SUISSE DE LA SCIENCE ET DE LA TECHNOLOGIE**

Pour essayer de représenter la politique suisse de la science et de la technologie, il faut imaginer une matrice à  $n_1$  lignes et  $n_2$  colonnes. Certains éléments de la matrice sont liés entre eux, d'autres ne le sont pas. Très souvent, les relations de liaisons entre les éléments matriciels sont mal connues ou pas définies du tout. Le système caractérisé

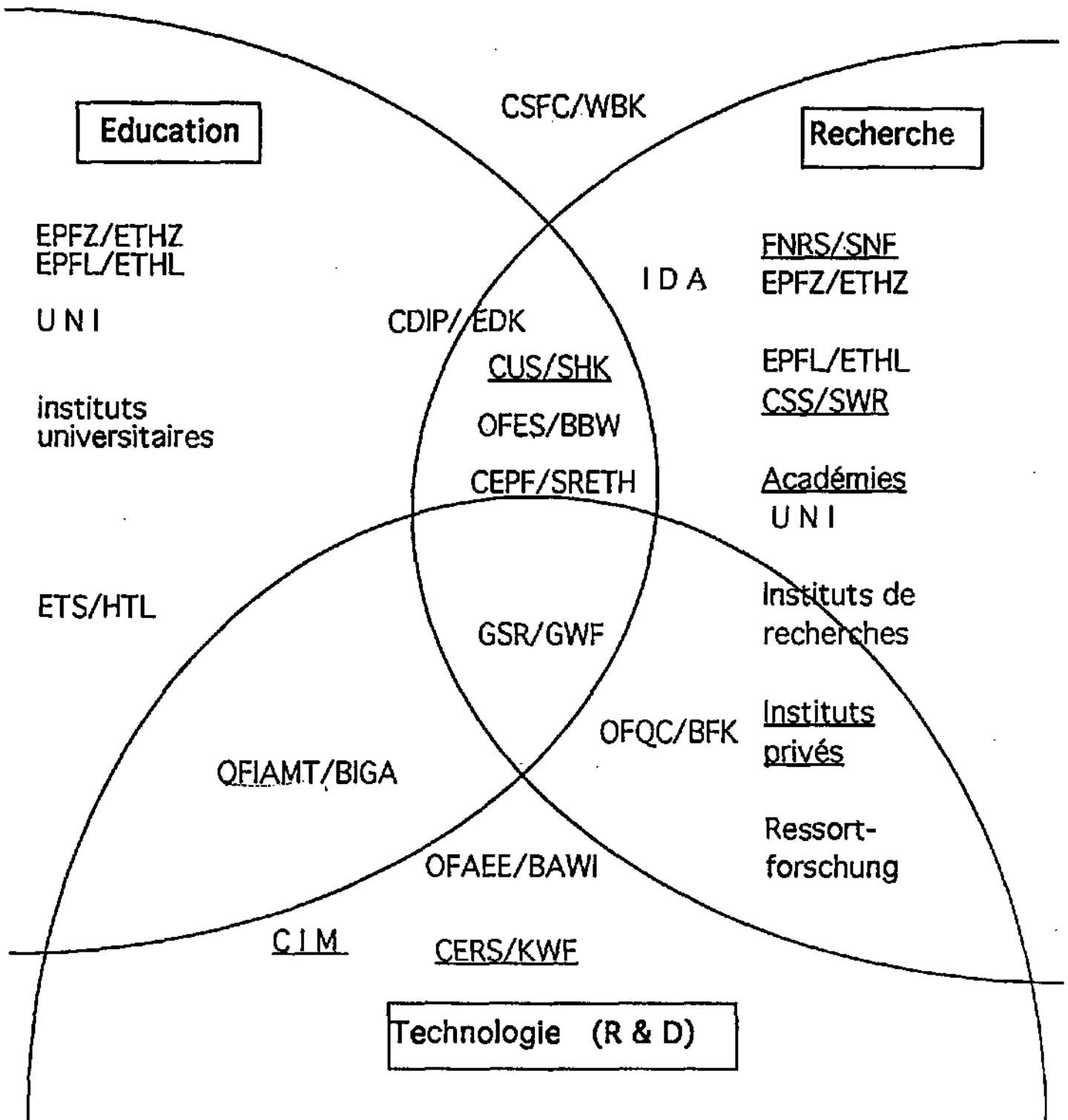


FIGURE 4: Organigramme de la politique suisse de la science et de la technologie, vu par le GSR [COMTESSE, 1992b]

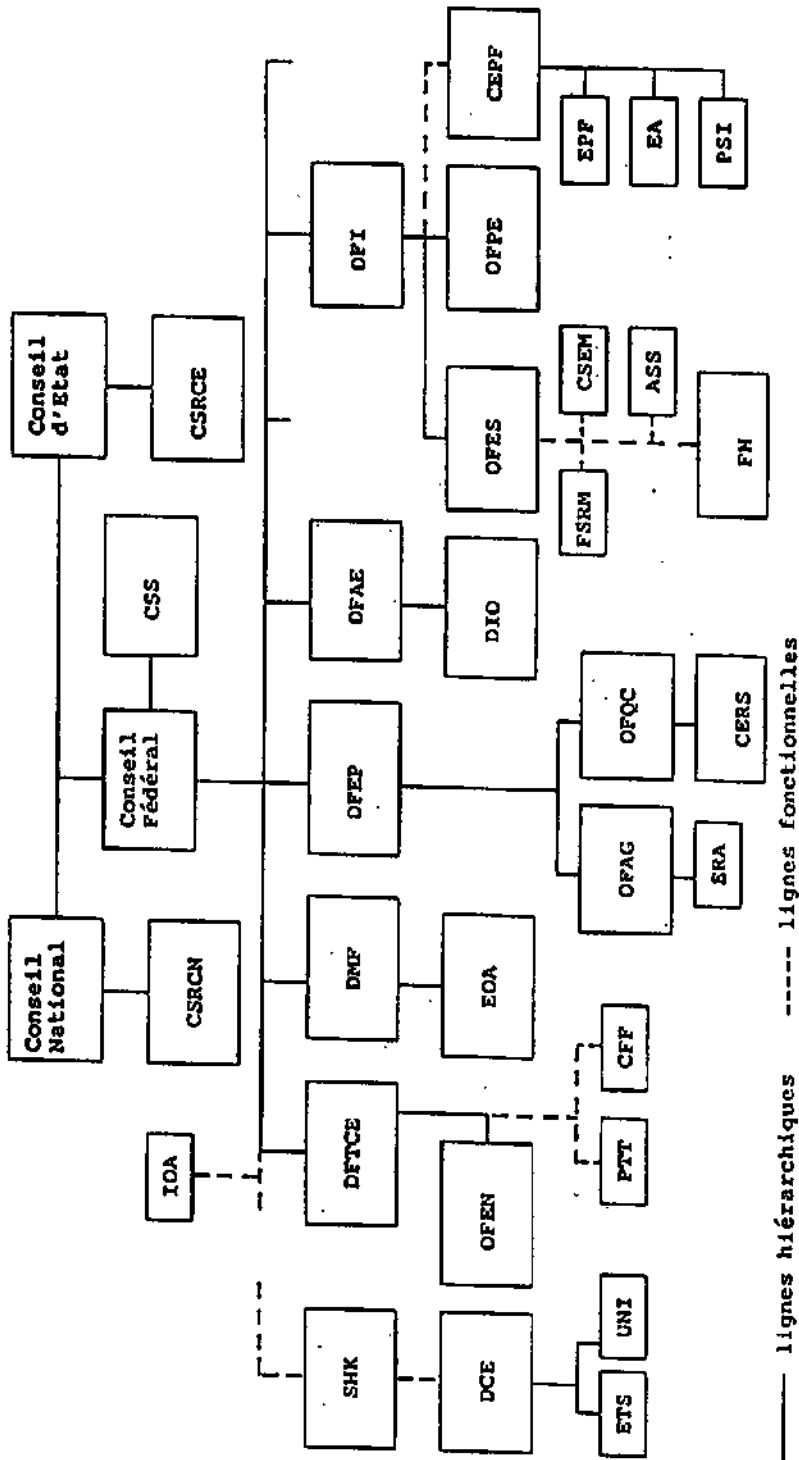


FIGURE 5: Les structures fédérales et cantonales de la recherche en Suisse  
[VON WILLISEN, 1990]

par cette matrice peut être qualifié, en terme mathématique, d'indéterminé. Les compétences des différents organes se chevauchent, pouvant entraîner ainsi des décisions diverses ou même antagonistes concernant un même problème. La décision finale concernant un sujet précis va dépendre du chemin suivi pour l'obtenir. Le financement d'un projet peut être refusé par une instance de la Confédération et accepté par une autre, d'où un va et vient des propositions de projets.

De nombreux essais de représentation graphique à deux dimensions ont été faits par tous les auteurs d'études concernant ce sujet. Celui du Groupement de la science et de la recherche (GSR) présente trois ensembles qui se chevauchent tel que le montre la figure 4 [COMTESSE, 1992b]. Les principaux éléments de la politique sont répartis entre les ensembles Education, Recherche et Technologie.

Une représentation plus classique [VON WILLISEN, 1990] montre, dans la figure 5, la répartition des activités de R/D en Suisse suivant les départements fédéraux. Les abréviations utilisées dans ces deux figures sont définies dans l'annexe 2.

## **II. POLITIQUE SUISSE DE LA SCIENCE ET DE LA TECHNOLOGIE EN 1992 ET LES ANNEES A VENIR**

### **1. LE GROUPEMENT DE LA SCIENCE ET DE LA RECHERCHE (GSR)**

Le groupement de la science et de la recherche existe depuis le 1er novembre 1990 [OFES, 1991]. Sa création a pour objectif d'optimiser la coordination dans le domaine de la science et de la recherche ainsi que de resserrer la conduite de ce domaine au sein du Département fédéral de l'intérieur (DFI). Le groupement rassemble l'Office fédéral de l'éducation et de la science et le domaine des écoles polytechniques fédérales, qui conservent, sur le plan opérationnel, leur propre sphère d'activité.

Le Groupement de la science et de la recherche doit, par l'élaboration de bases de réflexion très larges et par des analyses très approfondies, mais aussi par le biais de ses contacts internationaux, garantir une meilleure cohérence et coordination de la politique suisse de la science et de la recherche. L'affectation des ressources financières limitées sera optimisée grâce à la définition de priorités résolument tournées vers l'avenir.

Les tâches du GSR sont très importantes. Ce sont, par exemple:

- augmenter la mobilité des étudiants en Suisse ainsi que celle des étudiants et des chercheurs entre la Suisse et l'étranger;
- créer des centres de compétences auprès des hautes écoles suisses;
- renforcer la collaboration internationale dans le domaine de la recherche;
- renforcer la collaboration entre l'économie et les hautes écoles notamment pour promouvoir l'innovation, par exemple par la création de parcs technologiques.

Cet organisme est le dernier né de la politique suisse de la science et de la technologie. Il correspond à une ferme volonté coordonner les différentes démarches des organisations de R/D en Suisse. Les objectifs sont précis et bien choisis.

La création du GSR est un premier pas important dans le cadre d'une politique nouvelle de la science et de la technologie. Pour accomplir ses tâches, le GSR doit disposer d'un maximum d'autorité. Des décennies de pratiques libérales et

désordonnées se sont établies; elles ne vont pas se corriger facilement. Pour une génération de responsables de l'enseignement et de la recherche en poste actuellement, un très gros effort de compréhension et d'adaptation est demandé. Trois ans après la création du Groupement, les oppositions aux décisions de ce dernier dans les milieux universitaires se sont atténuées grâce à une meilleure compréhension mutuelle. Pour atteindre ses objectifs, le Groupement devra compter sur des concessions des gouvernements cantonaux. En effet, ceux-ci devront nécessairement renoncer à leur autonomie en matière de recherche en sciences techniques. Beaucoup de diplomatie et d'efforts de communication doivent encore être déployés pour atteindre cet objectif.

Il faut noter que le rayon d'action du GSR est encore limité au Département fédéral de l'intérieur. Ainsi, dans cette première phase de réorganisation, toute la recherche et les développements effectués dans les autres départements ne seront pas concernés. Ceci est une lacune qui sera à l'origine de difficultés à venir. Là aussi, beaucoup de clairvoyance de la part des conseillers fédéraux sera nécessaire pour procéder à ce transfert de compétence pour regrouper toute la R/D dans un seul département.

En 1992, les activités de recherche et développement dans le domaine de la science et de la technologie, financées par des fonds publics sont encore placées sous la responsabilité de nombreuses instances indépendantes. Au niveau fédéral, cinq départements entretiennent des activités de R/D indépendantes. Au niveau cantonal, les sept cantons universitaires ont toujours une large autorité sur le choix des activités de R/D dans les diverses facultés des sciences des universités.

Parallèlement au Groupement de la science et de la recherche s'est créé l'Etat-major du Groupement de la science et de la recherche. Sa tâche au sein du Groupement est d'ordre stratégique. Dans sa phase initiale, l'Etat-major est subdivisé en deux domaines: "Hautes écoles et Recherche" ainsi que "Economie et Etranger".

## 2. HORIZON 1995

En 1989, le Conseil suisse de la science (CSS) a rédigé une intéressante étude intitulée "La place scientifique suisse - Horizon 1995" [CSS, 1989a]. Il s'agit d'une proposition au Conseil fédéral sur les objectifs de la politique suisse en matière de recherche. Ce qui est frappant dans cette étude, c'est la continuité affichée entre la politique de la science recommandée jusqu'en 1989 et celle proposée jusqu'à 1995. Aucune réorganisation majeure n'est suggérée, le cadre de la politique restant le même. Il est facile de s'expliquer cette continuité. En effet toute innovation ou nouvelle philosophie ne peut provenir que de nouvelles personnes. Les membres actuels du CSS ont largement contribué à l'établissement de la politique des 10 dernières années. Ainsi, toute planification des années à venir par ceux-là ne peut que s'inscrire dans la continuité.

Un signe important de cet attachement aux anciennes valeurs est l'importance accordée aux données bibliométriques classiques relatant les activités de publication et l'index de citations. Une récente étude bibliométrique a été commandée par le CSS en collaboration avec le Fonds national suisse de la recherche scientifique auprès d'un groupe de chercheurs du Centre universitaire de recherche scientifique de l'Université de Bielefeld en Allemagne [WEINGART, 1988]. En passant en revue les différents critères possibles d'évaluation des activités de R/D (voir chapitre V) l'opportunité d'une telle étude n'est pas évidente. En lieu et place de celle-là, il aurait peut-être été judicieux de procéder à un inventaire des spin-offs des institutions publiques suisses de R/D. Les résultats de cette étude allemande sont présentés dans le chapitre VI.2.

Le rapport du CSS définit la mission de la recherche en Suisse comme suit:

- accroître le savoir de l'homme sur la réalité extérieure (nature), sur lui-même (genre humain) et sur son activité (technique);
- contribuer à résoudre les problèmes auxquels doit faire face la société, d'une part les problèmes d'ordre technique (énergie, environnement, transport) et d'autre part ceux qui touchent à son fonctionnement;
- servir le développement économique dans la mesure où elle contribue à former la relève de spécialistes hautement qualifiés et débouche, à court ou à plus long terme, sur le développement de procédés de fabrication et de produits, cela par le biais de mandats et de résultats de recherche.

Dans cette définition il est très important de relever l'absence de toute mention de création de places de travail, d'entreprises. Il est mentionné la formation de spécialistes sans évoquer l'aspect déterminant de la présence d'entrepreneurs. Ceux-ci sont pourtant les vecteurs de la recherche dans l'économie. L'omission de la création d'entreprises et l'éclosion d'entrepreneurs est peut-être une lacune dans la vision du CSS pour les années à venir.

Le CSS relève à juste titre les limites d'ordre éthique et surtout d'ordre matériel de la recherche. Des choix sont à faire toutefois il n'est pas précisé à qui revient cette tâche difficile.

Le CSS affirme qu'il s'agit de favoriser le débat entre les chercheurs, les milieux politiques et le public en général et cela est très important. Cette affirmation doit bien sûr être concrétisée par des démarches précises.

Il est reconnu par le CSS le besoin d'activités plus poussées d'évaluation des conséquences de la recherche et de ses applications technologiques. Cela laisse la porte ouverte à une discussion sur l'opportunité de considérer d'autres critères que le nombre de publications pour évaluer la R/D.

### 3. LES PROGRAMMES PRIORITAIRES DE LA CONFÉDÉRATION

Dans son message du 9 janvier 1991 [CF, 1991], le Conseil fédéral fait état de la nécessité d'augmenter substantiellement les efforts de recherche dans les domaines de l'informatique, de la biotechnologie, de l'électronique et optoélectronique, des matériaux et de l'environnement, pour ne pas rester en retrait sur le développement international. Il faut se féliciter d'une telle décision car les choix de technologies sont judicieux. Il a donc été proposé de lancer 6 programmes prioritaires dans ces divers domaines. Des chercheurs des institutions du domaine des écoles polytechniques ont, de leur propre initiative, préparé des esquisses pour des recherches dans les domaines de l'électronique de puissance et des technologies de l'information, de l'optoélectronique, des biotechnologies et de l'environnement. Un cinquième projet concernant les matériaux a été proposé par des industriels et un sixième en informatique par la Conférence universitaire suisse (CUS).

Il est précisé qu'à l'avenir, l'ensemble des milieux concernés seront associés à la poursuite de la préparation de ces six programmes, que ce soit dans les universités ou dans les industries. Ces programmes doivent aussi répondre au soucis exprimé par le Conseil fédéral dans son rapport du 10 janvier 1990 sur la politique économique extérieure faisant état d'une érosion de l'attrait de la Suisse en tant que place technologique et industrielle, ainsi qu'aux recommandations émises par les experts de l'OCDE dans leur analyse de la politique de la science et de la technologie [OCDE, 1989a]. En principe, les six programmes prioritaires forment un ensemble cohérent de programmes de recherche concertés de grande envergure (environ dix fois plus importants que les Programmes nationaux de recherche (PNR) et d'une durée deux fois plus longue), allant donc nettement au-delà d'impulsions ponctuelles. Le message spécifie que l'action des programmes prioritaires devra être en profondeur et à long terme, et permettre de combler les déficits structurels de la recherche dans certains secteurs clés dont la présence est de nature à compromettre le développement de l'économie suisse ou l'avenir du milieu naturel et social du pays.

Après l'établissement de telles bases tout-à-fait saines et clairvoyantes, il est intéressant d'analyser les premières démarches effectuées dans le cadre de ces programmes prioritaires et plus particulièrement celui qui concerne les matériaux, dénommé "WF" pour "Werkstoffforschung". Le message mentionne à juste titre que les deux principales branches de l'industrie suisse, à savoir la chimie et les machines, sont largement tributaires de la science des matériaux, que ce soit en tant que producteur ou en tant qu'utilisateur. L'actuel volume de recherche est trop faible par rapport à la demande de l'industrie, en particulier en ce qui concerne la recherche de base qui seule peut apporter les résultats originaux nécessaires pour assurer la compétitivité internationale dans les années à venir. Il est reconnu que l'industrie souffre, depuis trop longtemps, d'un manque d'ingénieurs hautement qualifiés dans ce domaine.

Afin de combler ces lacunes, il a d'abord été question d'un programme de recherche doté d'une centaine de millions de francs sur cinq ans. Les cinq experts internationaux qui ont examiné le programme n'ont pu que confirmer l'importance pour la Suisse de la recherche sur les matériaux. Toutefois, en raison de l'absence d'une vision claire du groupe d'experts suisses du domaine des matériaux, le Conseil fédéral a décidé de retirer le programme de la période de financement 1992-1994, et de soumettre le projet à une seconde évaluation en vue de la période de 1995-1999. Etant donné l'importance de la science des matériaux pour la Suisse, le Conseil fédéral a tout de même proposé de mettre sur pied un "programme de démarrage" dans le domaine de la recherche sur les matériaux, confié au Conseil des EPF. Doté d'une enveloppe de 3 millions de francs par an, ce programme transitoire permettra, selon le message, de financer des recherches prioritaires, proches du front. Les résultats de ce programme de démarrage permettront de juger de l'opportunité du lancement d'un programme plus complet à partir de 1995.

Un grand nombre d'esquisses de projets ont été soumises au Conseil des EPF. Durant trois mois, un groupe d'experts a pu faire la sélection de 57 projets (42 projets proviennent des hautes écoles, 15 de l'industrie) et c'est le 2 juillet 1992 que le programme WF a pu être lancé. Ce dernier représente finalement un effort financier de 2.3 millions de francs pour 1992. Jusqu'en juin 1995, le programme WF recevra un subside annuel de 4.5 millions de francs.

Ainsi, pour un domaine d'activité jugé, à juste titre, stratégique pour la Suisse, il est finalement attribué à 57 projets disparates la somme de 13.5 millions de francs sur trois ans, ce qui représente un financement annuel moyen de 79'000 francs par projet. Ce montant correspond, au mieux, au coût annuel d'un scientifique à mi-temps, sans investissement. On retrouve ici une caractéristique de nombreux projets sous-critiques financés par les fonds publics. Il apparaît difficile de rompre avec la pratique du "saupoudrage" des moyens financiers sur tous les acteurs du monde suisse des matériaux. Dans le cas du programme WF, on aurait pu identifier un objectif économique précis et ambitieux, concrétisant les éléments d'une vision clairement définie, et regrouper géographiquement les meilleurs chercheurs autour d'un seul projet. Grâce à l'objectif concret et largement diffusé du programme, la population aurait pu suivre, certainement avec intérêt, les travaux des chercheurs.

Un autre programme prioritaire devant aboutir à la création d'un Institut d'optique et de technologie dénommé "IOT", a connu un départ encore plus chaotique et il est bien difficile d'en décrire son état actuel.

### **III. COMPATIBILITE DES POLITIQUES SUISSE ET EUROPEENNE DANS LES DOMAINES DE LA POLITIQUE DE LA SCIENCE ET DE LA TECHNOLOGIE**

#### **1. LA RECHERCHE AU NIVEAU DE LA COMMUNAUTE EUROPEENNE**

##### *1.1. Introduction*

Au cours des dernières années, la recherche et la technologie sont devenues des éléments décisifs de la concurrence mondiale. La recherche représente un facteur de coût toujours plus important pour les entreprises. Les cycles de production et d'innovation sont de plus en plus courts, les coûts du développement technologique augmentent en permanence.

L'objectif du Grand Marché Unique de 1992 [CCE, 1990] a suscité un nouvel élan en Europe et place les entreprises de tous les secteurs face à des défis importants. Cet objectif crée des possibilités uniques de réduction des coûts, d'extension des marchés, de rationalisation et d'utilisation de nouveaux potentiels. Son impact s'exercera tant sur la recherche, la technologie et l'innovation considérées dans leur ensemble, qu'au niveau des structures de coûts, des positions sur le marché ou des capacités d'exportation des entreprises considérées individuellement.

Il est de ce fait logique que la communauté se soit dotée, en 1987, d'une compétence technologique autonome, par la réforme du traité de Rome (Acte Unique).

L'action de la Communauté dans le domaine de la recherche n'a pas un caractère fondamentalement nouveau. Durant les premières années de l'histoire de la Communauté, cette action s'est toutefois limitée aux secteurs du charbon, de l'acier et de l'énergie nucléaire. La Communauté a depuis lors étendu sa compétence à pratiquement tous les secteurs de la vie économique et sociale et s'est retrouvée confrontée avec les problèmes liés au maintien de nos conditions de vie. La science et la recherche jouent ici un rôle de premier plan, que la Communauté ne peut ignorer.

La nécessité de coordonner les actions de la Communauté en matière de science et de recherche dans le cadre d'une structure globale a été perçue au début des années 80. Une première étape en ce sens a été la mise sur pied du premier programme-cadre (1984-1987), qui introduisait une planification à moyen terme des actions de recherche et de développement technologique au niveau communautaire. Ce n'est cependant

qu'avec le deuxième programme-cadre qu'une percée effective vers une stratégie globale dans le domaine de la technologie a pu être effectuée, sur la base de la révision, en 1987, du traité CEE par l'Acte Unique. Pour la première fois, par l'adjonction dans ce traité d'une section particulière, une politique de recherche et de développement technologique apparaissait sur le même plan que celles poursuivies par la Communauté dans d'autres domaines, comme le domaine économique et social.

L'objectif principal de cette politique est le maintien et le renforcement de la compétitivité internationale de l'industrie européenne dans les secteurs de haute technologie, face à la concurrence mondiale, et tout d'abord celles des Etats-Unis et du Japon.

L'action de la Communauté consiste à promouvoir des projets qu'il est plus rationnel, moins coûteux et plus efficace de mener au niveau européen, et où la collaboration transfrontalière est susceptible d'apporter une valeur ajoutée. Les tâches sont principalement:

- renforcer la conscience des possibilités qu'offre la coopération européenne;
- assouplir les structures qui, au long de plusieurs décennies, se sont développées dans les limites des frontières nationales;
- créer les conditions générales d'une plus grande intégration de la science dans l'activité économique au niveau de la Communauté.

Il s'agit d'obtenir davantage de transparence, d'information réciproque et de coordination, afin d'éviter les doubles emplois, de renforcer les coopérations et les synergies, en un mot, de créer les conditions permettant aux entreprises dynamiques d'exploiter les possibilités créées par le Marché Unique.

Cela signifie cependant également que l'action de soutien de la recherche de la Communauté ne doit pas simplement être considérée comme une nouvelle source de subventions. La conception globale d'un projet de recherche est beaucoup plus importante; le soutien financier n'en représente qu'un élément et en aucun cas l'élément déterminant. La sélection d'un projet au niveau communautaire dépend en effet de sa valeur innovatrice réelle. Il existe sans aucun doute actuellement en Europe un potentiel énorme et en grande partie inexploité. Le Grand Marché Unique ne sera technologiquement un succès que dans la mesure où il sera possible d'utiliser ce potentiel. C'est la raison pour laquelle la politique de recherche et de développement technologique de la Communauté a essentiellement pour but de:

- renforcer la coordination et la coopération transfrontalière et d'accorder la mobilité entre les milieux académiques et industriels;

- promouvoir la recherche fondamentale, dont l'importance se révèle croissante, et pour laquelle les entreprises de taille moyenne ne possèdent bien souvent ni le personnel ni le capital nécessaires;
- intégrer la recherche et la technologie dans le concept de réalisation du Grand Marché Unique, le domaine principalement visé ici étant celui de la normalisation et de la standardisation, domaine où une quantité importante de travaux et recherche et développement est requise.

### *1.2. Les programmes-cadres de recherche de la Communauté*

Le programme-cadre à moyen terme constitue à la fois la base et l'instrument de la politique européenne de recherche et de développement technologique. Il détermine les priorités ainsi que l'ampleur financière de l'action de la Communauté dans le domaine de la recherche. Trois programmes-cadres ont été définis à ce jour:

- Premier programme : 1984-1987
- Deuxième programme : 1987-1991
- Troisième programme : 1990-1994

Tous les programmes sont conçus dans le respect du "principe de subsidiarité" c'est-à-dire que tout ce qui peut être réalisé en matière de recherche et de développement au niveau privé ne doit pas être pris en charge par les pouvoirs publics; et tout ce qui peut être réglé au niveau national ne devrait pas l'être au niveau européen. Malgré sa croissance des dernières années, le budget de la recherche communautaire est resté relativement modeste par rapport aux dépenses de recherche nationales: il représente environ 4 pour cent des dépenses de recherche publiques ou 2 pour cent des dépenses de recherche publiques et privées des 12 pays membres de la Communauté.

Le programme-cadre de recherche et de développement technologique est élaboré en coopération par la Commission, le Conseil des ministres, le Parlement européen et le Comité économique et social. Après une large consultation de la communauté scientifique et du monde industriel, la Commission soumet une proposition qui est examinée par le Conseil et le Parlement. La décision finale est prise par le Conseil, nécessairement à l'unanimité. Par contre, depuis la révision, en 1987, des traités de la Communauté, les programmes spécifiques sont adoptés par le Conseil, dans le cadre de la procédure dite "de coopération" avec le Parlement européen, à la majorité qualifiée. Ceci a permis d'accélérer énormément le processus de décision.

Au mois d'avril 1990, le Conseil des ministres a adopté un troisième programme-cadre pour les années 1990-1994. Avec ce nouveau programme-cadre la Commission ne vise pas seulement à actualiser et adapter, mais également à concentrer les efforts

communautaires en matière de recherche et de technologie. Le nouveau programme-cadre se caractérise par un regroupement des activités autour d'un nombre limité d'axes stratégiques, regroupement qui confère à l'action communautaire pertinence et caractère concentré, tout en garantissant une suffisante flexibilité de gestion. Par rapport au deuxième programme-cadre, les parts relatives de la recherche en environnement, de la biotechnologie et de la mobilité des chercheurs augmentent de façon significative; la part de la recherche industrielle (technologies de l'information, des télécommunications et des matériaux nouveaux) reste à peu près au niveau atteint dans le deuxième programme-cadre. Par contre, la part relative à l'énergie, dominante dans les années 70, est considérablement réduite ainsi que le montre la figure 6.

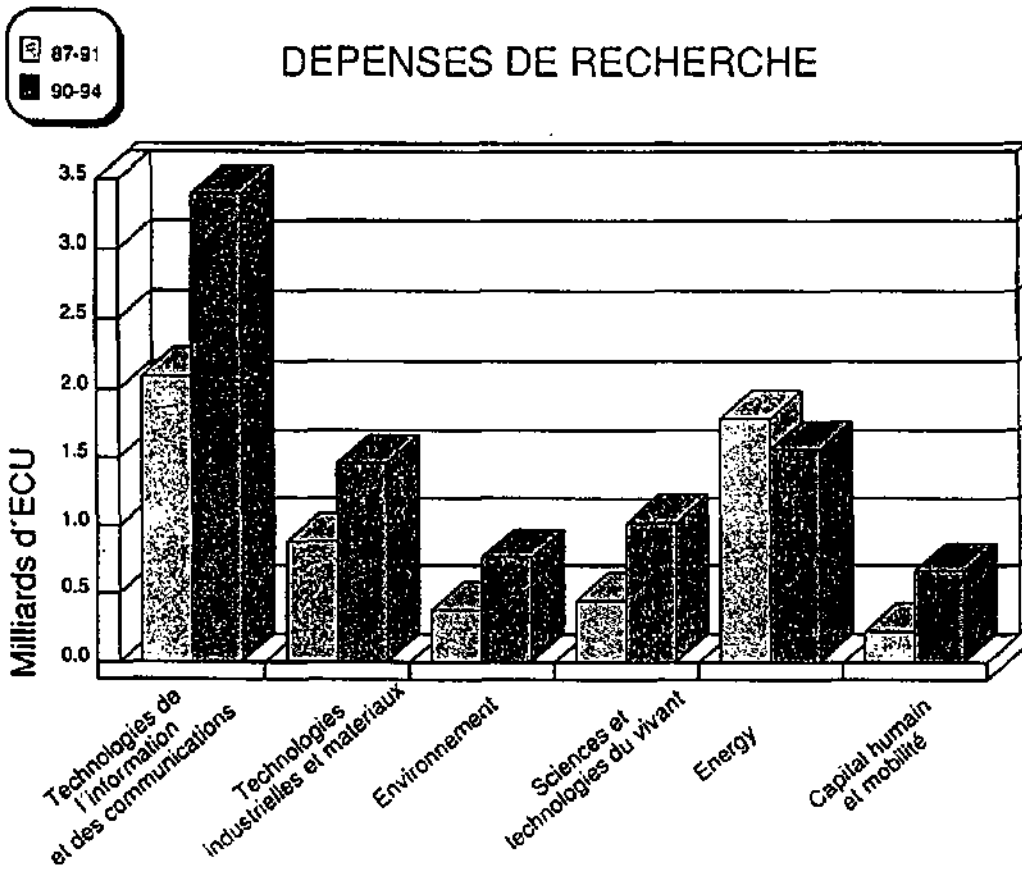
Le troisième programme-cadre (1990-1994) bénéficie d'un crédit d'engagement de l'ordre de 5.7 milliards d'ECUS (parité: 1 ECU = 1.80 fr.). Près de dix pour cent du montant est réservé au Centre commun de recherche, et un pour cent environ du budget de chaque programme est affecté à la diffusion et à la valorisation des résultats. Le programme-cadre comprend 15 programmes spécifiques [CF, 1992] relevant de six domaines de recherche:

a) *Technologie de l'information et des communications:*

- **Technologie de l'information (ESPRIT II, 1352 mio.d'ECU)**  
Objectif: Renforcement de la base technologique et diffusion des technologies de l'information dans l'industrie et dans la société.
- **Technologie des communications (RACE, 489 mio.d'ECU)**  
Objectif: Introduction de la communication intégrée à large bande en Europe dès 1995 selon une conception laissant ouverte diverses options techniques pour le développement de systèmes numériques de télécommunications.
- **Systèmes télématiques d'intérêt général (AIM, DRIVE, DELTA, EUROTRA, ENS, ORA, 380 mio.d'ECU)**  
Objectif: Mise au point de la base technologique prénormative pour l'établissement progressif de réseaux européens de services télématiques. Applications: administrations, transports, santé publique, enseignement à distance, bibliothèques, étude des langues.

b) *Technologies industrielles et des matériaux*

- **Technologies industrielles et des matériaux (BRITE/EURAM, 748 mio.d'ECU)**  
Objectif: Création des bases technologiques nécessaires au développement de produits et de procédés nouveaux (matériaux, assurance de la qualité, procédés de fabrication) dans le but de renforcer la compétitivité des industries manufacturières européennes.



**FIGURE 6 :** Dépenses de recherche et développement dans la CEE [CCE, 1990]

- Mesures et essais (BCR = Bureau Communautaire de Référence: Métrologie appliquée et analyses chimiques, 140 mio. d'ECU)  
Objectif: Création des bases scientifiques nécessaires à la normalisation dans le marché unique. Domaines prioritaires: alimentation, agriculture, analyses biomédicales, métaux. Amélioration de la fiabilité des mesures physiques et des analyses chimiques.
- c) Environnement
- Environnement (STEP, 414 mio.d'ECU)  
Objectifs: Création des bases scientifiques et technologiques dans le domaine de l'environnement. Participation au "Global Change Programme". Développement de Recherches socio-économiques. Problèmes environnementaux et transnationaux.
  - Sciences et technologies marines (MAST, 104 mio.d'ECU)  
Objectif: Etude du milieu marin, développement de technologies d'exploration pour la protection des eaux côtières en Europe.
- d) Sciences et technologies du vivant
- Biotechnologie (BRIDGE, 164 mio.d'ECU)  
Objectif: Recherche de base et développement de technologies appliquées à l'agriculture, à l'industrie, à la médecine et à l'alimentation. Approche intégrant les aspects éthiques et sociaux.
  - Recherche agricole et agro-industrielle (333 mio.d'ECU)  
Objectif: Aide à l'adaptation des agriculteurs à de nouvelles situations, réduction des coûts de production, amélioration des produits, protection de l'environnement
  - Recherche biomédicale et santé (133 mio.d'ECU)  
Objectif: Coordination du potentiel de recherche scientifique et médicale disponible au niveau communautaire; augmentation de l'efficacité scientifique des programmes nationaux de recherche médicale et sanitaire. Domaines de recherche: harmonisation dans le domaine épidémiologie, biologie et recherche clinique, SIDA et analyse du génome humain.
  - Sciences et technologies du vivant pour les pays en développement (111 mio.d'ECU)  
Objectif: Coopération scientifique entre l'Europe et les pays en développement dans les domaines suivants: agriculture, médecine, santé et alimentation.

e) Energie

- **Energies non nucléaires (JOULE, 157 mio.d'ECU)**  
Objectif: Développement de technologies pour l'exploitation d'énergies fossiles et d'énergies renouvelables, développement des technologies nécessaires à la réalisation d'économies d'énergie. Etude des interactions énergie-environnement.
- **Sûreté de la fission nucléaire (199 mio.d'ECU)**  
Objectif: Sûreté de l'exploitation de l'énergie nucléaire, problèmes de sûreté des centrales nucléaires et du flux de combustible, protection contre le rayonnement. Ce programme fait partie de l'accord EURATOM.
- **Fusion thermonucléaire contrôlée (458 mio.d'ECU)**  
Objectif: Exploitation du JET (Joint European Torus) pour l'établissement de la base physique et technologique nécessaire au NET (Next European Torus), type de réacteur à faible impact sur l'environnement. Ce programme fait partie de l'accord EURATOM.

f) Valorisation des ressources intellectuelles

- **Capital humain et mobilité (518 mio.d'ECU)**  
Objectif: Programmes pour le développement et une meilleure utilisation du capital scientifique humain: programmes de formation pour chercheurs et coordination améliorée.

1.3. *Les programmes communautaires d'éducation*

- **COMETT**  
Coopération transfrontalière universités-entreprises pour la formation aux technologies (1990-1994: 230 mio.d'ECU)  
Objectif: Développement économique et social par la formation aux technologies, réponses aux besoins des PME en main d'oeuvre qualifiée. La Suisse participe déjà à ce projet.
- **ERASMUS**  
Mobilité des étudiants et des enseignants de l'université(1990-1993: 192 mio.d'ECU)  
Objectif: Coopération dans l'enseignement supérieur et mobilité. La Suisse participe déjà à ce projet.
- **"Jeunesse pour l'Europe"**  
Echange de jeunes dans la Communauté (1989-1991: 15 mio. d'ECU)

**Objectif: Amélioration de la qualité des échanges, participation active des jeunes dans la préparation et l'organisation des échanges.**

- **ARION**  
Visites d'étude pour les spécialistes de l'éducation  
**Objectif: Compréhension mutuelle des systèmes nationaux par des échanges entre responsables de l'éducation à tous les niveaux.**
- **CEDEFOP**  
Centre européen pour la formation professionnelle (Budget de la Commission des CE).  
**Objectif: Développement de la formation professionnelle par l'information et la recherche; insertion sociale et emploi pour les groupes défavorisés.**
- **EURYDICE**  
Réseau d'information sur l'éducation (Budgets nationaux)  
**Objectif: Echanges d'information sur les systèmes éducatifs nationaux pour renforcer la compréhension mutuelle; réseau d'information coordonné par un centre européen (à Bruxelles).**
- **EUROTECNET**  
Développement de la formation professionnelle aux nouvelles technologies (1990-1993: 28 mio.d'ECU)  
**Objectif: Développement de stratégies et de projets de formation nationaux efficaces, création d'un réseau de projets dans la CE.**
- **FORCE**  
Formation continue des travailleurs des entreprises (1991-1992: 85 mio.d'ECU)  
**Objectif: Investissements plus grands et plus efficaces dans la formation continue.**
- **IRIS**  
Programme de formation professionnelle pour les femmes (1990: 0.5 mio.d'ECU)  
**Objectif: Implication des employeurs et des syndicats dans la formation des femmes, application d'une méthodologie pour répondre aux besoins spécifiques des femmes, création d'un réseau de programmes européens.**
- **LINGUA**  
Connaissance des langues étrangères (1990-1993: 200 mio. d'ECU)  
**Objectif: Amélioration qualitative et quantitative de la connaissance des langues étrangères des citoyens, promotion des langues les moins parlées.**
- **PETRA**  
Formation professionnelle des jeunes et préparation à la vie adulte (1992-1994: 177.5 mio.d'ECU)

Objectif: Formation professionnelle d'un ou deux ans à l'issue de la scolarité obligatoire, amélioration de la formation initiale, préparation des jeunes à la vie adulte et professionnelle ainsi qu'à la formation continue. Le programme "Echange de jeunes travailleurs" est maintenant inclus dans PETRA.

- **TEMPUS**

Mobilité transeuropéenne des étudiants de l'enseignement supérieur (Budget annuel inscrit dans celui de PHARE)

Objectif: Développement de l'enseignement supérieur dans les pays d'Europe centrale et orientale, coopération en matière d'éducation et échange d'étudiants des pays de l'ancien bloc de l'Est avec ceux de la CE ainsi qu'avec ceux du G24. (Le G24 est un groupe informel constitué par les 24 membres de l'OCDE afin de coordonner l'aide aux pays de l'Europe centrale et orientale).

## 2. ORGANISATIONS DE COOPÉRATION SCIENTIFIQUE INTERNATIONALES NON COMMUNAUTAIRES DONT LA SUISSE EST MEMBRE

(Entre parenthèses: la participation financière de la Suisse)

- **ESA**

Agence spatiale européenne, Paris (1990: 77 mio.de fr.)

- **CERN**

Organisation européenne pour la recherche nucléaire, Genève (1990: 31.3 mio.de fr.)

- **EUREKA**

Coopération européenne de recherche dans le domaine de la haute technologie, Bruxelles (1990: 11.2 mio.de fr. plus financement de projets)

- **COST**

Coopération européenne dans le domaine de la recherche scientifique et technique, Bruxelles (1990: 6.5 mio.de fr.)

- **ESO**

Organisation européenne pour des recherches astronomiques dans l'hémisphère austral, Garching (1990: 3.5 mio.de fr.)

- **ESRF**

Laboratoire européen de rayonnement synchrotron, Grenoble (1990: 4.3 mio.de fr.)

- **LEBM**  
Laboratoire européen de biologie moléculaire, Heidelberg (1990: 1.8 mio.de fr.)
- **CEPMMT**  
Centre européen pour les prévisions météorologiques à moyen terme, Reading (1990: 1.2 mio.de fr.)
- **ILL**  
Institut Max von Laue-Paul Langevin (source de neutrons), Grenoble (1990: 1.1 mio.de fr.)
- **HFSP**  
Programme scientifique: "frontières humaines" (1992: 0.6 mio.de fr.)
- **CEBM**  
Conférence européenne de biologie moléculaire (1990: 0.4 mio.de fr.)
- **AIE**  
Agence internationale de l'énergie, Paris (1990: 197'000 fr.)

### **3. PARTICIPATION AUX PROGRAMMES DE LA COMMUNAUTÉ**

#### *3.1. Règle générale de participation*

La participation est ouverte, en terme juridique à toute personne physique ou juridique de droit public ou privé domiciliée ou ayant son siège dans un Etat membre de la Communauté. Cela concerne donc des entreprises industrielles, des universités et des organisations de recherche privées et publiques. Comme condition préalable, il est exigé en règle générale qu'il y ait collaboration avec au moins un partenaire d'un autre Etat membre. C'est la condition de base, pour un membre de la Communauté, de mener des recherches en coopération transfrontalière.

La majorité des programmes sont également ouverts aux partenaires des pays de l'AELE (Autriche, Finlande, Islande, Norvège, Suède, et Suisse). Deux types de participations sont possibles:

- Par un accord avec la Communauté, un pays de l'AELE est directement associé à un programme et participe à son financement. Dans un tel cas, les partenaires de ce pays peuvent participer aux mêmes conditions que les partenaires de la Communauté.

Dans l'autre cas, il n'existe, entre la Communauté et l'Etat AELE, qu'un accord-cadre général de coopération scientifique et technique; une décision spécifique permet aux partenaires des pays de l'AELE de participer aux projets d'un programme donné, à la condition de contribuer à une hauteur de 5'000 ECUS au coût global du projet. La Communauté n'accorde pas de financement à ce partenaire.

Dans les deux cas, la participation d'au moins deux partenaires de différents pays de la Communauté est exigée.

### *3.2. Le Message du Conseil fédéral*

Le 20 mai 1992, le Conseil fédéral a soumis au Parlement un projet d'arrêté fédéral [CF, 1992] sur la participation de la Suisse aux programmes de recherche et d'éducation des Communautés européennes.

Le Conseil fédéral s'est prononcé dans les grandes lignes de la politique gouvernementale 1987-1991 en faveur de la participation de la Suisse aux programmes de recherche et d'éducation européens. Il a formulé cet objectif dans divers aspects et pris les premières mesures visant à sa réalisation.

Dans ses "Objectifs de la politique de la Confédération en matière de recherche après 1992" du 28 mars 1990, le Conseil fédéral a déclaré que la pleine participation aux programmes scientifiques et technologiques des Communautés européennes constitue l'une des grandes priorités de la politique de la recherche.

Dans son message du 17 septembre 1990 à l'appui de mesures visant à promouvoir la coopération internationale en matière d'enseignement supérieur et la mobilité, le Conseil fédéral a exposé comment la Suisse doit participer à l'espace éducatif européen que la Communauté cherche à créer dans le cadre du processus d'intégration européenne.

L'accord sur l'EEE signé le 2 mai 1992 par le Conseil fédéral remplit le but déclaré de pleine participation de la Suisse aux programmes de recherche et d'éducation des Communautés européennes, initialement indépendant des négociations sur l'EEE. Le 6 décembre 1992, le peuple et les cantons suisses ont refusé l'accord sur l'EEE, ce qui impose à la Suisse un certain nombre d'accords bilatéraux pour atteindre le but initial.

Le refus du 6 décembre n'a pas d'influence directe sur la participation de la Suisse aux programmes communautaires d'éducation. La participation suisse au programme ERASMUS n'est pas réglée directement par le contrat EEE [ERASMUS, 1992], mais par un accord séparé entre la Suisse et la Communauté. Cet accord est en vigueur depuis le début de l'année 1992 et est valable 5 ans. Cependant ERASMUS entrera dans une nouvelle phase à partir de 1994, raison pour laquelle la participation de la

Suisse doit être à nouveau négociée. Les hautes écoles suisses et les établissements d'enseignement supérieur de même que les professeurs et les étudiants peuvent participer à ERASMUS comme par le passé jusqu'à l'année académique 1994/95. A la Commission de la CE à Bruxelles, il existe, comme pour les autres programmes de la Communauté, un comité consultatif pour la planification stratégique qui déterminera la phase III du programme. Suite à son refus, la Suisse ne fera pas partie de ce comité.

La participation des pays de l'AELE à COMETT II reposant sur une série de sept accords bilatéraux [COMETT, 1992], n'est pas remise en cause jusqu'à l'échéance du programme, fin 1994. Un certain nombre de restrictions pour les conditions de participation resteront en vigueur, celles-ci auraient été levées au 1er janvier 1993 en cas d'acceptation du traité. Ce sont:

- la nécessité d'avoir toujours au moins deux partenaires de la Communauté dans impossibilité des échanges de personnes (étudiants et spécialistes) entre pays de l'AELE
- l'obligation pour les pays de l'AELE d'exprimer une position commune dans les discussions politiques sur COMETT, et cela par la seule voix de leur représentant

Les autres pays de l'AELE subiront aussi ces restrictions jusqu'à la signature d'un autre traité EEE, suite au refus de la Suisse.

La participation de la Suisse aux programmes-cadres de recherche, après la décision du 6 décembre sera réglée par des accords bilatéraux, comme c'était le cas avant cette date. En principe, la position nouvelle de la Suisse ne devrait pas l'empêcher de continuer à participer aux projets de la Communauté. Alors que cette collaboration se fera au coup par coup pour la Suisse, elle deviendra naturelle et simple pour les autres pays de l'AELE qui ont accepté l'accord sur l'EEE. La Suisse pourra participer aux programmes sans toutefois en assumer une position de leader, ce que pourront faire les autres pays de l'AELE. Il est permis d'affirmer qu'il n'y aura aucune difficulté pour la Suisse de participer aux programmes de la Communauté, chaque fois qu'elle présentera un projet de qualité.

Un crédit d'engagement de 477 millions de francs pour la participation de la Suisse aux programmes de recherche et de la formation de la Communauté européenne a été voté par le Parlement après la décision du 6 décembre. L'Office fédéral de l'éducation et de la science continuera à soutenir la participation suisse dans le cadre de ses possibilités financières (budget annuel) selon des règles similaires à celles de la CE [KBF, 1992].

Une collaboration est toujours bienvenue lorsqu'elle est de qualité. Que se soit avec les Etats-Unis, le Japon ou l'Europe, un projet suisse de qualité sera toujours bien accueilli. Il n'en est pas de même pour des projets peu innovateurs. Ceux-ci, à la portée de tous, trouveront une concurrence importante. Ainsi, le refus du 6 décembre forcera

les équipes suisses de recherche à retrouver un niveau innovateur longtemps mis en veilleuse par une situation économique trop confortable. Il en est de même pour la mobilité des chercheurs. Tous ceux qui auront prouvé leur qualité professionnelle par une ou deux publications intéressantes auront, comme par le passé, la possibilité de travailler dans les institutions les plus prestigieuses d'Europe ou des USA, cela sans le recours à des fonds publics suisses. Pour un chercheur suisse moyen, il sera toujours assez difficile de rejoindre un groupe de recherche étranger alors que cela devient relativement facile pour ceux des autres pays de l'AELE.

Du point de vue équipements, la Suisse figure parmi les pays les mieux dotés. Les hautes écoles suisses n'ont rien à envier aux meilleurs instituts mondiaux tels que le MIT ou l'Université de Harvard et c'est une grande chance pour la Suisse qui doit affronter une période économique difficile et peut-être longue.

Le financement des projets de collaboration internationale se fera, comme de coutume, principalement par l'intermédiaire du Fonds national au lieu de l'être par la Communauté, à laquelle la Suisse aurait préalablement versé sa quote-part.

Concernant la participation aux programmes de recherche et développement européens mais non communautaires tels que ceux de l'Agence spatiale européenne, la Suisse, après le 6 décembre 1992, conserve toute sa liberté d'action. Elle devra faire un gros effort pour présenter plus de projets de collaboration afin de combler son déficit par rapport à sa participation financière. La participation aux projets de l'ESA exige d'excellentes qualités pour une entreprise ou une institution de recherche. D'une part, les objectifs sont très concrets et, d'autre part, les propositions de projet en réponse aux appels d'offres sont très coûteuses.

L'ESA ne doit pas être considérée comme une source de financement pour des centres technologiques en difficulté. Seul un grand professionnalisme permet de satisfaire les conditions et les objectifs de l'ESA. S'il est facile de répondre aux demandes de l'ESA par des pré-études, cela coûte très cher aux instituts lorsque ceux-ci n'obtiennent pas le contrat final pour des causes de non-conformité. Pour travailler efficacement avec l'ESA, il faut se spécialiser dans le domaine spatial. Il est très difficile pour un laboratoire d'être actif à la fois dans le domaine spatial et la recherche conventionnelle.

## **IV. POLITIQUE DE LA SCIENCE ET DE LA TECHNOLOGIE D'AUTRES PAYS INDUSTRIALISES**

### **1. LES GRANDS PAYS**

Il existe des différences appréciables de taille entre les grands pays, ce qui se répercute sur les efforts scientifiques et technologiques. Malgré ces différences, des similitudes intéressantes sont à signaler [OCDE, 1992].

Les Etats-Unis restent la principale puissance scientifique et technique mondiale et continuent d'imprimer le rythme des activités de R/D sur la scène mondiale. Ils ont cependant des difficultés à transposer avec succès le progrès scientifique en innovation et à soutenir la concurrence internationale, surtout dans les secteurs bien établis comme dans ceux de la production de masse de biens de "haute technologie".

Les facteurs à l'origine de cette situation ont été abondamment analysés et documentés; ils tiennent notamment aux qualifications insuffisantes de la main-d'oeuvre, à des méthodes inappropriées de gestion des entreprises et à un environnement financier qui favorise l'investissement à court terme et joue à l'encontre de l'innovation. Qui plus est, la perte apparente de compétitivité a été encore accentuée par la relative ouverture de l'économie aux importations ainsi que par la prédisposition marquée pour la délocalisation à l'étranger des moyens de production.

Dans une tradition de laisser-faire, le gouvernement des USA s'est contenté de soutenir le développement de la base scientifique et d'améliorer le climat général de l'innovation. Le choix des grandes orientations s'inspire encore de ces principes même si, dans leur diversité et leur échelle, les mesures actuellement adoptées portent la marque d'un changement notable.

Les années 80 se sont caractérisées par le ferme soutien de la R/D liée à la défense (dont la part dans le budget public total de R/D est passé de 50 pour cent en 1981 à près de 60 pour cent en 1988) ainsi que par un ensemble de mesures tendant à améliorer le climat de l'innovation en faveur du secteur privé: incitations fiscales, meilleures possibilités d'accès aux résultats de la R/D et aux techniques mises au point dans les laboratoires universitaires et publics avec des aides fédérales, et libéralisation de la législation antitrust pour faciliter la création de consortium de R/D interentreprises.

Au début des années 90, un net changement de cap apparaît dans les plans annoncés par l'Administration Bush: une forte impulsion donnée à la recherche fondamentale et appliquée, avec un doublement du budget de la Fondation nationale de la science, étalé sur cinq ans, et un accroissement des crédits alloués de grande envergure (physique des hautes énergies, exploration spatiale, génome humain, changement climatique mondial, etc.). Parallèlement, des crédits sont accordés à la R/D industrielle dans des domaines techniques dans lesquels les Etats-Unis ont perdu, ou risquent de perdre, leur primauté (par exemple: semi-conducteurs, télévision haute définition, supraconductivité); ces initiatives en faveur des technologies civiles - phénomène relativement nouveau sur la scène américaine - viennent compléter celles qui traduisent les préoccupations du gouvernement touchant la compétence technologique américaine et qui ont conduit à la création d'une Administration de la technologie au ministère du Commerce, ainsi qu'à un élargissement des responsabilités attribuées au Bureau national des normes (NBS devenu NIST), le mot "technologie" a été ajouté à la dénomination de cet organisme. En Suisse, une évolution identique a marqué l'EMPA, l'Institut fédéral d'essais des matériaux qui est devenu l'Institut fédéral d'essai des matériaux et de recherche.

Les grandes lignes d'action récentes mettent donc l'accent sur l'avantage comparatif de la nation imprimant une impulsion nouvelle à l'effort scientifique, et comportent de nouvelles mesures tendant à stimuler les capacités d'innovation technologiques. Les effets de ces mesures demandent à être soigneusement examinés; cependant, certaines projections faites par le Gouvernement américain lui-même ne sont guère optimistes quant à l'évolution de la compétitivité des Etats-Unis face au Japon et à l'Europe dans toute une série de domaines de haute technologie appelés à prendre une importance capitale au cours de la prochaine décennie [DOC, 1990] (voir tableau 4).

Profondément attachés aux principes de l'économie de marché ainsi qu'à une démocratie très pluraliste avec des centres multiples de pouvoir et d'autorité politique, les Etats-Unis ne sont pas parvenus à se forger une puissante et cohérente politique d'innovation industrielle, en dépit de l'ampleur du débat que cette question a suscité pendant longtemps.

Lorsqu'on examine les évolutions du potentiel scientifique et technologique américain, il convient de mentionner les préoccupations croissantes à l'égard du niveau de l'enseignement, en particulier dans le secondaire et le primaire. Un gros effort a été annoncé dans ce domaine, à la suite d'une Conférence générale des gouverneurs des états qui s'est tenue en 1989, à la demande du Président Bush, pour mettre en relief l'importance stratégique de l'enseignement. Les gouvernements des états ont aussi multiplié le lancement de programmes de recherche et de technologie pour créer des centres de R/D avancés, pour faciliter la conversion de secteurs ou de sites en difficulté et pour soutenir des sociétés de "haute technologie" avec des apports de capital-risque européens [OCDE, 1992].

**Position relative dans les technologies naissantes :  
Etats-Unis vis-à-vis du Japon et de la Communauté européenne**

	Japon		Communauté européenne	
	R-D	Introduction des produits	R-D	Introduction des produits
Matériaux avancés	o L	- L	+ H	o H
Semi-conducteurs	o H	- L	+ H	o H
Intelligence artificielle	+ L	+ H	+ G	+ H
Biotechnologie	o L	+ L	+ G	+ H
Technologie d'imagerie numérique		- L	o L	- L
Fabrication flexible intégrée par ordinateur	+ H	o H	+ L	- L
Stockage de haute densité pour données	o H	- L	+ H	o H
Informatique à haute performance	+ H	+ L	+ G	+ G
Dispositifs et diagnostics	+ H	+ L	+ H	+ G
Optoélectronique	o H	- L	o H	+ H
Technologie des capteurs	+ L	o H	+ H	o H
Supraconducteurs	o L	o L	o H	o H

Position des Etats-Unis par rapport au Japon et à la CE

Position actuelle : Tendances ultérieures :

+ = en avance

o = à égalité

- = en retard

G = gain

H = maintien

L = perte

Compilation à partir de renseignements réunis par le ministère du Commerce, et notamment de contributions de l'Institut national des normes et de la technologie et de l'Administration du Commerce.

Source : *Emerging Technologies, A survey of Technical and Economic Opportunities* (1990), Department of Commerce, Washington, D.C.

**TABLEAU 4: Position relative dans les technologies naissantes: Etats-Unis vis-à-vis du Japon et de la Communauté [OCDE, 1992]**

En 1980, une dizaine d'états avaient établi des programmes d'incitation à l'innovation. En 1983, ce chiffre avait doublé. A la fin des années 80, 45 états mettaient en oeuvre plus de 270 programmes couvrant de multiples aspects du développement technologique. Le financement de la R/D par les états est modeste par rapport aux crédits fédéraux (moins de 1 pour cent) mais il exerce, au niveau de chaque Etat pris individuellement, un puissant effet de levier qui permet d'attirer un supplément d'investissements fédéraux et privés.

En se basant toujours sur l'étude faite par l'OCDE en 1990, il est intéressant de considérer le cas du Japon. Ce pays est devenu une superpuissance économique en appuyant sa stratégie sur la maîtrise de toute une série de technologies destinées à des marchés de masse, en particulier les automobiles, l'électronique grand public (téléviseurs, appareils photographiques, installations HI-FI, etc.) et les semi-conducteurs. En 1989, ces trois branches assuraient quelque 60 pour cent de l'excédent commercial japonais. Pendant un certain temps, les performances industrielles du Japon ont été dans une large mesure la résultante d'un exceptionnel degré de réceptivité à l'égard de la technologie occidentale. L'existence d'un système d'information remarquablement bien développé y a été pour beaucoup.

Jusqu'ici cependant, le système de R/D japonais a été fortement influencé par les préoccupations commerciales et le souci de trouver des applications techniques, et il est resté relativement éloigné de la communauté scientifique mondiale. Un certain nombre de mesures ont été prises ces dernières années pour remédier à cette situation. La politique récente du Japon a été soutenue par deux forces parallèles: un effort de promotion de la recherche créative et fondamentale, un désir d'intégration au réseau international de la R/D.

En termes concrets, cette politique s'est traduite par des mesures visant, d'une part, à accroître la flexibilité des systèmes de recherche du secteur public, privé et universitaire et, de l'autre, à développer la recherche technologique de base à moyen et long terme par le biais de subventions attribuées aux équipes de recherche des universités et de l'industrie. Ces mesures - qui ont représenté financièrement quelque 3 pour cent du total de l'effort de R/D public - sont censé exercer un effet d'entraînement sur toute la communauté scientifique.

Etant donné la différence fondamentale de mentalité entre les sociétés japonaise et suisse, il ne sera pas fait de comparaison entre les résultats respectifs des deux politiques scientifiques et technologiques; une telle étude, très intéressante par ailleurs, pourrait faire l'objet d'une thèse à elle seule.

Tout comme le Japon, l'Allemagne a fait la preuve au cours des dernières décennies de ses capacités d'adaptation et d'innovation. Les facteurs déterminants de ses bonnes performances tiennent, notamment, à la qualité de l'instruction, à l'existence de solides instituts de recherche et établissements d'enseignement supérieur entretenant des liens

étroits avec l'industrie, au niveau soutenu de l'investissement de l'industrie dans la R/D et à l'efficacité des politiques suivies par les pouvoirs publics.

Dans les lignes de ce qu'il est convenu d'appeler une "économie sociale de marché", l'originalité de la démarche allemande dans l'aide de la R/D réside dans une stricte application du principe de la "complémentarité" qui veut que les aides publiques soient limitées aux activités dont le secteur privé ne peut se charger. Ce principe est mené de pair avec un financement généreux des activités d'intérêt collectif. Dans cette conception entrent bien évidemment un soutien de la recherche fondamentale (dont la part dans le budget public de la R/D est passé de 23.3 pour cent en 1982 à 29.0 pour cent en 1988) et des projets de R/D répondant à des préoccupations collectives telles que l'environnement - domaine dans lequel l'Allemagne a été le pays de l'OCDE à intervenir le plus tôt et de la manière la plus importante - ainsi que des concours actifs aux petites et moyennes entreprises pour la R/D et l'innovation.

L'Allemagne se caractérise par un système véritablement fédéral, dans lequel les Länder jouent un rôle de premier plan dans la recherche et le développement, d'autant plus qu'ils contrôlent largement l'enseignement et qu'ils sont conjointement responsables d'un grand nombre d'importants instituts de recherche tels que l'Institut Max-Planck, l'Institut Fraunhofer, etc. Les Länder financent quelque 15 pour cent des dépenses nationales de R/D. Ils facilitent la diffusion des capacités de R/D à travers tout le pays, ainsi que la mise en place de mécanismes dans les domaines du transfert de technologie, de l'assistance technique, de la formation et de l'information; ils participent à la création et au fonctionnement de multiples associations et fondations à cet effet. Le foisonnement de ces initiatives a été particulièrement impressionnant ces dernières années, surtout dans les Länder les plus avancés tels que le Baden-Württemberg ou la Bavière.

Le Royaume-Uni a rencontré, dans une certaine mesure, des problèmes analogues à ceux des Etats-Unis en ce qui concerne l'aptitude à transposer d'excellentes performances sur le plan de la recherche en innovations; sa position relative dans la compétition technologique a elle aussi subi une lente érosion. La politique des années 80 a été dominée par une adhésion sans faille au principe de l'économie de marché et par un désengagement marqué de l'Etat vis-à-vis de l'activité économique (dans le secteur industriel, par exemple, suppression des subventions, dénationalisations, déréglementations, etc.). Cette politique - certes coûteuse sur le plan social - a porté ses fruits, avec des gains importants de productivité dans le secteur manufacturier et des signes de redressement de la position commerciale du pays. Les restrictions budgétaires n'ont pas épargné le financement de la base scientifique, soulevant de vives doléances de la part de la communauté de chercheurs, en particulier des universitaires.

La tendance s'est inversée en 1990-91, avec un net coup de ponce en faveur de la base de recherche, la constitution d'un certain nombre de centres de recherche multidisciplinaires, et le lancement de programmes importants jetant des ponts entre

secteurs universitaires et l'industrie en vue de l'exploitation des résultats de la R/D. Ces initiatives se sont traduites par un accroissement du budget public de la R/D qui a augmenté en 1990 de quelque 15 pour cent par rapport à l'année précédente. Des efforts notables sont également faits, en coopération avec les autorités locales, pour améliorer l'enseignement dispensé notamment dans les écoles professionnelles mais aussi dans le primaire et le secondaire.

La conception de la France est profondément différente de celle du Royaume-Uni. L'Etat français a joué traditionnellement un rôle important dans la vie économique, en employant les élites de la nation, en menant des politiques industrielles actives et en exerçant un contrôle sur de larges pans du marché national à travers les contrats publics. En France, les talents d'innovation se manifestent donc surtout dans les systèmes techniques de grande envergure qui sont conçus pour répondre aux besoins de la société (le TGV, le Minitel, les centrales nucléaires), systèmes dont la mise en place a été en grande partie modelée et financée par l'Etat. A l'abri de cette protection, les acteurs développent généralement leurs atouts et leur aptitude à soutenir la concurrence sur les marchés bénéficiant d'une impulsion et d'une garantie de l'Etat telle que les télécommunications ou les matériels militaires. Les dépenses françaises du secteur de la défense représentent près de 40 pour cent des crédits alloués à la R/D; cette caractéristique est proche du modèle anglo-américain.

Ainsi est née une situation dans laquelle l'Etat réalise un volume appréciable de recherche dans les laboratoires publics et finance une part importante de l'effort de recherche du secteur des entreprises. Le soutien de la recherche et de la technologie a été l'une des priorités du gouvernement socialiste au cours des années 80. Des efforts, encadrés et orientés par l'Etat, ont été faits pour décentraliser la formation scientifique, la recherche et l'industrie dans le cadre d'un processus plus général de décentralisation amorcé en 1982. Un certain nombre de mécanismes de transfert et de collaborations ont ainsi été créés au niveau régional, dans le but d'établir des liens entre toutes les activités touchant la R/D réalisées dans une région et de mettre en place un réseau de relations entre les régions et les ministères et organismes nationaux. Ce modèle, salué comme l'un des aspects les plus réussis de la politique française de R/D et d'innovation, a donné aux régions un degré appréciable d'autonomie; cependant, la région parisienne continue d'abriter près de la moitié des moyens de recherche de la France.

Le financement de la R/D est largement lié aux établissements de recherche, notamment les grands organismes tels que le Centre national de la recherche scientifique, la Commission à l'Energie atomique, etc. Le déficit de R/D du secteur des entreprises par rapport à ce qui se passe en Allemagne représente, selon les estimations, quelque 25 milliards de francs français. Parmi les mesures prises récemment en France pour faire face à cette situation, il faut citer un regain d'effort en faveur de la R/D industrielle, une réorientation plus précise des programmes à vocation technologique financés conjointement avec l'industrie, une augmentation des

incitations fiscales et des aides à l'innovation données aux petites et moyennes entreprises.

En Italie, l'Etat occupe une place plus discrète qu'en France dans le système scientifique et technologique; de ce fait, l'industrie italienne a été amenée à développer d'une façon très active ses capacités innovatrices dans les secteurs traditionnels, bien établis, mais ses résultats ont été moins bons dans le domaine de la technologie de pointe, malgré d'importants progrès dans certains domaines tels que la robotique et les technologies de l'espace. Cependant, l'Etat a augmenté sa contribution relative à l'effort global de R/D durant la dernière décennie à l'inverse de la tendance observée dans la très grande majorité des pays de l'OCDE. Au cours de ces dernières années, l'initiative de l'Etat en faveur de l'internationalisation de la recherche industrielle a été remarquable. Le Gouvernement italien a notamment participé activement aux programmes spatiaux européens et à EUREKA.

Les institutions italiennes chargées de la science et de la technologie semblent avoir souffert de divers maux: excès de démarches administratives et insuffisance de coordination entre les différents organismes et ministères. Du fait que la grande majorité des demandes d'aides de l'Etat pour la R/D provient des grandes entreprises, le secteur des PME semble avoir été défavorisé. En outre, les difficultés rencontrées pour l'encouragement du développement technologique dans le Mezzogiorno constituent une source supplémentaire de problèmes. La création récente d'un ministère de la recherche, de la technologie et de l'université vise à résoudre progressivement ces problèmes, à assurer la coordination nécessaire entre les différents secteurs de la recherche. Parallèlement, une profonde réforme de l'université vise à redynamiser le secteur universitaire, caractérisé dans le passé par un manque d'autonomie par rapport à l'administration centrale.

## 2. LES AUTRES PAYS

Le rapport de l'OCDE sur la politique scientifique et technologique distingue trois groupes de pays: les pays à investissements élevés de R/D, qui consacrent plus de 1.5 pour cent de leur PIB à la R/D; les pays à investissements moyens de R/D, compris entre 1.3 et 0.9 pour cent du PIB; enfin, les pays à investissements faibles de R/D, inférieurs à 0.5 pour cent du PIB.

La Suisse figure dans le premier groupe à investissements élevés de R/D, avec la Belgique, le Danemark, la Finlande, la Norvège, les Pays-Bas et la Suède. Par rapport aux autres pays de l'OCDE, les pays nordiques ont réalisé dans l'ensemble un gros effort de R/D au cours de la dernière décennie; quelques-uns ont fait preuve d'une impressionnante capacité d'innovation dans diverses branches d'activité industrielle. Le cas de la Suède est décrit en détail dans le paragraphe IV.4.

Les pays à investissements moyens de R/D sont l'Australie, l'Autriche, l'Espagne, l'Irlande et l'Islande. Ces pays ont procédé pour la plupart à une vaste refonte de leur système de R/D en adoptant des politiques plus ambitieuses, dans le but de faciliter l'adaptation de leurs structures économiques. Les pays à faibles investissements de R/D sont le Portugal, la Grèce et la Turquie.

### 3. UN MODÈLE POUR LA SUISSE ?

Dans le domaine des sciences techniques, la Suisse ne peut pas calquer son effort sur celui des grands pays technologiquement avancés, avec ses moyens financiers de petit pays. La tentation est pourtant grande d'investir dans tous les domaines choisis par les grands pays. Elle présente pour certains responsables politiques, l'avantage de ne pas devoir procéder aux difficiles choix technologiques. Une telle attitude ne peut aboutir qu'à de nombreux développements sous-critiques, sans valorisation économique possible. Les politiques technologiques des grands pays, si judicieuses qu'elles soient, ne peuvent être suivies sans autre par la Suisse. Ce qui est bon ou néfaste pour un pays étranger, ne l'est pas automatiquement pour la Suisse. Les grands pays se doivent de décentraliser leur activité R/D. En Suisse, la principale préoccupation doit porter sur la sélection technologique à faire en fonction des particularités du pays et de ses habitants.

Parmi les pays effectuant un effort de R/D comparable à celui de la Suisse, la Suède est certainement un des plus intéressants. Elle appartient, comme la Suisse, au groupe de pays qui consacrent plus de 1.5 pour cent du PIB aux investissements de R/D. L'étude de l'OCDE [OCDE, 1987b] sur la politique scientifique et technologique de la Suède a dressé un brillant tableau de la science et de la technologie suédoise, non seulement en quantité mais aussi en qualité. L'annexe 3 présente les indicateurs d'activité R/D de la Suède. Dans ce pays, une interpénétration profonde existe entre les institutions de recherche et l'industrie, ce qui facilite grandement toute valorisation économique. En s'inspirant de la politique suédoise, la Suisse peut combler une partie de son handicap dans ce domaine.

### 4. LA SUÈDE

#### 4.1. *Le Riksdag et le gouvernement*

Le gouvernement et le parlement (Riksdag) suédois, ainsi que les entreprises suédoises, accordent une haute priorité à la science et à la technologie. Les dépenses de R/D de la Suède représentent environ 3 pour cent de PNB. Deux projets de loi

présentés par le gouvernement en 1987 et 1990 ont encore augmenté les ressources de recherche et de développement. Les décisions du gouvernement et du parlement suédois, concernant la recherche dans l'enseignement supérieur, se fondent essentiellement sur les demandes budgétaires présentées annuellement par les établissements d'enseignement supérieur et par les conseils de recherche. Le gouvernement et le Riksdag exercent sur le financement de la recherche un contrôle assez lâche grâce à un petit nombre de moyens d'intervention ainsi que le montre la figure 7.

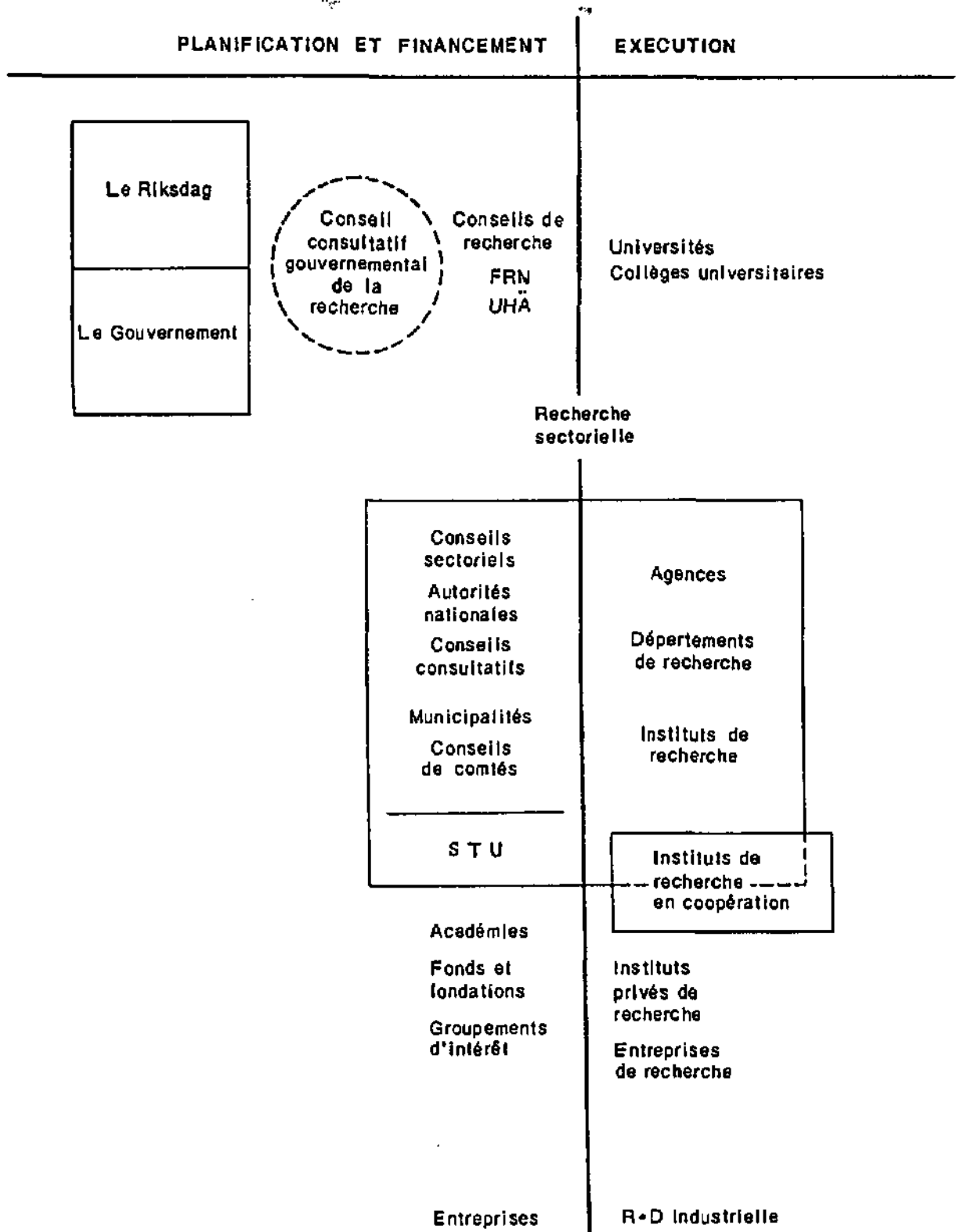
Au sein du gouvernement, ce sont les ministères dont les activités comportent des travaux de R/D qui établissent les propositions correspondantes. Presque tous les ministères ont sous leur tutelle un certain nombre d'instances spécialement chargées de la planification ou de l'exécution de la R/D. Les ministères dont les activités de R/D ont une ampleur particulière sont ceux de l'Education (enseignement supérieur, conseils de la recherche), de l'Industrie, de la Défense, de l'Agriculture, de la Santé et des affaires sociales et enfin le ministère du Logement et de l'Aménagement du territoire.

Depuis 1982, un ministre d'Etat (le vice-Premier ministre) est chargé de coordonner la politique de la science et de la technologie. Lorsque celui-ci devint Premier ministre en mars 1986, il conserva la responsabilité de coordination. La Suède bénéficia dès lors d'un appareil gouvernemental remarquable pour soutenir et favoriser les relations entre les milieux de la science fondamentale et ceux de l'industrie et les coordonner dans l'intérêt de la nation. Les Conseils de la recherche constituent un élément stratégique du système de la recherche suédois. La réforme mise en oeuvre au milieu des années 70 a créé quatre conseils: le Conseil de la recherche en sciences sociales et humaines, le Conseil de la recherche médicale, le Conseil de la recherche en sciences de la nature et le Conseil de la recherche sylvicole et agricole. Il existe aussi un Conseil de planification et de coordination de la recherche, qui sert de conseil de la recherche pour les activités multidisciplinaires.

Depuis vingt ans, d'impressionnantes réformes ont eu lieu; création ou modernisation d'organismes nationaux et régionaux, allant des ministères à la gestion de l'emploi. Les projets de loi se sont succédés sans trêve, une réforme en suivait une autre; on ne compte guère d'année qui n'ait connu quelques modifications législatives.

Des décisions du Parlement ayant pour base le projet de loi sur la recherche de 1990 ont créé deux nouveaux conseils de la recherche, le Conseil de la recherche sociale et le Conseil de la recherche technologique (TFR). Le Conseil de la recherche technologique apporte un soutien à la recherche fondamentale dans le domaine technique; les fonds sont attribués en fonction de la valeur scientifique des projets. Les ressources de ce Conseil seront progressivement augmentées pour atteindre un niveau semblable à celui du Conseil de la recherche en science de la nature, ce qui correspond à un futur budget annuel d'environ 70 millions de couronnes suédoises (100 KSu = 20 fr.).

# LE SYSTEME SUEDOIS DE R-D



Source : L'Institut suédois (A. Dyring).

FIGURE 7: Le système suédois de R/D [OCDE, 1987b]

Tous les trois ans, le gouvernement présente au Riksdag un projet de loi sur la recherche. Ce document expose les propositions du gouvernement concernant le financement de la R/D pour les trois ans à venir. Tous les projets de loi au cours des années 80 ont introduit d'importantes augmentations des subventions de l'Etat à la R/D, et notamment celui de 1990 qui prévoit une augmentation annuelle d'un milliard de couronnes suédoises (200 Mio. fr.). La plus grande partie de ces fonds supplémentaires est destinée à la recherche fondamentale et à la formation de troisième cycle.

#### *4.2. Les universités et les collèges*

La Suède est divisée en six régions pour ce qui concerne la planification de l'enseignement supérieur. Dans chaque région, l'université est le principal établissement d'enseignement supérieur et de recherche. Il existe 12 universités ou établissements d'enseignement supérieur organisés en facultés. Ces institutions sont chargées d'assurer la formation de troisième cycle menant au doctorat et à la recherche. Il existe aussi quelque 20 établissements d'enseignement supérieur de plus petite taille, dont la fonction essentielle est la formation au niveau des premières années de l'enseignement supérieur.

Un quart environ de l'ensemble des activités de R/D est effectué à l'intérieur du système universitaire. Les trois quarts restants sont assurés par l'industrie, certaines instances nationales, des instituts publics, privés et de recherche en coopération et des consultants indépendants.

#### *4.3. La recherche sectorielle et le STU*

La politique suédoise de la recherche a consisté à confier à chaque secteur la responsabilité de mener toutes les activités de recherche requises pour le développement des connaissances à court terme et à long terme. De ce fait, l'organisation de la R/D en Suède présente un caractère fortement sectoriel. La Suède ne compte qu'un petit nombre de laboratoires publics fonctionnant en dehors des structures de l'enseignement supérieur. Il existe une centaine d'organismes sectoriels qui financent des travaux de R/D, la plupart à une échelle relativement modeste. Parmi les organes sectoriels couvrant des activités importantes de R/D, il y a le Conseil national de l'éducation (SÖ), l'Institut suédois de recherche de la défense nationale (FOA), le Conseil national de la protection du milieu naturel (SNV).

Un organisme joue un rôle particulièrement important dans le développement de la recherche technique: c'est l'Office national du développement technique (STU), organisme sectoriel oeuvrant en faveur de l'industrie. Le STU doit notamment suivre les progrès techniques, engager des activités en coopération, lancer et soutenir la recherche technique et le développement industriel, accorder conseils et appuis aux

inventeurs et promouvoir l'utilisation commerciale des résultats de la R/D. Les crédits du STU sont passés de KrS 280.5 millions pour l'exercice 1977-78 à KrS 747 millions pour l'exercice 1984-85. Les domaines d'action prioritaires de la STU ont été les technologies de l'information, la technologie des nouveaux matériaux, la biotechnologie, et les technologies de fabrication.

En Suède, l'aide publique à la R/D technique est canalisée par l'intermédiaire d'organismes tels que le STU et le IF (Fonds pour l'industrie) et elle répond, dans la plupart des cas, à des initiatives émanant d'entreprises, d'institutions, etc. Cette aide est générale dans la mesure où elle est accordée en fonction de l'évaluation des projets par les organismes bailleurs de fonds. Parmi les mesures d'aide, il y a les services consultatifs, les subventions ou les prêts, les commandes ou les contrats, les bourses d'études ou les prix (décernés aux inventeurs).

L'aide financière consiste soit en l'attribution de subventions - principalement aux universités - qui couvrent le coût total de projets de recherche dont les résultats seront rendus publics et dont il n'est attendu aucune retombée commerciale immédiate, soit en l'octroi de prêts - surtout à des entreprises - qui couvrent la moitié des coûts de projets de recherche dont on attend des retombées commerciales et dont les résultats ne seront pas divulgués. Les prêts ne doivent être remboursés qu'en cas de succès commercial. Si le projet est un échec, le prêt est annulé. Le STU s'efforce d'axer essentiellement son aide sur les petites entreprises qui ont besoin de financement. Il n'est accordé de prêts aux grandes entreprises que pour des projets prévoyant des échanges de connaissances avec les universités et les instituts de recherche ou des échanges de technologie avec des petites entreprises. En Suède, la plupart des subventions de recherche sont réservées à des départements universitaires, mais une part de plus en plus importante va à des "instituts de recherche en coopération".

Un institut de recherche en coopération est créé à la suite d'un accord conclu entre l'Etat - représenté généralement par le STU - et un certain nombre d'entreprises désireuses de promouvoir des activités de R/D présentant un intérêt pour elles. Cet accord porte sur un programme de recherche et fixe un budget pluriannuel pour sa réalisation. Le programme de recherche est généralement établi par l'institut et les entreprises intéressées. Faute d'institut pour effectuer la R/D, le programme est confié à un comité de programme spécialement choisi à cet effet. Ce comité prend contact avec diverses institutions de recherche capables d'exécuter les travaux correspondants, généralement dans des laboratoires universitaires, mais parfois aussi dans des laboratoires de l'industrie.

En 1986, il existait en Suède une trentaine de programmes de recherche en coopération, dont 17 font intervenir des instituts spécialisés dans ce type de recherche.

#### *4.4. Les centres et parcs scientifiques*

Au début des années 80, la Suède ne comptait qu'un petit nombre d'organismes, centres d'innovation, parcs scientifiques, etc., spécialement destinés à assurer une coopération entre l'industrie et l'université. En janvier 1985, leur nombre s'élevait à 79. Certains de ces centres ont été créés au sein de l'université pour promouvoir les recherches sous contrat ainsi que l'application industrielle d'inventions nouvelles, etc. Ces centres visent de plus en plus à pousser leurs applications jusqu'au stade précédant immédiatement la production.

Le Centre d'innovation de l'Université technologique de Chalmers a particulièrement réussi à faire éclore des idées nouvelles et à favoriser, ainsi, la création d'entreprises nouvelles. Une autre catégorie concerne des centres de transfert créés conjointement par l'université et l'industrie, souvent sous la forme d'une fondation. Une troisième catégorie - la plus fréquente - est celle des fondations créées conjointement par une municipalité ou un conseil de comté, le conseil administratif du comté, une université ou un collège, une chambre de commerce, certains groupements industriels et un des fonds régionaux de développement industriel. Dans la pratique, le resserrement des liens entre l'université et l'industrie peut s'opérer par la création d'un parc scientifique ou d'un centre d'innovation. On a eu recours, dans toute la Suède, à ce type d'organisme pour promouvoir le développement - et le réaménagement - industriel dans des comtés qui n'avaient qu'un collège sans budget permanent de recherche.

#### *4.5. Les professeurs à temps partiel*

En 1973, le gouvernement suédois a décidé de créer un certain nombre de postes de professeurs adjoints. Ces postes sont occupés par des scientifiques extérieurs au système universitaire. Ces professeurs, employés dans l'industrie, consacrent un jour par semaine à des recherches dans un département universitaire. Depuis la création de ces postes, le nombre de titulaires est en constante augmentation.

Grâce à ces professeurs adjoints, les universités sont en contact étroit avec le monde économique. Elles peuvent évoluer en phase avec ce dernier et cela est extrêmement important. Il est important de donner aux professeurs l'occasion de prouver que leurs connaissances sont bénéfiques à la société d'une façon ou d'une autre. En ayant une occupation créatrice dans le monde économique, le professeur aura plus de crédibilité vis-à-vis de ses étudiants.

#### *4.6. Les chercheurs de liaison*

Une des tâches principales de la Commission gouvernementale chargée de la coopération de l'université avec des partenaires extérieurs a été de mener à bien un programme de contact entre des chercheurs ou des enseignants universitaires et le

secteur des entreprises. Ce programme avait pour objet principal de mettre des chercheurs universitaires à la disposition de petites et moyennes entreprises et d'institutions publiques extérieures à l'université, principalement des administrations locales. Dans une première phase expérimentale, 79 projets ont été menés à terme dans 73 entreprises, administrations publiques et autres organismes. Au total, 97 chercheurs y ont participé. La majorité des entreprises intervenantes n'avait jamais coopéré auparavant avec des universités dans le domaine de R/D.

L'examen de trois années d'application du programme (1978-80) est des plus positifs. Les petites entreprises, contrairement à l'opinion que l'on se fait généralement de leur attitude vis-à-vis des chercheurs universitaires, se sont montrées pour la plupart satisfaites des résultats obtenus et du travail des chercheurs qu'elles ont accueillis. La majorité des entreprises poursuivra sa coopération avec les universités par l'intermédiaire des "chercheurs de liaison" et se déclarent disposées à supporter tout ou partie des coûts correspondants. En 1982, le gouvernement a décidé la poursuite de ce programme. Dans sa phase permanente, il ne sera financé que partiellement par le ministère de l'Éducation. Les organisations régionales ou locales chargées du développement des petites et moyennes entreprises se partageront les coûts restants avec les entreprises et les organisations elles-mêmes.

#### *4.7. L'information concernant la R/D*

La réforme de l'enseignement supérieur de 1977 a officiellement conféré à ce dernier la mission de diffuser des renseignements sur ses travaux de R/D. Les conseils de recherche ont reçu les mêmes consignes. A partir de l'exercice 1979-80, des fonds destinés à la diffusion de données sur la recherche ont été affectés au Conseil de planification et de coordination de la recherche (FRN) afin d'encourager des mesures à cet effet. L'information est ciblée sur le grand public.

Dans le cadre du programme relatif à l'information sur la recherche, plusieurs mesures ont été prises pour encourager les chercheurs à intervenir dans des débats publics, et deux projets ont eu une portée considérable. Le premier concerne une série de brochures traitant des problèmes sociaux du moment, intitulée "Källa" (Source), dans lesquelles les chercheurs échangent leurs vues. Le second porte sur une série de livres de vulgarisation scientifique, écrits par des chercheurs en activité, et dont le titre est "Forskningens Frontlinjer" (Sur le front de la recherche).

Le FRN est doté de moyens spéciaux pour lancer un programme qui vise à diffuser des informations auprès de groupes d'enfants et d'adolescents, et en même temps à intéresser les jeunes à la recherche. Depuis 1979-80, le FRN a décidé qu'une partie des fonds destinés à la diffusion d'informations serait affectée aux universités pour leurs activités d'information sur la recherche, et cette décision a entraîné un grand nombre de demandes. Au cours de l'exercice 1984-85, le FRN a affecté quelque KrS 10 millions à la diffusion d'informations sur la recherche.

Une des missions importantes des académies et associations scientifiques est d'encourager les contacts entre le milieu des chercheurs et la société. L'Académie royale des sciences et l'Académie des sciences de l'ingénieur ont notamment joué un rôle déterminant dans la diffusion d'information concernant la R/D par des conférences et des colloques, la production de revues spécialisées et de publications diverses.

L'information fournie par les organismes sectoriels s'adresse surtout aux utilisateurs des résultats de leurs recherches. L'Office national du développement technique (STU) prend une part très active dans la production et la diffusion d'informations sur les résultats de la R/D et y consacre environ KrS 9 millions par an. On peut citer comme autre exemple d'informations sectorielles le magazine du Conseil de la recherche sur la construction (BFR) "Byggeforskningen" (Recherche sur la construction) qui est diffusé à 200'000 exemplaires.

La diffusion par les entreprises d'information sur la R/D fait généralement partie de leur campagne de commercialisation. Les laboratoires pharmaceutiques, les compagnies d'assurances et les entreprises du secteur de l'énergie ont joué un rôle de premier plan dans la vulgarisation des informations sur la R/D.

Une revue scientifique populaire, "Forsking och Framsteg" (Sciences et progrès) occupe une place prépondérante sur le marché. Elle est publiée par un certain nombre d'organismes de recherche et compte plus de 50'000 abonnés.

La présentation des travaux de R/D aux jeunes est encore plus important. Cela va susciter en eux le désir de participer à ce grand effort national, voire global.

#### *4.8. Les objectifs fondamentaux de la politique de recherche*

La dernière loi suédoise sur la politique de la recherche a fixé les objectifs fondamentaux suivants:

- équilibre entre recherche sectorielle et recherche fondamentale dans l'enseignement supérieur;
- qualité des travaux de R/D;
- recrutement des jeunes chercheurs;
- conditions de travail des chercheurs universitaires;
- coopération de l'industrie et du secteur public dans les activités de recherche;
- contacts internationaux;

- domaines de recherche prioritaires

Parmi ces objectifs, il est intéressant d'en analyser deux en particulier, la qualité des travaux de R/D et le recrutement des jeunes chercheurs. L'étude faite par l'OCDE sur la politique suédoise de la science et de la technologie souligne à juste titre que les travaux de recherche et développement sont de haute qualité. Lorsque les méthodes scientifiques utilisées en recherche ne satisfont pas les critères de haute qualité, les résultats sont sans intérêt et peuvent même être nuisibles. Il est dit aussi qu'une mauvaise recherche est pire que l'absence de recherche, en partie parce que celle-ci utilise des ressources qui seraient disponibles pour d'autres recherches, et en partie parce que les résultats risquent d'être trompeurs. L'exigence de haute qualité s'applique à tous les éléments du système de R/D et à tous les types de recherche, qu'il s'agisse de recherche fondamentale ou de recherche appliquée. En ce qui concerne les travaux de développement, il convient de mesurer la qualité en fonction du succès commercial du produit ou du procédé.

Dans son étude de la politique suédoise, l'OCDE insiste une fois de plus sur le fait que toute activité qui n'est pas de recherche fondamentale pure doit pouvoir être qualifiée en terme de retombées économiques, création de produits correspondant à un marché, création de places de travail, d'entreprises, spin-offs.

Dans le système pluraliste suédois la tâche de veiller à la qualité de la R/D incombe aux conseils de la recherche, aux organismes sectoriels, aux commissions des facultés et aux équipes de recherche. Les évaluations de qualité constituent des facteurs importants des décisions locales ainsi que de celles prises par le gouvernement et le parlement. Diverses méthodes sont utilisées par la Suède pour évaluer la qualité scientifique de groupes ou d'institutions de recherche. Elle considère le nombre d'articles publiés dans les revues scientifiques internationales, les contacts au niveau international, les citations dans la documentation scientifique, etc. Le Conseil de recherche sur les sciences de la nature a pris l'initiative d'élaborer une méthode permettant de prendre contact avec des scientifiques d'autres pays pour procéder à des évaluations (jugement par des pairs) dans un domaine déterminé. Cette méthode n'est toutefois fiable que lorsque aucun lien de collaboration, d'échange n'a lieu entre les pairs et les institutions sur lesquelles ils doivent porter un jugement.

En Suède, la qualité des recherches influence fortement la répartition des ressources. Ceci s'applique particulièrement à la R/D dans l'enseignement supérieur. Une description détaillée de l'Université technologique de Chalmers à Göteborg est donnée dans le chapitre VI.3.7 consacré aux spin-offs de cette institution.

#### *4.9. Les efforts de R/D dans le domaine des nouveaux matériaux*

Le gouvernement encourage le développement des matériaux avancés et améliorés en finançant la R/D de ce secteur par l'intermédiaire de quatre ministères: Education,

Industrie, Energie et Défense [OCDE, 1990]. L'Office national de développement technique (STU) joue un rôle central dans la coordination et le financement de la recherche effectuée dans les universités techniques et dans les instituts de recherche coopérative (ICR). Universités et instituts consacrent plus de 50 pour cent de leurs moyens à la R/D sur les métaux et particulièrement sur l'acier. Ce choix est dicté par la très forte tradition industrielle du pays en matière de métaux. A noter également que l'industrie favorise particulièrement la recherche sur les céramiques avancées, domaine où la Suède occupe une très bonne place sur le marché international.

Concernant les matériaux avancés, la Suède a conclu des accords de coopération avec le Japon, la Chine, la Russie et les Etats-Unis.

#### *4.10. La qualité des travaux de R/D*

Afin d'obtenir les meilleurs résultats possibles, la politique suédoise de la science et de la technologie a pour principaux objectifs:

- d'attirer et de retenir les meilleurs professeurs et étudiants dans les universités en reconnaissant officiellement leurs travaux et en récompensant équitablement leurs efforts;
- d'attirer une partie des personnes les plus instruites dans l'industrie et de leur donner la possibilité de faire une carrière conforme à leurs ambitions personnelles, sans qu'elles aient à abandonner leurs activités de R/D, en leur ménageant des promotions dans les fonctions qu'elles exercent (c'est-à-dire contrairement aux principes ordinaires de promotion au nom desquels les chercheurs sont nommés à des postes élevés d'administration au siège de la société); et
- d'adopter ou de générer à tous les niveaux des méthodes de contrôle de la qualité des résultats, des personnes et des institutions.

La Suède a consenti de gros efforts pour améliorer la qualité de l'enseignement secondaire en science et en technologie et pour rendre ces disciplines plus captivantes grâce à des émissions télévisées judicieusement conçues, à des visites d'établissements, etc. Les mesures adoptées par le Conseil suédois de planification et de coordination de la recherche (FRN) en faveur des élèves doués en fournissent déjà un exemple, de même que les nombreuses brochures d'information largement diffusées sur les problèmes qui se posent en matière d'énergie, de lutte contre le cancer, d'alimentation, etc. D'après l'OCDE, ces initiatives sont une innovation sans précédent dans les autres pays de l'OCDE (à la seule exception, peut-être du Japon).

Le Conseil suédois de planification et de coordination de la recherche encourage activement la propagation des connaissances scientifiques et des résultats des recherches les plus récentes par l'intermédiaire des grands moyens de communication

et de l'école. Son but est de faire bénéficier le public d'entretiens bien documentés et d'exposés impartiaux sur les aspects scientifiques inhérents aux grands problèmes importants de la société.

Des campagnes d'information aussi vigoureuses sont certainement de la plus grande utilité puisqu'elles fournissent aux universités le nombre nécessaire de candidats convaincus. Le programme lancé par le STU en vue de créer et de pourvoir, dans les universités suédoises, quelques cinq cents postes de chercheurs et mille places d'étudiants pour la préparation d'un doctorat dans des disciplines d'une importance stratégique pour l'industrie, a été couronné de succès.

Comme la Suisse et beaucoup d'autres pays, la Suède va déployer de gros efforts dans le domaine de la microtechnique. Le STU a lancé un vaste programme dans ce qu'il appelle la "micronique". Ce terme englobe les trois domaines de la physique, chimie et biologie intervenant à un niveau dimensionnel inférieur au micron. Le succès promis à cette initiative du STU sera essentiellement imputable au soutien et à l'aide accordé prioritairement aux chercheurs les plus créatifs du monde technologique suédois, plutôt qu'à des institutions ou organismes, si importants qu'ils soient.

Une particularité très importante du système suédois de financement de la recherche est que d'importants fonds sont versés à des personnes éminentes ayant établi des plans de grande portée, et non à des domaines de recherche, et que tout résultat de haute qualité est récompensé par des subventions généreuses et facilement accordées.

La Suède participe activement à la plupart des programmes internationaux de R/D. Cependant, avec l'internationalisation rapide de l'industrie suédoise, cela aura comme conséquence que des travaux de R/D toujours plus nombreux dont elle aura besoin seront réalisés à l'étranger.

## 5. COMPARAISON ENTRE LES POLITIQUES SUISSE ET SUÉDOISE

Si l'OCDE adresse des éloges à la Suède pour l'organisation de sa politique de la science et de la technologie, son avis sur le système suisse est certainement moins édifiant. L'OCDE y relève en priorité la résistance au changement, comme étant un des traits marquants de la mentalité suisse [OCDE, 1989a].

On a tout lieu de penser que les résultats à venir des deux politiques suédoise et suisse seront différents. Cela n'est pas explicable par la différence des investissements mais bien dans une différence assez fondamentale de mentalité et d'adaptation au monde moderne. Passons en revue quelques points d'organisation qui porteront préjudice à la Suisse, par rapport à la Suède.

Avec son ministre d'Etat chargé de coordonner toutes les activités de la science et de la technologie et les différents conseils de recherche, la Suède possède un système politique plus direct et efficace que celui de la Suisse où la coordination qui s'instaure n'a lieu que dans un des 7 départements fédéraux. Ce ministre est vice-Premier ministre, par conséquent une personne très importante de l'Etat. Lorsqu'il devient Premier ministre, il conserve sa responsabilité de coordinateur des activités scientifiques.

En Suisse, le coordinateur est un haut fonctionnaire qui dépend d'un des sept ministres fédéraux; son pouvoir est limité par rapport à celui de son collègue suédois, son impact en sera d'autant réduit.

L'organigramme de la figure 7, représentant la politique suédoise, est certes moins confus que celui des figures 4 et 5 représentant l'organisation suisse. Toutefois, comme la Suisse, la Suède disperse ses efforts de R/D dans plusieurs ministères. La Suisse n'a pas l'équivalent de l'important Conseil de la recherche technologique suédois. Ce dernier insiste sur l'importance de la recherche appliquée dans tous les développements technologiques, et cela surtout au niveau des PME. En Suisse, peu de PME font appel à la CERS et au FNRS, par rapport aux demandes des grandes entreprises.

La Suisse n'a pas l'équivalent du STU pour conseiller, appuyer les inventeurs et promouvoir l'utilisation commerciale des résultats de la R/D. La STU finance principalement des projets auprès de petites entreprises. Celles-ci constituent le tissu industriel du pays. En Suisse, les demandes d'assistance à la CERS proviennent principalement de grandes entreprises.

Il existe, en Suisse, des professeurs adjoints ou des chargés de cours provenant de l'industrie toutefois leur influence est bien modeste sur les étudiants. En effet, leur tâche est souvent limitée à une heure d'enseignement par semaine ou toutes les deux semaines, sans activité de recherche à la clé, contrairement à ce qui se fait en Suède.

Le type de collaboration université-industrie qui consiste à déléguer, pour un temps déterminé, un scientifique expérimenté de l'université dans l'industrie est particulièrement intéressant. Inexistant en Suisse, il pourrait combler un vide certain entre les hautes écoles, centres de recherche et les PME. Il est vérifié que la plupart des entreprises suisses bénéficiant de l'assistance de hautes écoles sont d'une taille bien supérieure aux PME occupant quelques collaborateurs seulement; pourtant ce type d'entreprises constitue la trame de l'industrie suisse. La mise à disposition des PME de chercheurs universitaires expérimentés permet de "briser la glace" entre cette catégorie d'entreprises et la R/D universitaire. Elle est aussi une grande motivation pour les chercheurs qui ont l'occasion de prendre conscience de leur utilité et leur responsabilité dans le monde économique réel. Pour un chercheur, la conduite avec succès d'un projet dans une PME est un gage très positif pour son avenir. Un début d'initiative dans ce sens a lieu en Suisse avec la création des "junior entreprises" qui mettent des étudiants

à disposition des industries. Il faut encourager ce mouvement et l'étendre aux chercheurs expérimentés.

Il est à noter ici l'effort beaucoup plus important de la Suède par rapport la Suisse pour informer le grand public des travaux de R/D en cours. En Suisse, des séminaires sont organisés annuellement pour relater l'évolution des programmes nationaux. Une inscription et une finance de participation sont requises de chaque participant. La diffusion de l'information concernant la tenue des séminaires étant elle-même très limitée, ce sont les mêmes catégories de spécialistes qui reçoivent l'information et qui participent aux réunions. Une information précise et correcte auprès des contribuables est indispensable car ce sont eux, finalement, qui accordent les grands crédits de R/D, soit directement, soit par l'intermédiaire de leurs représentants.

En Suisse, les étudiants du niveau secondaire sont très peu informés des travaux de recherche, même lorsque ceux-ci se déroulent dans leur ville. Une haute école, un centre de recherche qui ne réussit pas à intéresser le grand public et les jeunes aura un rayonnement limité et connaîtra tôt ou tard de graves difficultés lorsqu'il faudra justifier les demandes de fonds publics. Des projets nationaux tels que le PNR 19 (chapitre VI.3.5) ou celui impliquant le développement du "LIDAR" (chapitre VI.3.3) auraient connu certainement une autre issue si le grand public avait été régulièrement et correctement informé de leurs évolutions.

Contrairement aux pratiques en vigueur en Suisse, un effort est fait en Suède pour éviter de distribuer uniformément et de façon dispersée, les ressources à tous les acteurs d'un domaine technologique particulier. Les projets scientifiques et technologiques n'ayant pas une certaine masse critique sont presque toujours voués à un échec économique.

Il est très significatif de relever que la seule enquête concernant les spin-offs d'une institution suisse (EPFZ) a été effectuée par un économiste suédois, D.H. McQueen, visiteur de l'EPFZ en 1991 (chapitre VI.3.2).

Très peu de cours d'innovation sont organisés pour les diplômants et doctorants des hautes écoles en Suisse. Ces cours ont pourtant un effet très impressionnant sur la création d'entreprises en Suède. Ils encouragent et motivent les chercheurs à rejoindre le cycle économique pour y effectuer une indispensable revitalisation.

Dans le domaine stratégique des nouveaux matériaux, il est frappant de comparer le dynamisme de la Suède avec les hésitations de la politique suisse. La Suède pratique une collaboration internationale particulièrement judicieuse et bien ciblée.

## 6. L'ENTREPRENARIAT UNIVERSITAIRE

C'est aux Etats-Unis que se développa en premier lieu ce que l'on peut appeler l'entrepreneuriat universitaire. Du fait de la croissance soutenue de 1950 à 1970, la recherche universitaire a pris une importance considérable au sein de l'université indépendamment de ses liens avec l'enseignement. Source d'innovation technique et scientifique, l'université devint un acteur important de la croissance nationale pour la défense, l'énergie, l'espace et pour la croissance économique créée par le secteur privé [OCDE, 1989c].

Conséquence logique de cette évolution, les institutions d'enseignement menant des travaux de recherche s'intéressèrent de plus en plus près à l'utilisation des résultats obtenus par leurs laboratoires. Cela correspond bien sûr à l'intérêt traditionnel de l'université pour l'utilisation des connaissances. Mais il y avait une autre raison: au début des années septante, les universités commencèrent à avoir des problèmes financiers, et leur intérêt fut stimulé par des perspectives de profits que représentait l'exploitation de leur recherche par l'industrie. Les universités américaines se mirent à déposer des brevets. Au début, il s'agissait d'initiatives individuelles au coup par coup. De plus, ces brevets coûtaient cher, et les universités faisaient souvent appel à des organismes extérieurs, qui se chargeaient de déposer les brevets, de passer des accords de licence avec les entreprises intéressées et de reverser une partie des royalties à l'université, qui percevait ainsi un revenu sans avoir à se livrer à un acte commercial; de cette façon, le corps enseignant n'était pas détourné de ses activités.

Peu à peu, les universités élargirent leurs activités internes en matière de brevets. Un juriste, ou parfois un enseignant, fut chargé de suivre ces dossiers, d'abord à mi-temps, puis à temps plein. Enfin, vers le milieu des années septante, les universités commencèrent à se demander non plus comment tirer le maximum des brevets, mais plus largement, comment valoriser au maximum leur recherche. Les plus grandes embauchèrent du personnel issu des entreprises, souvent des cadres techniques de l'industrie et même des spécialistes de capital-risque. Ils se mirent à exploiter diverses possibilités, y compris l'acquisition d'une partie du capital des sociétés exploitant les innovations créées par l'université, la participation à des partenariats de R/D et parfois à des "joint ventures" portant sur les travaux de recherche de l'université. Cette croissance de l'entrepreneuriat universitaire s'accompagna souvent du développement de pépinières destinées à faciliter la création de nouvelles entreprises.

Ainsi, l'essor de la recherche universitaire après la seconde guerre mondiale provoqua un intérêt pour sa valorisation, qui à son tour entraîna le développement des activités commerciales au sein des universités ainsi que l'arrivée d'un nouveau type d'employés.

Ceci s'accompagna d'un rapprochement avec l'industrie. Enfin, l'importance prise par le transfert et la valorisation de la recherche universitaire contribua à créer un climat favorable à la naissance de toute une gamme de programmes de développement régional.

Un tel développement des esprits s'est manifesté avec moins d'intensité en Suisse. Les importants moyens financiers à disposition ont souvent évité aux responsables des hautes écoles l'effort de chercher des crédits dans les milieux industriels. C'est un retard de plus de vingt ans qu'a la Suisse dans ce domaine. Plusieurs années vont être nécessaires à ces responsables pour créer ce partenariat efficace, non limité à quelques services ponctuels.

## 7. LES TENDANCES COMMUNES

Grâce à l'excellent travail de l'OCDE concernant tous les pays Membres, il est possible de tracer les tendances communes en matière de politique scientifique et technologique [OCDE, 1992]. En dépit des particularités de chaque pays ou groupe de pays et, partant, des différences importantes de conception, certaines tendances convergentes sont perceptibles. Ces dernières années, les systèmes de R/D se sont renforcés dans le but d'améliorer la compétitivité sur les marchés internationaux.

Il est admis aujourd'hui que seul un système puissant et diversifié de R/D permet d'assimiler, ainsi que de générer les connaissances nouvelles qui déboucheront en fin de compte sur le progrès technologique et économique. Ainsi, les mesures en faveur de l'enseignement des disciplines relevant de la science, de l'ingénierie, et de la gestion d'une part et, de l'autre, le soutien de la R/D sont devenues les deux piliers principaux de l'action menée par les pouvoirs publics pour améliorer la compétitivité de l'appareil industriel.

Cela explique qu'il y ait de nombreux points communs entre les mesures prises ces dernières années par les pays Membres de l'OCDE. Prenant conscience de l'importance stratégique de la politique de recherche et de technologie, nombre de pays ont consenti un important effort budgétaire pour élargir l'assise de connaissance de leur économie. Sur le plan opérationnel également, on est frappé par les similitudes des priorités de la recherche de la plupart des pays, qui insistent sur les nouvelles technologies; plus récemment, le cercle des priorités s'est élargi à l'environnement. Il est par ailleurs intéressant de noter que la quasi-totalité des pays ont pris des dispositions pour intensifier la création de réseaux entre les sphères de la recherche universitaire et celles de la recherche industrielle. Un vaste effort d'internationalisation de la recherche est observé.

Si la santé et l'environnement ont fait l'objet d'un net regain d'effort dans un nombre de pays, le secteur énergétique par contre accuse un net recul. L'attention croissante portée aux problèmes d'environnement constitue, à l'évidence, un facteur nouveau dans la formulation des politiques de R/D. Si la puissance économique, la croissance et la compétitivité sont les principaux pôles d'intérêt des pouvoirs publics, les problèmes écologiques nationaux semblent mettre un frein à toutes ces ambitions. Aussi redouble-t-on d'efforts pour trouver des moyens de contourner les limites apparentes de la croissance économique. Le soutien de la recherche et de la technologie concernant l'environnement répond à des motivations contrastées: au souci sincère d'éviter toute détérioration intolérable de l'environnement naturel s'ajoute le désir de ne pas laisser cette préoccupation gêner la croissance économique.

## 8. CONCLUSION

La différence marquante entre les politiques suédoise et suisse réside dans la valorisation de la recherche fondamentale et appliquée. En Suède, un grand effort est fait pour encourager les chercheurs à valoriser leurs travaux dans l'industrie. Il n'y a pas de vide entre les institutions de recherche publiques et les industries. Ces deux domaines de l'économie se recoupent, permettant aux flux des nouvelles connaissances d'imprégner le milieu industriel. On a bien essayé en Suisse de combler cet espace par la création de quelques instituts à vocation industrielle toutefois l'effort doit être intensifié pour être efficace. Le domaine de la science et technologie étant très vaste, il est inévitable de faire des choix et ces derniers doivent tenir compte des besoins de l'industrie en place. La mobilité des chercheurs entre les institutions publiques de recherche et l'industrie en Suède, est une garantie pour choix technologique judicieux de la part des responsables de la R/D publique.

## DEUXIEME PARTIE

### V. CRITERES D'EVALUATION DE L'EFFICIENCE ET DE LA QUALITE D'INSTITUTIONS SCIENTIFIQUES ET TECHNOLOGIQUES

#### 1. LES FACTEURS DE PRODUCTION DE LA RECHERCHE

La recherche dans le secteur technique peut se concevoir à la fois comme facteur de production et comme produit. La Suisse - et c'est là un objectif général - doit conserver et améliorer son rôle en tant que place scientifique et en tant que place industrielle [CSS, 1989a]. Dans le domaine actuellement couvert par la politique de la science et de la technologie, les facteurs de production sont principalement les écoles polytechniques, les universités, les écoles techniques supérieures et les centres de recherche. Les produits émanant de ces institutions, sont, d'une part, des connaissances approfondies de science et technologie et, d'autre part, des scientifiques et ingénieurs prêts à devenir des facteurs de production importants dans ces mêmes institutions et dans l'industrie.

Une importante distinction est à faire à ce stade lorsqu'on essaie de fixer des critères d'efficacité et de qualité dans le domaine de la science et de la technologie. Il faut faire la distinction entre la recherche fondamentale et la recherche appliquée. Par définition, la recherche fondamentale est celle qui n'est motivée par aucune application ou retombée économique. Il devient de plus en plus difficile de citer de telles recherches. En effet, que l'on pense aux recherches faites au CERN ou dans les instituts d'astrophysique, il y a toujours des retombées technologiques intéressantes liées aux nouveaux instruments développés en cours de recherche. Les recherches en supraconductivité (phénomène découvert en 1911) ont donné lieu à de nombreux développements technologiques commerciaux en cryogénie. Seules certaines activités de mathématiques et physique théorique peuvent encore porter l'appellation de recherche fondamentale. La quasi-totalité des autres recherches peuvent être considérées comme recherches appliquées, au sens large, c'est-à-dire recherches pouvant permettre, à moyen terme, de donner naissance à des produits consommés par la société. Ainsi, avec le développement des esprits et des connaissances, de plus en plus d'activités de recherche fondamentale se trouvent intégrées dans des développements technologiques à objectifs économiques précis. Les deux domaines de

recherche fondamentale et de recherche appliquée se chevauchent toujours plus et il est de moins en moins justifié de les séparer.

## 2. EVALUATION DE LA RECHERCHE ET DE SES INSTITUTIONS

### 2.1. Introduction

A ce jour, plusieurs essais d'évaluation de la recherche ont été faits [OCDE, 1987a]. L'évaluation de la recherche scientifique et technologique, de ses institutions, est une préoccupation partout présente dans les pays industrialisés. Elle est pratiquée tant par le secteur public que par le secteur privé, à tous les niveaux, aussi bien pour apprécier des résultats individuels que pour déterminer la qualité et l'efficacité de programmes de recherche ou encore le niveau et les résultats scientifiques d'organismes tout entiers [DANIEL, FISCH, 1988]. Néanmoins, les procédures d'évaluation mises en oeuvre dans le secteur public sont très souvent différentes de celles pratiquées par les entreprises privées, en raison même de la nature différente des objectifs de ces dernières.

Le regain d'intérêt pour la pratique de l'évaluation de la recherche et de ses institutions trouve sa source dans plusieurs facteurs dont des budgets de recherche à croissance lente, parfois nulle, dans l'importance croissante des activités de R/D pour l'ensemble des activités économiques et enfin dans la nécessité qui en résulte d'établir des priorités quels que soient les domaines de recherche (fondamentale, appliquée, développement). Parmi les critères d'évaluation de l'efficacité d'institutions de recherche, ceux qui sont le plus fréquemment utilisés sont passés en revue dans ce chapitre.

Ces critères d'évaluation s'appliquent aux institutions publiques effectuant de la recherche et développement dans le domaine des sciences techniques. En Suisse cela concerne les écoles polytechniques et les universités ne limitant pas leurs activités à l'enseignement. Les critères passés en revue sont les suivants:

- Les publications
- Les citations
- Le jugement par les pairs
- Les brevets
- Les prix Nobel

- Les spin-offs
- Les services à l'industrie

## 2.2. *Dénombrement des ouvrages et articles publiés*

La principale technique d'utilisation des textes est le dénombrement des ouvrages et articles publiés par un individu, un groupe ou un établissement. Cette opération est souvent considérée comme un élément essentiel à toute évaluation et elle est couramment pratiquée. Si elle est relativement facile à effectuer, il est beaucoup moins aisé d'apprécier la portée d'un nombre donné d'ouvrages et d'articles publiés, en particulier si la question de la qualité entre en jeu. Les difficultés tiennent, pour la plupart, au manque de critères de classification des divers types d'écrits. En effet, il arrive notamment que ces derniers soient rédigés collectivement, qu'ils paraissent en plusieurs fois pour permettre à l'auteur d'accroître son nombre de références ou d'améliorer ses perspectives de promotion et que les périodiques dans lesquels ils ont été publiés ne soient pas du même niveau. Dans certains cas, il peut être impossible de faire, d'après les seules données bibliométriques, la distinction entre les articles, les résumés et les comptes rendus, par exemple.

Le problème de la qualité des périodiques rend cette méthode d'évaluation très délicate. Aujourd'hui, l'édition d'articles scientifiques et technologiques est devenue une importante source de revenus pour ceux qui la pratiquent. A part quelques exemples bien connus comme les revues "Nature" ou "Science", il est possible aujourd'hui de publier n'importe quel article dans un très grand nombre de périodiques. Il y a, depuis 20 ans, une croissance impressionnante du nombre de publications. La publication d'ouvrages est considérée comme un attribut nécessaire de l'homme de science, l'attitude extrême étant décrite comme le syndrome "publier ou périr" et il est généralement jugé préférable, semble-t-il, d'en faire paraître le plus possible. Il est possible de tirer tout de même une information utile à partir de publications en ne considérant que les articles publiés dans les trois principaux périodiques d'un domaine particulier.

La rédaction d'articles scientifiques dans une revue de qualité prend un temps considérable. Elle oblige l'auteur à beaucoup de rigueur ce qui lui interdit la publication de résultats non fiables. La publication de résultats de recherche dans une excellente revue impose au chercheur une discipline stricte très bénéfique pour son activité de recherche. Il est certainement préférable de publier peu d'articles contenant un maximum de résultats significatifs plutôt que de nombreux documents à faible valeur ajoutée. Le temps passé à rédiger un article est à soustraire du temps disponible à la recherche, à la collaboration avec les assistants et le monde extérieur. Il ne devrait pas dépasser, selon l'expérience de l'auteur, vingt pour cent du temps total disponible. Ce fait explique le nombre réduit de publications des professeurs de type A (voir avant-propos). Un investissement trop important du temps disponible d'un professeur

ou un chercheur consacré à la rédaction d'articles se traduit tôt ou tard par une baisse de la qualité des travaux de recherche.

Les inventaires de publications font recours à un grand nombre de revues, privilégiant ainsi le facteur quantité sur la qualité.

### 2.3. *L'analyse des citations*

A cause de certaines limites que comporte la technique du dénombrement des ouvrages et articles publiés, l'analyse des citations a été largement privilégiée comme outil bibliométrique d'évaluation. Ceci est justifié par le fait que les chercheurs font mention de publications antérieures parce qu'à certains égards, elles se rapportent aux leurs. On part ici de l'hypothèse fondamentale selon laquelle le nombre de citations reflète l'influence d'un article par rapport à celle d'un autre; on peut donc s'y référer pour apprécier la qualité des travaux de recherche. Pour que cette technique soit efficace, il importe notamment, au préalable, que l'on dispose de données de portée et de qualité suffisante pour pouvoir recenser avec exactitude les citations formulées dans un cas précis. Il existe un indicateur de citations appelé "Science Citation Index" auquel se réfèrent la plupart des analyses de citations.

Les arguments pour ou contre les techniques relatives aux citations portent sur la signification de ces dernières, le caractère représentatif des données et la concordance des résultats avec ceux obtenus à l'aide d'autres indicateurs. Les limites de l'analyse des citations ont été examinées dans le détail par différents auteurs [MOED et coll., 1985] ainsi que [MORAVCSIK, 1985]. A la base des critiques concernant les motifs qui président à la citation réside l'idée que celle-ci n'a pas toujours lieu pour des motifs cognitifs. La citation abusive de travaux publiés par l'auteur lui-même ou par ses amis, d'ouvrages ou d'individus jouissant de la faveur d'un directeur de publication ou de personnes occupant une position de pouvoir, constituent des dérogations au principe selon lequel les citations doivent simplement témoigner des contributions aux travaux dont il est rendu compte dans un article particulier. Il existe d'autres limites. Par exemple les contributions théoriques cessent vite d'être mentionnées, tandis que les nouvelles méthodes et techniques font l'objet de nombreuses citations. En outre, les citations "défavorables" qui portent sur des articles supposés contenir des inexactitudes constituent une autre source potentielle d'erreurs dans le cas d'un simple comptage des citations.

En ce qui concerne l'intégrité des données, les questions qui se posent portent notamment sur le champ couvert par la base de données. Le Science Citation Index (SCI) comprend plus de 3000 périodiques, soit moins de 10 pour cent du total, selon les estimations. Le champ couvert par le SCI est toutefois étendu puisque le tiers des périodiques qu'il englobe représente 75 pour cent des citations. Pour qu'un périodique soit inscrit au SCI, l'un des principaux critères retenus est le nombre de citations qui ont été faites des travaux publiés dans ce périodique.

La place faite dans le SCI aux différentes disciplines est variable, celle de la majorité des sciences de la nature et médico-physiologiques étant importante, tandis qu'elle est moindre pour les domaines tels que la psychologie. Il est couramment reproché au SCI de privilégier les périodiques publiant en langue anglaise, sans doute au détriment de ceux qui publient essentiellement dans d'autres langues. De l'avis de ceux qui utilisent cet index aux fins d'évaluations, il convient d'être très prudent car il peut contenir des erreurs. Par exemple, il ne mentionne que l'auteur principal et n'offre aucun moyen de faire correctement la distinction entre les homonymes.

Différentes techniques ont été mises au point pour faire de la base de données relatives aux citations à la fois un outil descriptif et un traitement d'évaluation. La plus simple d'entre elles consiste à étudier la fréquence des citations, c'est-à-dire à calculer le nombre de fois que des travaux ont été cités. Cette opération peut être effectuée par auteur, par établissement ou par pays. L'analyse de la fréquence des citations est nécessairement une procédure lente car ces dernières mettent du temps - de un à trois ans - à se multiplier, et il faut compter une année supplémentaire pour effectuer la tâche complexe que constitue leur traitement.

Une méthode rapide a donc été mise au point, qui, dans certains cas, permet d'écourter considérablement le délai requis [PINSKI, NARIN, 1976]. Elle repose sur la notion d'audience de périodique, c'est-à-dire sur l'hypothèse selon laquelle une citation extraite d'un périodique qui bénéficie d'une large audience, vaut davantage qu'une citation tirée d'une revue peu connue, et l'audience d'un périodique correspond au nombre de citations dont les articles qu'il contient font l'objet. Ainsi, en se servant d'une série de coefficients de pondération de l'audience des périodiques, on peut évaluer des listes de travaux publiés d'après le périodique dans lequel ils sont parus.

On peut cependant reprocher à cette méthode le fait que tous les travaux publiés dans un périodique sont présumés être de qualité égale, et qu'elle ne permet donc pas de les différencier. En outre, l'audience d'un périodique évolue avec le temps, de même qu'il se crée de nouveaux périodiques et que d'autres disparaissent; il faut donc que les coefficients de pondération soient relativement à jour pour que l'on puisse obtenir les meilleurs résultats.

#### 2.4. *Le jugement par les pairs*

Une évaluation de l'efficacité et de la qualité de la recherche effectuée peut être demandée à des experts, en principe neutres et indépendants du système à évaluer. En fait, la science et la technologie étant devenues des activités globales, il est de plus en plus difficile d'identifier des experts, même étrangers, qui n'aient aucune participation de près ou de loin à des projets nationaux. Avec la prolifération très réjouissante des projets européens, les experts dignes de ce nom sont actifs au niveau du continent, si ce n'est pas au niveau du monde scientifique occidental. Ces experts vont aussi baser

leur jugement sur l'étude bibliographique, ce qui rapprochera le résultat de leur évaluation à celle faite par étude bibliométrique.

### 2.5. *Les brevets*

Les statistiques relatives aux brevets comme indicateurs des résultats de la science et technologie sont aussi considérées dans l'évaluation d'individus, d'institutions de recherche. Considérer les brevets comme la seule production de la recherche n'est pas sans risque [FREEMAN, 1982].

La principale objection, dans l'industrie privée, à l'emploi des brevets comme indicateur des résultats scientifiques et technologiques est peut-être que les entreprises ont des propensions différentes à produire des brevets, et que ceux-ci peuvent évoluer avec le temps. Le secret est souvent considéré comme la meilleure forme de protection des droits de la propriété industrielle, protection qui, en définitive, est la raison d'être des brevets.

Il n'en est pas de même pour les écoles polytechniques et universités. Celles-ci ont certainement avantage à protéger leurs innovations par des brevets négociables ensuite avec l'industrie privée. L'exemple des universités américaines est très intéressant et mérite d'être suivi.

Le problème posé par les différences qualitatives entre brevets a été examiné à travers l'étude des citations dont ceux-ci font l'objet. Les citations de brevets relevées dans les publications scientifiques sont également une source d'informations. Passant en revue les travaux relatifs aux brevets, Freeman a conclu que le recensement des motivations qui président à la citation dans différents pays devra être beaucoup approfondi avant que l'on puisse se référer aux citations de brevets avec autant d'assurance qu'aux citations d'articles et d'ouvrages publiés.

### 2.6. *L'inventaire des lauréats du Prix Nobel*

Il faut être très prudent lorsque l'on veut utiliser l'attribution de prix Nobel dans une institution pour en évaluer son efficacité et sa qualité. Tout d'abord, dans un grand nombre de cas, l'attribution d'un prix Nobel se fait pour couronner l'ensemble de l'activité d'un chercheur, dans plusieurs institutions différentes. Ces dernières années toutefois plusieurs prix ont été décernés pour des travaux uniques et récents et ce phénomène est réjouissant. Cela donne une chance, en principe, à tout chercheur de qualité d'obtenir un jour le prix Nobel. Ce rêve devenu possible est une grande motivation pour beaucoup de scientifiques.

L'attribution d'un prix Nobel est beaucoup plus liée à la personne qu'à l'institution qui l'occupe. Aujourd'hui, il faut la coïncidence de plusieurs événements rares pour

constituer les conditions propices aux développements pouvant conduire à cette consécration. Un détenteur de prix Nobel est généralement un chercheur exceptionnel qui peut se trouver dans n'importe quelle institution scientifique du monde. Par exemple, toutes les institutions de science et technologie de Suisse réunissent toutes les conditions pour permettre le déroulement de travaux conduisant à une attribution d'un prix Nobel. L'Ecole polytechnique de Zurich a connu cet honneur à plusieurs reprises. Il arrive souvent que les chercheurs ayant reçu le prix Nobel soient appelés par de grandes universités ou instituts de technologie pour y donner des cours et y faire de la recherche. Ces grandes institutions deviennent de fantastiques centres d'innovation grâce au climat de pionnier qui y règne. De tels centres (Harvard, MIT, Caltech, Stanford) sont rares et n'ont plus besoin d'être évalués.

Essayons de cerner les éléments essentiels conduisant à l'attribution de prix Nobel récompensant une découverte unique. Pour illustrer ce cas, il est intéressant de retracer les péripéties qui ont conduit A. Müller et G. Bednorz à leur étonnante découverte et à la récompense suprême en 1987. Ces deux chercheurs ont déployé leur activité au laboratoire de recherche de IBM, à Rüschlikon près de Zurich; en fait, toute leur belle aventure aurait pu se dérouler dans n'importe quelle université.

Un premier élément important a été la décision du physicien Müller de considérer des céramiques comme candidates potentielles à des propriétés de supraconductivité à haute température. Les céramiques, matériaux non métalliques, sont connues pour leurs mauvaises propriétés de conduction électrique. Pendant des décennies, des milliers de chercheurs s'étaient concentrés sur les métaux, excellents conducteurs électriques, pour leur chercher d'éventuelles propriétés supraconductrices. Il fallait, de la part de Müller beaucoup de non-conformisme et de liberté d'esprit pour chercher des propriétés de supraconductivité dans des matériaux qui conduisent mal l'électricité à température normale.

Un second élément rare a été l'accord d'IBM de financer une recherche dans un domaine qui n'avait plus connu de progrès ces 30 dernières années et qui se basait sur une contradiction intellectuelle. Il fallait de la part des responsables d'IBM, une grande confiance dans son collaborateur et l'acceptation d'un risque d'échec important. Des experts d'autres milieux auraient pu argumenter sans risque d'être désavoués que le domaine de la supraconductivité avait été étudié en détail sans succès par d'innombrables chercheurs de qualité et qu'il n'était pas raisonnable de considérer les céramiques comme susceptibles de devenir supraconductrices à haute température (haute température signifie ici une température supérieure de quelques dizaines de degrés au zéro absolu). Ils auraient purement et simplement refusé de financer un tel projet.

Un troisième élément a été la publication, à la même époque que celle du travail de Müller et Bednorz, des résultats d'une très intéressante recherche de C. Michel, L. Er-Rakho et B. Raveau de l'Université de Caen, sur les propriétés inhabituelles de conductivité électrique d'un matériau synthétique (une céramique) à base de cuivre. Par

malchance et manque de perspicacité, les Français n'ont pas testé la nouvelle céramique en dessous de 170 Kelvin.

A l'époque de cette publication, Müller et Bednorz avaient testé, sans succès, de très nombreux composés de la famille des oxydes de nickel. Ils auraient pu continuer dans cette voie encore quelques mois pour ensuite interrompre leur recherche. L'article de Michel et collaborateurs a incité Bednorz à laisser de côté les composés innombrables du nickel pour préparer et tester les matériaux décrits en détail par les chercheurs de Caen. A l'émerveillement de Müller et Bednorz, ces céramiques-là étaient supraconductrices à 30 Kelvin, soit au moins 10 degrés au-dessus de la limite donnée par de savants modèles théoriques. Ainsi une barrière psychologique était brisée et d'importants progrès furent réalisés avec des céramiques de la même famille, dans les semaines qui ont suivi la publication des résultats des chercheurs d'IBM. Le grand tort de Michel et de ces collègues a été de ne pas avoir soupçonné la supraconductivité de leur céramique après l'identification d'inhabituelles propriétés électriques.

Il aura donc fallu une suite d'événements inhabituels pour aboutir à une importante découverte de la physique moderne. Si les chercheurs français avaient élargi leur vision de la conduction électrique qu'ils recherchaient dans leur nouvelle céramique, ils auraient sans doute fait eux-mêmes l'importante découverte. Bien qu'étant des scientifiques de grand talent, ils n'ont pas imaginé l'irrationnel ou mis en doute les connaissances généralement admises par tous. Müller, en testant les céramiques au nickel avait franchi la barrière de l'irrationnel; une suite heureuse d'événements indépendants les uns des autres l'a récompensé de son audace [MULLER, BEDNORZ, 1987]. Son collaborateur, Bednorz, a su ne pas se décourager lors des innombrables synthèses de matériaux auxquelles il a procédé. Il a aussi fait le pas important de tester des matériaux développés ailleurs que dans son laboratoire. Bien des chercheurs se seraient entêtés à poursuivre dans la première voie choisie. C'est de plein droit qu'il a pu partager la récompense avec Müller.

Il faut donc chercher les raisons du succès dans un comportement individuel remarquable plutôt que dans une excellente organisation de recherche. Grâce à l'acceptation d'un risque d'échec important, Müller a repoussé les frontières de la connaissance de la physique. En Suisse, une telle prise de risque est tout-à-fait inhabituelle. Puisque l'attribution du prix Nobel dépend en grande partie de qualités individuelles, il est très difficile d'utiliser cet événement comme critère d'évaluation d'une institution de recherche.

## 2.7. *Les spin-offs*

Toutes les méthodes d'évaluation de l'efficacité et de la qualité d'institutions scientifiques et technologiques évoquées jusqu'ici présentent d'importantes lacunes qui rendent leur usage très délicat. Que l'on considère le nombre de publications, de

citations, les analyses de pairs, les brevets ou les lauréats de prix Nobel, il est toujours difficile d'évaluer l'efficacité et la qualité de la recherche et du développement.

Un type d'évaluation encore peu utilisé consiste à faire l'inventaire des créations d'entreprises nées à partir de projets et de collaborateurs de ces institutions, appelées institutions-sources.

La création d'entreprises, dénommées spin-offs, satisfaisant aux deux conditions mentionnées ci-dessus est un critère très intéressant pour apprécier l'efficacité d'un facteur de production tel qu'une école polytechnique, une université, un centre de recherche. Il n'est pas dit que toutes les entreprises ainsi créées se développent et connaissent le succès. Beaucoup d'entre elles manquent leur décollage. Toutefois le phénomène de création d'entreprises a lieu et quelques-unes connaissent le succès et participent pleinement au développement économique de la région concernée. Si les différentes entreprises ayant réussi leur décollage permettent à la région d'accroître son produit intérieur brut (PIB) réel par habitant, alors il est permis de penser que la qualité de vie dans la région augmente. Cet argument est valable dans les pays industrialisés où le revenu est partagé de façon pas trop inégale entre les citoyens [BEGG, FISCHER, DORNBUSCH, 1989b].

Ce critère d'évaluation est maintenant très pris au sérieux par les professionnels de l'économie. Il est important de citer ici la déclaration [BANK OF BOSTON, 1989] de James M. Howell, "Chief Economist" de la "Bank of Boston":

"It is often said that the legacy of a great academic institution can be seen in the accomplishments of its graduates. This is certainly valid, but our usual frame of reference is in terms of those graduates recognized for their leadership role in America's largest business firms and those who ultimately hold senior positions in government. However, there is another criterion by which an academic institution can be judge: its success in attracting and nurturing entrepreneurial talent. These individuals go on to create companies that are frequently built around a new technology or innovative process."

Un professeur de la "Sloan School of Management", E.B. Roberts, a centré son activité sur la définition et l'étude des spin-offs du Massachusetts institute of technology; il est considéré actuellement comme le plus grand spécialiste mondial du phénomène "spin-offs" [ROBERTS E.B., 1991]. Il est par conséquent très intéressant de suivre le travail de Roberts pour, tout d'abord, définir les critères permettant d'appeler une entreprise, un spin-off d'une institution-source. Les critères suivants ont été utilisés:

- Un ou plusieurs des fondateurs de la nouvelle entreprise doivent avoir travaillé à plein temps comme employés de l'organisation-source;

- Ceux qui ont travaillé à temps partiel ou comme visiteurs pour l'organisation, venant d'une autre institution, ou encore comme consultants pour l'organisation, sont exclus de l'inventaire;
- Les personnes doivent être considérées comme fondatrices de l'entreprise, par l'entreprise, pour être prises en considération;
- Les personnes n'ont pas l'obligation d'avoir créé leur entreprise immédiatement après avoir quitté l'organisation-source; un certain laps de temps (quelques mois) entre la terminaison de l'activité dans l'organisation et la création de l'entreprise est admis;

Les spin-offs ainsi définis se réfèrent à la personne qui a fondé une entreprise ou à son entreprise elle-même. Les critères excluent délibérément de l'étude toutes les personnes qui sont venues d'une organisation-source et qui sont allées dans une entreprise déjà établie. Peu importe l'impact qu'elles ont eu dans l'entreprise, ces personnes ou leurs activités ne sont pas considérées comme spin-offs.

Un spin-off est généralement la conséquence d'une organisation clairvoyante et d'un encouragement systématique donné par le management d'une institution aux esprits entrepreneurs à faire le grand saut et créer une entreprise.

Deux types d'entreprises n'entrent pas en considération dans l'inventaire des spin-offs. Celui, tout d'abord, provoqué par la mauvaise gestion d'une haute école ou d'un centre de recherche. Les chercheurs à vocation d'entrepreneurs sont déçus par leur institution et décident de la quitter pour rechercher un environnement plus dynamique et motivant. Plutôt que de frapper à la porte d'une autre institution de recherche ou une industrie pour y travailler, ils saisissent l'occasion de créer leur propre entreprise. Ces entrepreneurs-là prennent peu de risque professionnel car ils quittent une institution qui, tôt ou tard, connaîtra de graves difficultés. Ils ne sont en général pas assistés et encouragés par l'institution-source.

Le deuxième type d'entreprise n'entrant pas dans l'inventaire des spin-offs provient des collaborateurs, généralement directeurs ou cadres supérieurs qui sont remerciés par leur entreprise. Ces personnes ne deviennent pas des chômeurs grâce aux réserves financières dont ils disposent. Ils s'intitulent tout naturellement consultants et reçoivent généralement un ou deux mandats de courtoisie de leur ancien employeur pour atténuer la rigueur de la décision de licenciement. Ceux d'entre eux qui ont été remerciés à tort connaissent le succès dans leur activité de consultant, les autres vivent de leur rente.

Après avoir défini le terme "spin-off", Roberts s'est penché sur le problème de leur identification. Afin de rassembler des données de spin-offs, une liste des employés qui ont créé des entreprises doit être obtenue des anciens employeurs. Dans le cas du MIT, aucune étude n'avait été menée préalablement. En lieu et place, une généreuse

collaboration fut offerte à Roberts et ses collaborateurs, de la part des directeurs des différentes organisations du MIT, de l'Office des relations publiques, des départements juridiques et des organisations industrielles. De ces personnes, une première liste de noms de collaborateurs ayant quitté et présumément fondé une entreprise était obtenue. En utilisant cette liste comme base pour chaque cas, des noms additionnels de spin-offs ont pu être obtenus de deux façons: d'une part en conversant avec d'autres collaborateurs des organisations-sources, et d'autre part en questionnant les spin-offs connus. Tous ces chemins ont grandement facilité l'identification d'autres entreprises spin-offs. Dans le domaine des sciences sociales, cette méthode est connue comme une technique d'échantillonnage en boule de neige.

Il n'est pas évident d'obtenir des informations détaillées à propos des entrepreneurs et de leurs entreprises. Une interview bien structurée, basée sur un questionnaire détaillé, doit avoir lieu chaque fois que cela est possible. La personne collectant les données prend rendez-vous avec les entrepreneurs à l'origine de spin-offs afin de procéder à l'interview. Chaque fois qu'il est impossible de rencontrer personnellement l'entrepreneur, le préposé à l'inventaire envoie un questionnaire et cherche à obtenir les réponses par téléphone. Une ultime pratique est d'envoyer le questionnaire à l'entrepreneur et de lui laisser répondre aux questions à loisir. Cette méthode est utilisée seulement en cas d'échec des autres approches.

Le questionnaire doit couvrir les catégories suivantes d'information:

- Formation de l'entrepreneur, famille, éducation;
- Fonction de l'entrepreneur dans l'organisation-source et raisons de quitter cette dernière;
- Expérience de l'entrepreneur avant la création de son entreprise;
- Circonstances entourant la formation de l'entreprise;
- La croissance et les problèmes de l'entreprise;
- La politique de l'entreprise relative aux problèmes de marketing, des finances et du personnel;
- Utilisation de la technologie de l'organisation-source par la nouvelle entreprise;

Lors de l'inventaire du MIT par Roberts et ses collaborateurs, les interviews avec les nombreux entrepreneurs ont constitué la partie la plus intéressante et la plus longue de l'étude. La durée des interviews a varié de 1 à 2½ heures; certaines ont duré de 7 à 8 heures sur deux ou trois sessions. Les entrepreneurs ont marqué un réel plaisir à évoquer leurs débuts. Dans quelques cas rares, un créateur d'entreprise de haute technologie a refusé de fournir les informations, pour des raisons de confidentialité

plutôt que de manque de sympathie pour l'étude en question. Deux problèmes mineurs ont été rencontrés concernant les interviews. Le premier a été de trouver une première heure libre auprès d'entrepreneurs très occupés. Un bon nombre d'interviews ont eu lieu pendant le repas de midi ou après les heures ouvrables. Le second problème était la prise de notes durant l'interview. Un enregistreur a été utilisé dans beaucoup de cas.

Parfois, il n'est pas facile d'obtenir la participation d'entrepreneurs, particulièrement lorsque les entreprises de ces derniers sont en difficulté ou n'existent plus. La grande partie des entrepreneurs qui répondent aux questions sont ceux qui ont connu le succès.

Une ultime source d'information dans l'étude des spin-offs est constituée par le questionnaire pour superviseurs adressé aux personnes qui ont supervisé les activités d'un entrepreneur du temps où celui-ci travaillait dans l'organisation-source. Le but de ce questionnaire est de mesurer la perception du superviseur pour les qualités techniques, la créativité technique et les talents de manager du futur entrepreneur. En fait, le questionnaire des superviseurs se révèle très instructif pour les informations qu'il génère concernant les organisations-sources et leurs structures. Ce type d'étude est très intéressant pour l'évaluation d'organismes de recherche du domaine de la science et de la technologie.

## *2.8. Les services à l'industrie*

Une dernière possibilité d'évaluation de l'efficacité et de la qualité d'une institution de recherche consiste à faire l'inventaire de toutes les assistances techniques de cette dernière aux industries locales.

Une haute école ayant une activité propre de R/D a tout naturellement trois types d'activités vis-à-vis de l'extérieur. Tout d'abord, les professeurs de type A (voir avant-propos) exercent une activité de consultant auprès de l'industrie. Ils effectuent des visites périodiques au secteur privé. Ils proposent des projets de diversification, de nouveaux produits, de nouvelles technologies. En second lieu, les groupes de recherche entreprennent des études ciblées pour l'industrie. Ces projets, d'une durée bien définie, conduisent à la rédaction d'un rapport final, la fabrication de prototypes et la mise au point d'équipements. Lorsque le projet est un succès, un ou deux collaborateurs de l'institution reçoivent tout naturellement la possibilité de poursuivre leur effort chez le partenaire industriel. Ce transfert de spécialistes permet à l'institution de recherche de renouveler constamment ses collaborateurs avec l'apport de nouvelles idées que cela implique.

En troisième lieu, l'institution de recherche, grâce à un parc d'équipements souvent unique et moderne, sera sollicitée par l'industrie pour effectuer des interventions ponctuelles, des analyses, caractérisations, expertises etc. Ce type d'intervention, lorsqu'il est d'un haut niveau technologique est particulièrement apprécié des PME qui

ne disposent généralement d'aucun équipement sophistiqué. Lorsqu'il s'agit de travaux conventionnels de routine, c'est aux laboratoires du secteur privé d'en assurer le service.

### **3. LIMITATION DES CRITÈRES D'ÉVALUATION**

Chacun des sept critères évoqués dans cette étude présente des faiblesses et des qualités. Dans tous les cas, une longue période est nécessaire, après l'instant de la création d'une institution ou d'un groupe de recherche, pour appliquer un quelconque critère d'évaluation. Une période de 5 ans est généralement considérée comme acceptable. La solution idéale dans le choix d'un critère d'évaluation serait de considérer un "super critère" constitué de la combinaison subtile des 7 critères décrits précédemment. En pondérant chacun d'entre eux, il est possible, théoriquement, de donner une appréciation très objective de l'efficacité et la qualité d'activités de recherche. En pratique, l'usage d'un tel super critère demande un temps considérable dont personne ne dispose.

Comment décider de l'usage de l'un ou de l'autre des critères ? La situation économique peut constituer un élément important dans ce choix délicat. Considérons deux situations extrêmes. En période de forte croissance, le choix n'est pas critique. D'importants moyens financiers permettent d'effectuer des recherches dans de multiples domaines et à plusieurs endroits différents. Parmi le grand nombre de projets entrepris, plusieurs connaissent le succès et produisent d'importantes retombées économiques. Les contribuables dont les impôts ont financé la recherche, sont satisfaits de leur investissement. En période de récession, les moyens financiers sont réduits, le nombre de projets pouvant recevoir un financement décroît fortement. Des résultats économiques sont, à juste titre, demandés par les contribuables. Il faut obligatoirement faire une sélection parmi les groupes de recherche d'abord, et parmi les projets ensuite.

## **VI. EVALUATION DE GRANDES INSTITUTIONS DE LA SCIENCE ET DE LA TECHNOLOGIE**

### **1. INTRODUCTION**

Le premier problème qui se pose dans l'évaluation d'une institution de recherche scientifique ou d'un groupe de recherche est le choix du critère à utiliser. Dans le chapitre V, sept critères ont été présentés. Tous donnent une information significative concernant les activités de recherche; certains critères ne sont aucunement liés à des considérations économiques comme ceux relatant le nombre de publications ou de citations alors que d'autres attachés aux brevets, spin-offs et services à l'industrie impliquent des effets économiques.

Parmi les sept critères, deux sont retenus dans cette étude pour évaluer les institutions suisses de la science et de la technologie du secteur public. Le premier critère utilisé est celui de la production de publications combiné avec le critère de citations. Le terme "production" est ici correct car il indique bien que la publication est considérée comme le produit final de la recherche. Aucune considération n'est faite sur l'éventuelle valorisation des travaux relatés dans les dites publications. Une étude complète dans ce sens a été récemment effectuée par un groupe de chercheurs de l'Université de Bielefeld en Allemagne pour le compte du Conseil suisse de la science [WEINGART, STRATE, WINTERHAGER, 1992]. Les principaux résultats de cette étude seront présentés dans ce chapitre. Le deuxième critère utilisé, l'inventaire des spin-offs, constituera l'autre volet de l'évaluation, celui qui s'intéresse aux retombées économiques des investissements fait en Suisse par le secteur public dans le domaine de la science et de la technologie. Dans ce type d'évaluation, le produit de la recherche est concrétisé par la création d'entreprises et par conséquent de places de travail. Des références importantes seront faites à des institutions étrangères telles que le Massachusetts institut of technology et l'Université technologique Chalmers de Göteborg où une telle évaluation se fait de façon continue.

### **2. L'ÉVALUATION PAR LE CRITÈRE D'INVENTAIRE DE PUBLICATIONS**

L'analyse faite par l'Université de Bielefeld de la production suisse de publications en R/D de l'année 1990 révèle les grands traits du paysage scientifique suisse. L'étude

avait pour ambition de mettre en évidence la distribution de cette production par secteurs, par disciplines et par institutions. Pour ce faire les auteurs ont procédé au dépouillement systématique d'une année complète de la base de données "Science Citation Index (SCI)". Ils ont cherché ensuite à déterminer l'importance respective des trois grands secteurs que sont la recherche universitaire, la recherche industrielle et la recherche extra universitaire. La production des trois secteurs a été analysée dans son ensemble, puis en fonction des sites géographiques et des différentes institutions. Enfin, une "carte topographique du paysage scientifique suisse" a été dressée pour neuf grandes disciplines. On y retrouve, pour chacune d'entre elles, les principaux sites et institutions de recherche.

L'analyse bibliométrique a permis d'obtenir un tableau précis de la recherche en Suisse, tel qu'il se reflète dans le système de communication regroupant les 3200 revues scientifiques les plus influentes du monde. Les faits saillants de l'étude allemande sont les suivants:

- La grande majorité des publications suisses en recherche sont l'oeuvre d'auteurs travaillant dans l'une des cinq grandes villes de Zurich, Bâle, Genève, Lausanne et Berne. Un grand nombre d'autres sites ont une part, modeste, dans cette production.
- Les institutions publiques les plus fécondes en publications sont, comme on pouvait s'y attendre, les universités de Zurich, Genève, Bâle et Lausanne, les écoles polytechniques fédérales et le CERN.
- L'EPFL enregistre un accroissement lent mais continu de sa part entre 1977 et 1991. L'Université de Lausanne a également accru sa part de manière lente mais constante depuis le milieu des années 80. La part des autres grandes institutions de recherche est restée remarquablement stable au cours des 15 dernières années.
- Les institutions les plus fécondes en publications sont, par disciplines:

Revue pluridisciplinaires:

Universités de Zurich, Genève, Berne et Bâle, EPFZ

Médecine clinique:

Universités de Zurich, Genève, Berne, Lausanne

Recherche biomédicale (sans médecine clinique):

Université de Zurich, EPFZ, Universités de Bâle, Genève et Berne

Biologie:

EPFZ, Universités de Zurich, Bâle, Berne et Lausanne

**Chimie:**

EPFZ, Universités de Lausanne, Genève, Zurich et Bâle, EPFL, Université de Berne

**Physique:**

CERN, EPFZ, et EPFL, Université de Genève, PSI, Universités de Zurich, Berne et Bâle

**Sciences de la Terre:**

EPFZ, Universités de Genève, Berne, Lausanne, Bâle, EPFL

**Sciences de l'ingénieur:**

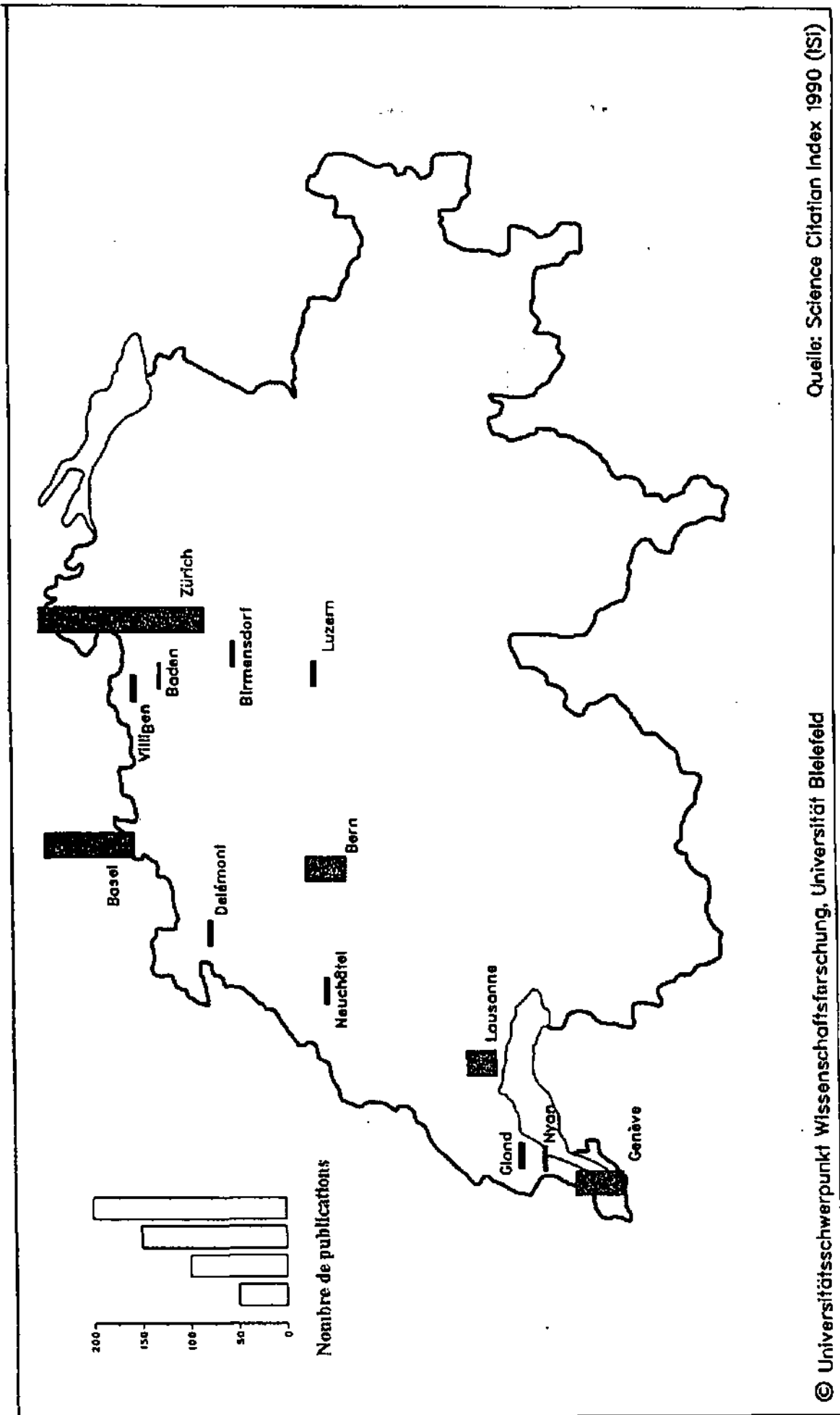
EPFZ, CERN, EPFL, PSI, Universités de Neuchâtel et Genève

**Mathématiques:**

EPFZ et EPFL, Universités de Genève, Bâle et Berne

- L'analyse de l'impact à court terme montre que parmi les travaux suisses, ce sont ceux publiés dans les revues pluridisciplinaires qui ont eu, et de loin, le plus grand impact. Ceci atteste l'importance d'une publication dans des revues comme SCIENCE et NATURE. Le retentissement est particulièrement fort à l'échelle internationale: les taux de citation s'accroissent sensiblement suite à une telle publication.
- Des taux élevés de citation à court terme ont été enregistrés par des publications suisses surtout dans les domaines de la physique et de la biochimie. Certaines publications ont fait l'objet en peu de temps de plus de 100, voire 200 citations.
- Dans plusieurs disciplines, seul un petit nombre de publications sont restées sans citation. En physique, au début de 1992, un tiers seulement des publications parues en 1990 étaient restées sans citation.
- Les taux moyens de citation relativement élevés pour les Universités de Neuchâtel et Lausanne montrent que l'indicateur de citation est, en principe, indépendant de l'indicateur de publications: même les publications émanant d'institutions petites et moins fécondes peuvent produire un grand impact.

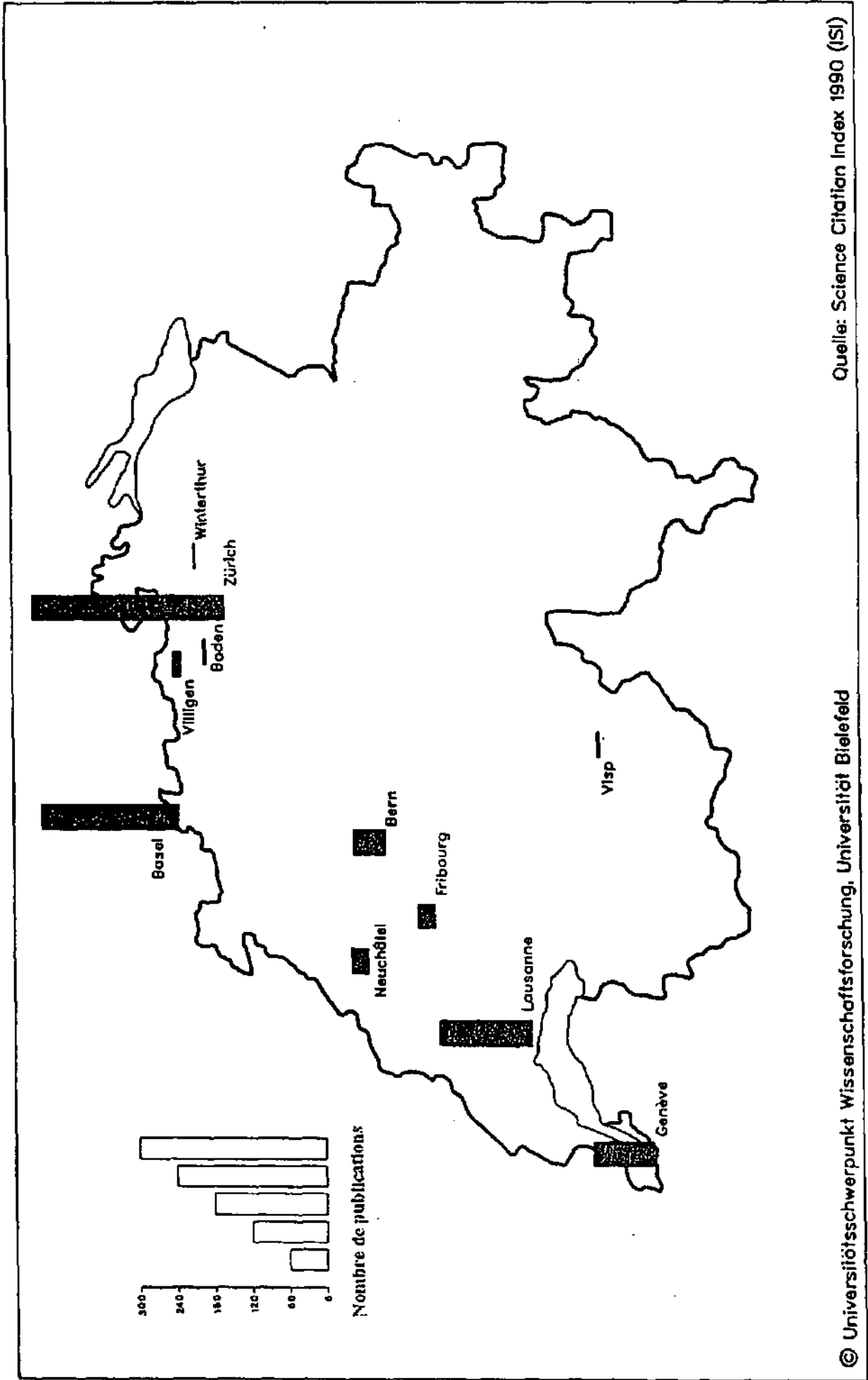
Les figures 8 à 13 donnent la répartition géographique du nombre de publications en biologie, chimie, physique, sciences de la Terre, sciences de l'ingénieur et mathématiques. Le pourcentage respectif de publications figurant dans le "Science Citation Index (SCI)" de chacune des institutions suisses est représenté graphiquement dans les figures 14 et 15.



© Universitätsschwerpunkt Wissenschaftsforschung, Universität Blefeld

Quelle: Science Citation Index 1990 (ISI)

FIGURE 8: Nombre de publications suisses en biologie, en 1990, d'après le "Science Citation Index" [WEINGART, STRATE, WINTERHAGER, 1992]



Quelle: Science Citation Index 1990 (SI)

© Universitätsschwerpunkt Wissenschaftsforschung, Universität Bielefeld

FIGURE 9: Nombre de publications suisses en chimie, en 1990, d'après le "Science Citation Index" [WEINGART, STRATE, WINTERHAGER, 1992]



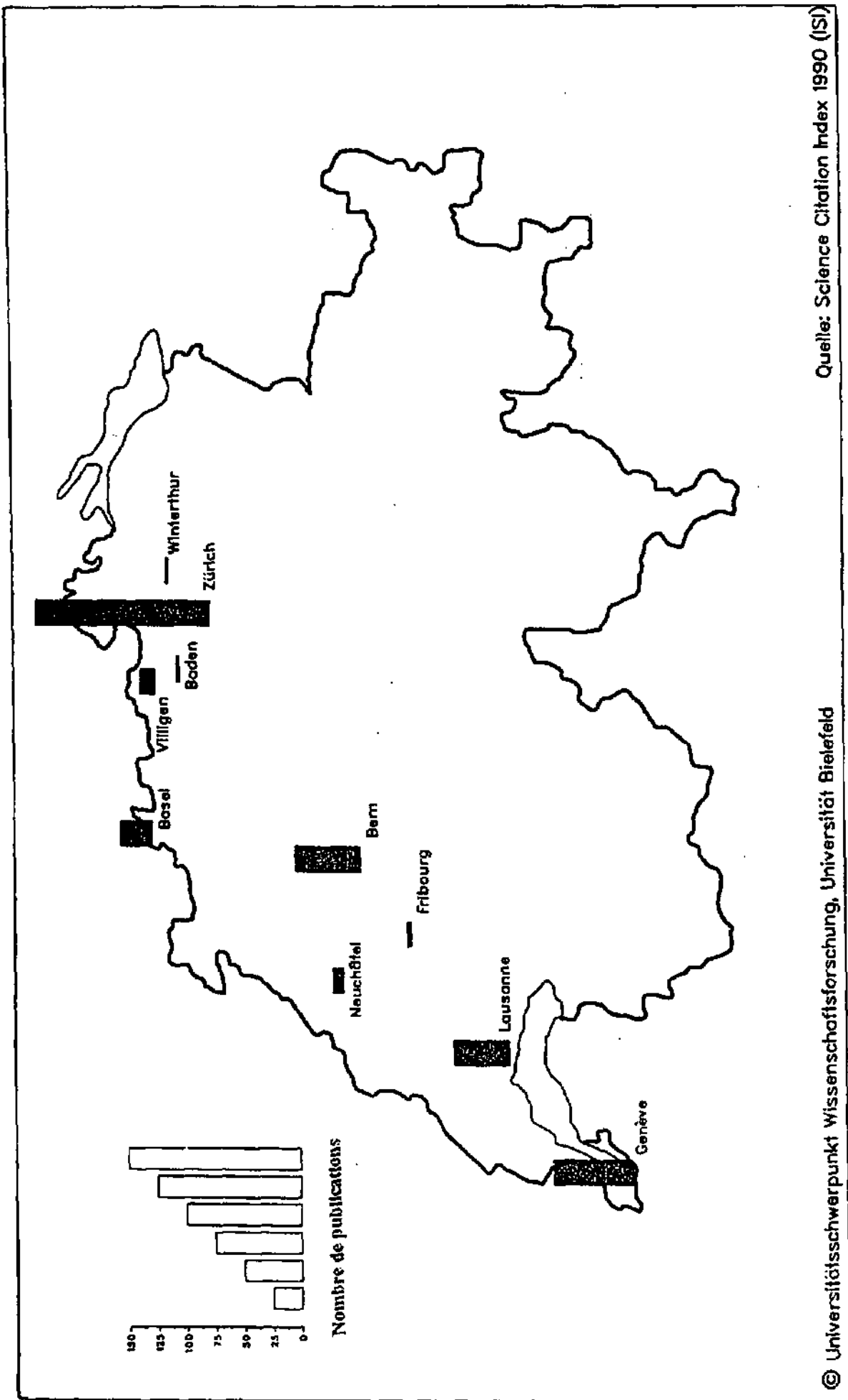


FIGURE 11: Nombre de publications suisses en sciences de la Terre, en 1990, d'après le "Science Citation Index" [WEINGART, STRATE, WINTERHAGER, 1992]

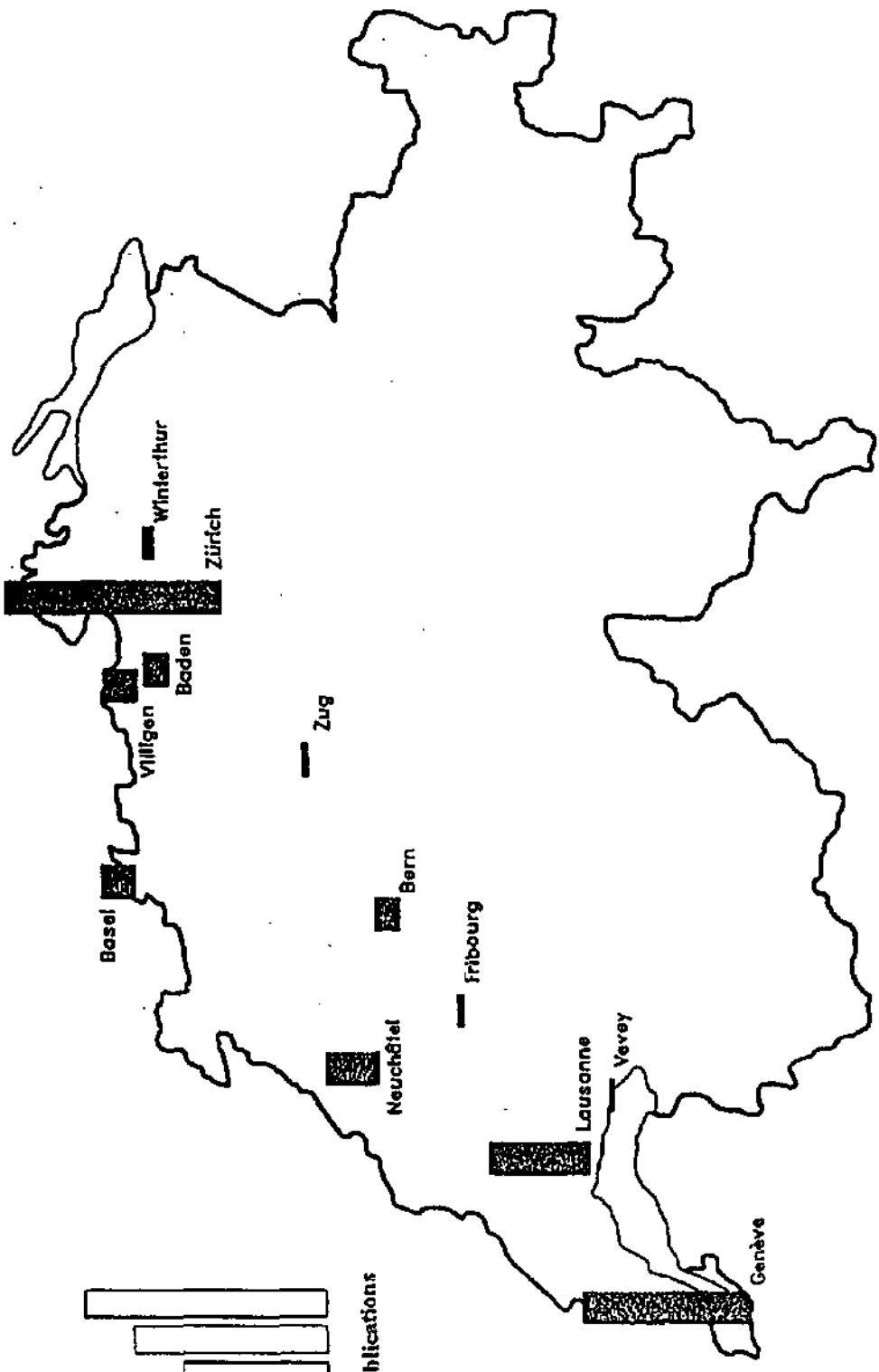
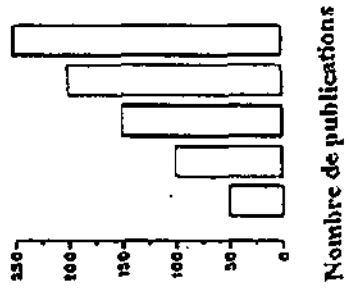


FIGURE 12: · Nombre de publications suisses en sciences de l'ingénieur, en 1990, d'après le "Science Citation Index" [WEINGART, STRATE, WINTERHAGER, 1992]

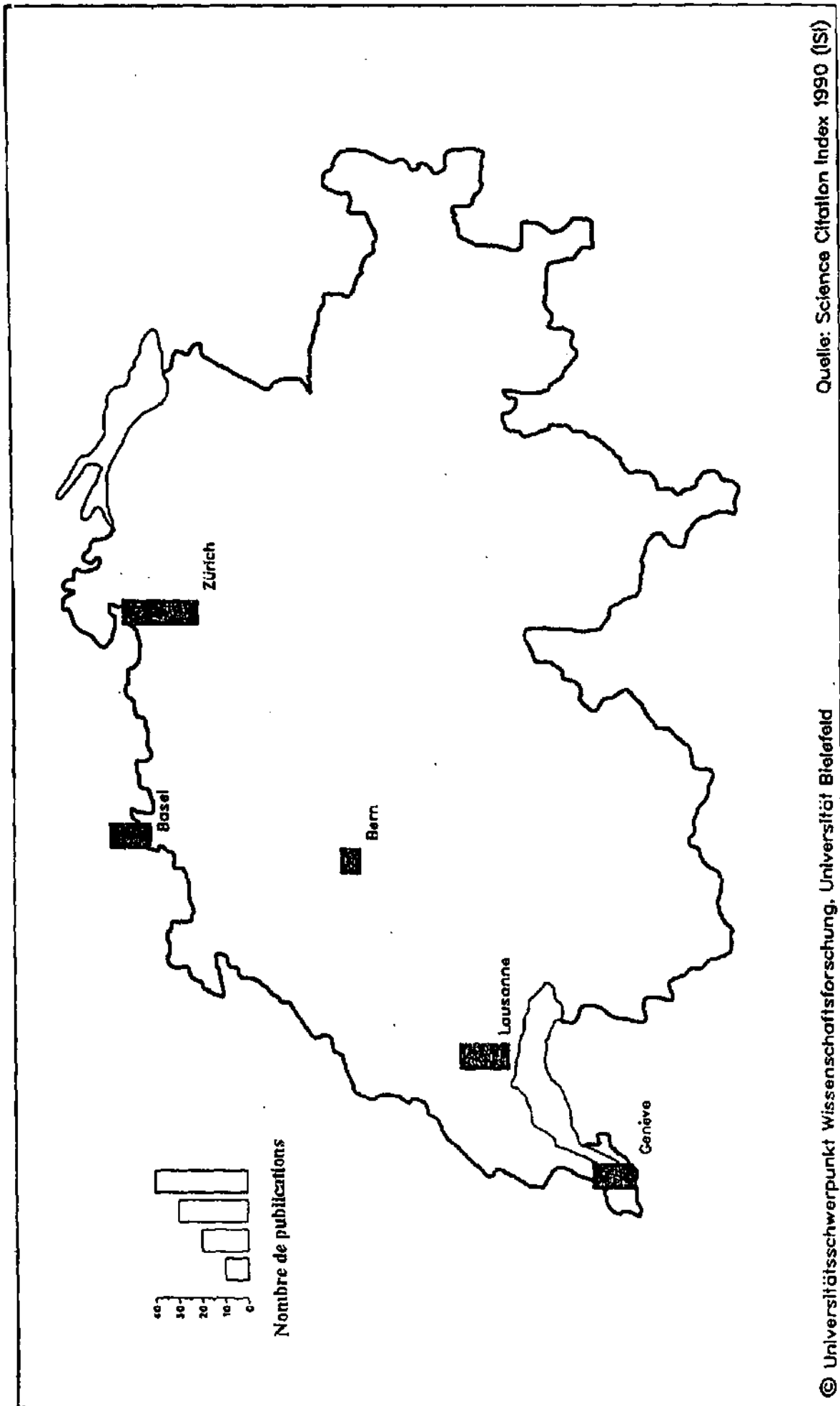
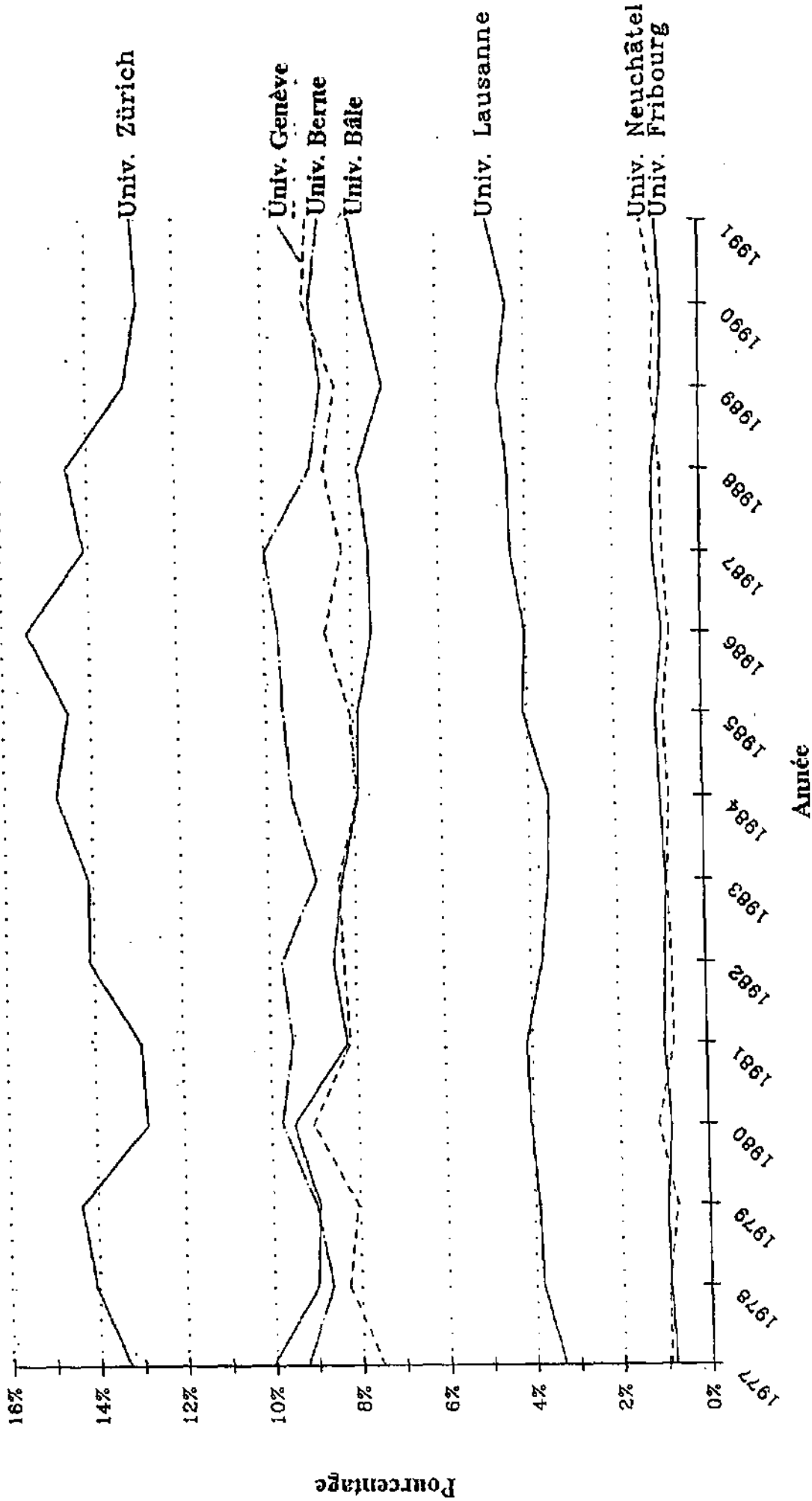


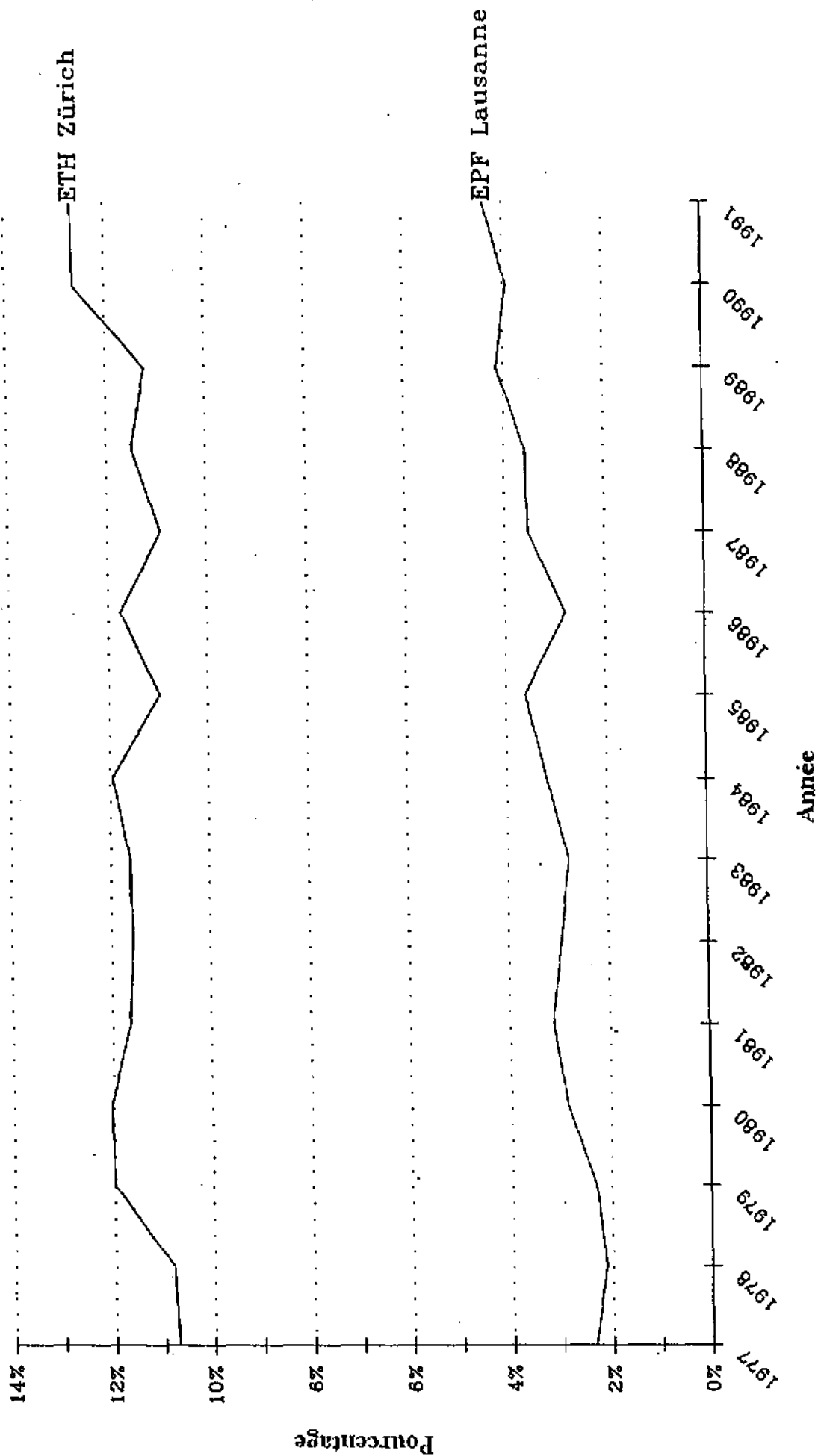
FIGURE 13: Nombre de publications suisses en mathématiques, en 1990, d'après le "Science Citation Index" [WEINGART, STRATE, WINTERHAGER, 1992]



Quelle: SCISEARCH ISI/DDMDI

Universitätsforschungszentrum Wissenschaftsforschung, Universität Bleisfeld

FIGURE 14: Pourcentage des publications suisses des universités, de 1977 à 1991, d'après le "Science Citation Index" [WEINGART, STRATE, WINTERHAGER, 1992]



Quelle: SCISEARCH ISI/DUMDI

Universitätschwerpunkt Wissenschaftsforschung, Universität Bleisfeld

FIGURE 15: Pourcentage des publications suisses des écoles polytechniques, de 1977 à 1991, d'après le "Science Citation Index" [WEINGART, STRATE, WINTERHAGER, 1992]

Cette étude donne une information utile sur l'effort effectué par les principales institutions suisses dans les diverses disciplines. Il faut rappeler que le SCI regroupe 3200 périodiques de qualité très inégale pour lesquels les exigences scientifiques d'acceptation, les temps d'examen, la périodicité et les tirages varient également. Chacun de ces paramètres revêt une importance particulière pour l'auteur d'une publication qui choisira l'édition qui répond le mieux à son désir. Les travaux de très grande portée n'apparaissent pas forcément dans les revues les plus prestigieuses. Au contraire, le ou les auteurs choisissent des revues à courts délais d'examen afin de réduire la probabilité de fuite durant cette délicate phase du processus de publication.

Le groupe de l'Université de Bielefeld s'est également intéressé aux citations se rapportant à des publications suisses. Pour chaque discipline, les quatre informations suivantes sont données:

- a: Le nombre de publications (= nombre maximum de citations possibles) inventoriées en 1990
- b: Le plus grand nombre de citations par publication (il s'agit d'une valeur maximale)
- c: Le nombre moyen de citations obtenu par publication
- d: Le pourcentage de publications non citées

Le tableau 5 indique les valeurs de a, b, c, d correspondants à neuf domaines des sciences techniques alors que le tableau 6 indique ces valeurs non plus en fonction des domaines d'activité mais de la provenance des publications. Une valeur très significative de ces deux tableaux est c, le nombre moyen de citations par publication. Ainsi que le montrent les tableaux 5 et 6, les valeurs de c sont inférieures à 3, avec une valeur moyenne comprise entre 1 et 2. Il est raisonnable de penser que chaque groupe de recherche est constitué, au minimum, de deux chercheurs et que chaque chercheur fait une publication (dans un des 3200 périodiques du SCI) par an. Il est raisonnable de penser que chaque chercheur va citer, dans sa publication, celle de son collègue préoccupé par les mêmes problèmes. Les tableaux 5 et 6 indiquent aussi (colonne d) que 50 pour cent des publications ne sont pas citées (à court terme puisque l'enquête a lieu sur un an). Avec ces hypothèses, on totalise déjà une valeur moyenne de citation de un demi. Si les groupes de recherche sont constitués de 3 ou 4 chercheurs, il est facile d'atteindre la valeur de une citation par publication.

Il faut rappeler aussi le cas des professeurs et chercheurs de type B (voir avant-propos) qui publient 2 ou 3 publications par an, les publications se citant mutuellement. Avec toutes ces considérations, il est possible d'expliquer la grande partie des citations sans faire appel à des publications indépendantes de celles citées.

<b>DISCIPLINES</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>d</b>
Domaine pluridisciplinaire	189	80	2.7	43.4
Médecine clinique	3998	81	1.1	57.1
Biomédecine	1222	118	2	39.4
Biologie	470	81	1	54.7
Chimie	940	28	1.1	45.5
Physique	1748	228	2.1	36.3
Sciences de la Terre	401	35	1	49.1
Sciences de l'ingénieur	780	38	0.8	57.7
Mathématiques	103	7	0.6	64.1

**TABLEAU 5:** Citations des publications suisses en 1990, en fonction des domaines scientifiques  
[WEINGART, STRATE, WINTERHAGER, 1992]

<b>INSTITUTIONS</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>d</b>
PSI	192	228	2.9	43.8
Université de Bâle	781	81	2.1	47
Université de Genève	1006	95	2	49.5
Université de Neuchâtel	110	21	1.5	38.2
Université de Lausanne	669	57	1.5	49.8
Université de Zurich		29	1.4	51.7
EPFZ	1095	57	1.3	47.9
EPFL	342	27	1.2	49.1
Université de Berne	820	34	1.1	53.8
EAWAG	70	9	1	41.4
Université de Fribourg	75	8	0.9	54.7
EMPA	6	2	0.8	33.3

**TABLEAU 6:** Citations des publications suisses en 1990, en fonction des institutions  
[WEINBERG, STRATE, WINTERHAGER, 1992]

Il est très difficile de tirer des conclusions de cette étude sur la qualité de nos institutions, en particulier si l'on se rapporte aux chiffres des citations. Les auteurs avertissent eux-mêmes le lecteur du danger élevé de conclusions hâtives. Ils estiment qu'il serait abusif de s'en servir comme unique référence.

Pour tirer des informations plus significatives, il aurait peut-être fallu se référer aux groupes de recherche plutôt qu'aux institutions. En effet, un groupe très performant voit, dans cette étude, ses résultats noyés dans des valeurs moyennes. L'unité d'activités de recherche n'est pas l'institution mais le groupe de recherche et c'est à ce niveau que l'étude bibliométrique pourrait être faite. Elle ferait apparaître de grands écarts entre les différents groupes. Il est très probable que le nombre de citations, auquel on aurait soustrait les citations non-indépendantes, correspondrait à un certain niveau de qualité du groupe. Il faudrait encore s'assurer qu'aucune citation inventoriée d'une publication n'a été faite pour mentionner des erreurs, des lacunes ou des contrevérités contenues dans cette dernière. Ces précautions nécessaires rendent le travail d'évaluation long et complexe. Pour comparer globalement différentes institutions selon ce critère, il faudrait pondérer chacune de ces institutions suivant les budgets qui leur sont accordés. D'autre part, une période de un an pour l'observation de citations est courte. Une durée de deux ans est certainement plus significative.

Il serait intéressant de compléter cette étude allemande par l'établissement du nombre de publications par franc investi et par groupe de recherche. On pourrait alors établir une éventuelle corrélation entre le nombre de publications et l'efficacité des groupes de recherche. Il faudrait estimer le coût de chaque groupe de recherche, sans omettre les frais d'administration, d'implantation et de locaux. Il est probable que ces informations ne soient pas connues ou même estimables par les responsables des diverses institutions de recherche, par conséquent une telle démarche n'est vraisemblablement pas possible si l'on étudie une période du passé. Par contre, une telle analyse pourrait être faite, à l'avenir, si les responsables tenaient une comptabilité réelle pour chaque groupe de recherche.

Il faut rendre hommage aux auteurs de l'étude, mandatés par le CSS, qui ont effectué un travail important. Le simple fait d'avoir montré qu'une évaluation basée sur l'inventaire des publications et citations était très difficile à interpréter, apporte déjà un élément utile dans la recherche du meilleur critère d'évaluation.

### **3. EVALUATION PAR LE CRITÈRE D'INVENTAIRE DES SPIN-OFFS**

#### *3.1. Introduction*

Ce n'est pas le but de cette étude d'évaluer toutes les institutions scientifiques et technologiques de la Suisse. Quelques-unes des principales seront prises en

considération. Dans l'ensemble, il faut relever la diligence et la collaboration des services administratifs concernés qui mettent très volontiers à disposition toutes les informations qu'ils détiennent à ce sujet. Bien que constituant la fierté de toute institution ou tout groupe de recherche, les spin-offs en Suisse n'ont fait l'objet que d'une seule évaluation, à l'EPFZ. Leur nombre très réduit explique certainement cette lacune. Aucun inventaire de spin-offs n'est fait dans ce chapitre; il se contentent de rapporter les informations existantes disponibles. Vu le petit nombre de spin-offs présumés de chaque institution suisse, l'établissement d'un inventaire n'est pas nécessaire. L'état de situation de deux institutions étrangères (le MIT de Cambridge, USA et l'Université technologique de Chalmers de Göteborg, Suède) sera donné par comparaison.

### *3.2. L'Ecole polytechnique fédérale de Zurich (EPFZ)*

L'Ecole polytechnique fédérale de Zurich est certainement l'institution suisse la plus prestigieuse. Elle est connue dans le monde entier. Une grande partie de sa notoriété a été acquise pendant et après la deuxième guerre mondiale jusque dans les années soixante, période durant laquelle des savants mondialement connus y ont enseigné et fait de la recherche. Si cette génération de pionniers de la science a maintenant quitté cette institution, quelques groupes de recherche sont restés au front des connaissances scientifiques, ce qui a valu à leurs responsables, différentes distinctions dont quelques prix Nobel.

L'EPFZ a été fondée en 1855. Elle comprend 290 professeurs, 3800 collaborateurs scientifiques, 11'500 étudiants, 90 unités de recherche réparties dans 19 départements. En 1991 elle a disposé de 580 millions de francs de fonds publics, pour la recherche et l'enseignement (340 millions de francs pour la recherche). De l'industrie et de fonds provenant de l'économie, elle a reçu 45 millions de francs. Quatre instituts fédéraux lui sont associés; il s'agit de l'Institut Paul Scherrer (PSI), de l'Institut de recherches sur la forêt, la neige et le paysage (FNP), du Laboratoire d'essai des matériaux et Institut de recherches pour l'industrie, le génie civil et les arts et métiers (EMPA), de l'Institut pour l'aménagement, l'épuration et la protection des eaux (IFAEPE). Ces instituts réunis comptent plusieurs milliers de chercheurs.

L'EPFZ s'est intéressée aux spin-offs issus de ses rangs et de ses instituts associés et il faut lui en rendre hommage. Elle a même consacré une édition spéciale de son journal interne [McQUEEN, 1991] à ce sujet. Cette étude a été suggérée et menée par un économiste suédois de talent, D.H. McQueen du Chalmers Innovation Center de Göteborg, visiteur de l'EPFZ en 1991.

Dans son étude, D.H. McQueen a défini les spin-offs comme suit: "C'est une entreprise nouvelle qui offre des produits ou des services résultant de travaux de recherche de l'EPFZ et instituts associés, et comprenant dans ses membres fondateurs au moins une personne ayant participé au développement de la technologie à l'EPFZ ou d'un de ses instituts associés". Cette définition est en bon accord avec celle de E.B.Roberts. La

vente, par l'EPFZ, d'une licence permettant la fabrication d'un nouveau produit par une entreprise déjà établie ne constitue pas un spin-off. La figure 16 représente la création de spin-offs à l'EPFZ de 1971 à 1990. La figure 17 donne le chiffre d'affaires des spin-offs en fonction du nombre d'employés.

Dans l'étude, trente spin-offs ont été dénombrés de 1971 à 1990. Tous ne sont pas forcément encore en activité. La majorité des spin-offs ont été créés par des scientifiques en possession d'un doctorat, d'âge moyen de 30-31 ans. Douze spin-offs proviennent d'instituts du domaine de l'électrotechnique, seize autres sont issus des domaines de la physique, de la construction de machines, de la chimie et de la construction. Une firme est du domaine de l'architecture. Aucun des spin-offs ne produit de biens de consommation. Il est aussi à noter qu'aucune entreprise de capital-risque n'a investi dans un spin-off de l'EPFZ. En 1990, les spin-offs employaient 455 personnes. Dans l'étude de l'EPFZ, il est indiqué que probablement les deux tiers des spin-offs ont été inventoriés. Le tiers restant n'a pas encore été identifié ou préfère garder un profil bas. Il est donc raisonnable de penser que quarante-cinq spin-offs de l'EPFZ ont été créés entre 1971 et 1991.

### 3.3. *L'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL)*

C'est en 1853 que l'on assiste à la création de l'Ecole spéciale de Lausanne, institution privée de niveau universitaire [EPFL, 1992]. En 1869, cette dernière est incorporée à l'Académie de Lausanne, sous le nom de Faculté technique. En 1890, l'Académie se transforme en Université et la faculté technique devient une section de la faculté des sciences sous le nom d'Ecole d'ingénieurs. En 1942, l'Ecole d'ingénieurs est reconnue indépendante de la faculté des sciences. Cette même année, elle est complétée par une Ecole d'architecture. En 1946, les deux écoles prennent le nom d'Ecole polytechnique de l'Université de Lausanne (EPUL), établissement officiel de l'Etat de Vaud, autonome dans le cadre de l'Université. Pour répondre au souhait de la Suisse romande de disposer d'une école polytechnique fédérale de langue française, l'EPUL change de statut en 1969 et devient l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL).

Grâce à une situation économique très favorable en Suisse, l'EPFL a connu une expansion extraordinaire de 1969 à 1991, du point de vue des effectifs et des moyens financiers. De 1980 à 1991, le nombre d'étudiants et doctorants a plus que doublé pour atteindre le chiffre de 3903, dont 21 pour cent sont des étrangers. En 1991, l'EPFL a disposé de 350 millions de francs de fonds publics. Le rayonnement de l'EPFL s'étend surtout en Suisse romande à qui elle fournit un grand nombre d'ingénieurs.

# Spin-offs de l'EPFZ

1971-1990

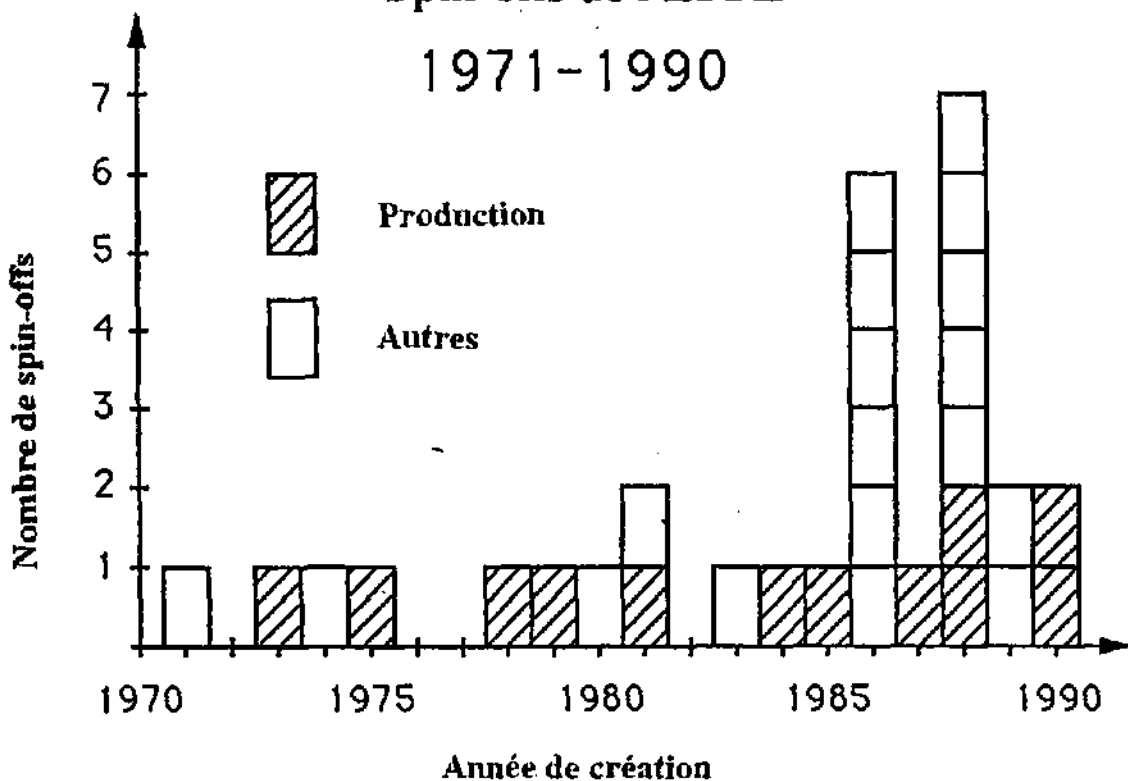


FIGURE 16: Création de spin-offs à l'EPFZ, de 1971 à 1990 [McQUEEN, 1991]

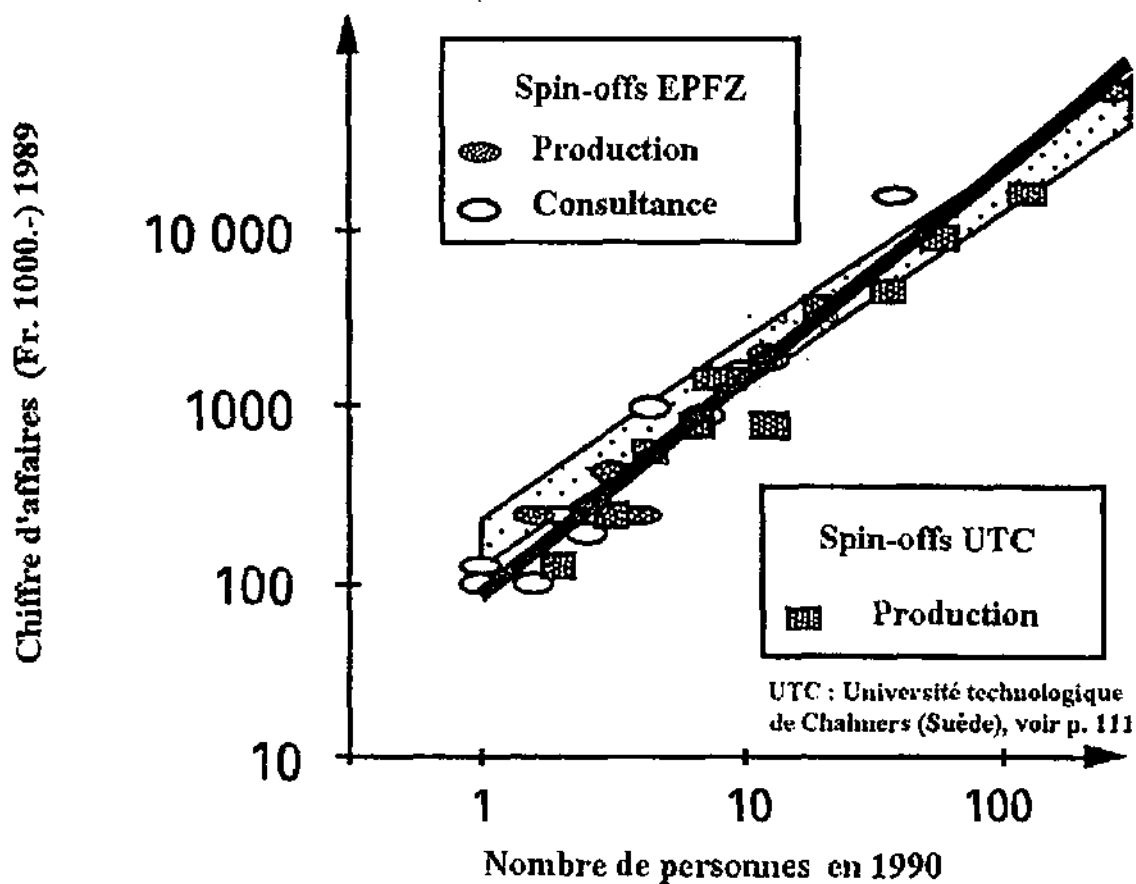


FIGURE 17: Chiffre d'affaires des spin-offs de l'EPFZ en fonction du nombre d'employés [McQUEEN, 1991]

Aucune étude n'a été faite par l'EPFL pour dénombrer ses spin-offs. Il est difficile de citer une grande entreprise technologique typiquement créée par un ou plusieurs collaborateurs de l'EPFL venant directement de cette dernière, avec une technologie nouvellement développée. Il y a certainement quelques bureaux d'ingénieurs dans le domaine de l'architecture et le génie civil, toutefois ce type de spin-offs est normal et ne devrait pas être considéré dans l'évaluation. On peut probablement estimer à une vingtaine le nombre d'entreprises créées par des collaborateurs de l'EPFL, entre 1969 et 1991, ces dernières devant encore être identifiées. L'EPFL effectue un grand nombre de services pour l'industrie locale. En 1991, le CAST (le Centre d'appui scientifique et technologique de l'EPFL) a répondu à plus de 1000 sollicitations émanant des milieux industriels et économiques, allant du simple renseignement à l'accompagnement d'une démarche scientifique [EPFL, 1991 et CAST, 1991]. Le CAST serait l'organisation toute indiquée pour inventorier les spin-offs de l'EPFL. De nombreuses études ont été faites de la région lémanique en tant que métropole technologique [IREC, 1991 et 1992], cependant aucun inventaire des spin-offs n'a été fait. Il est clair que l'EPFL, par son impressionnant parc d'équipements ultramodernes et ses scientifiques constitue une assistance précieuse pour toutes les entreprises technologiques de la région lémanique en particulier. Ces services vont de soit; ils peuvent être développés de façon considérable en motivant les intéressés (voir chapitre VIII.2.7).

### 3.4. *Les universités*

L'enseignement est certainement la tâche principale des universités. Aucun spin-off n'est attendu d'une telle mission. Si toutefois elles entreprennent, aux frais de la communauté, des activités de recherche, des spin-offs sont alors souhaités.

Les sept universités suisses comptent sept facultés des sciences qui conduisent toutes des travaux de recherche à côté des tâches d'enseignement. De ces facultés, aucun inventaire de spin-offs n'est connu. Il se monte probablement à quelques unités. Il faut rappeler ici la loi fédérale sur l'aide aux universités [LAU, 1968] qui stipule le rôle des universités sur la croissance économique.

De très intéressantes initiatives ont été prises, ces dernières années, par les universités pour collaborer avec d'autres institutions de recherche en science et technologie (voir chapitre VII). Ces collaborations vont certainement créer les conditions nécessaires à l'apparition de spin-offs.

### 3.5. *Les Programmes nationaux de recherche (PNR)*

S'il est normal de s'intéresser aux institutions qui donnent naissance à des spin-offs, il en est de même pour les grands programmes nationaux de recherche PNR. Ceux-ci sont créés pour répondre aux besoins de l'économie, par conséquent il est impératif de se pencher sur leurs résultats.

C'est en 1975 qu'ont été lancés les programmes nationaux de recherche, série après série. En 1990, la 6ème série des PNR (no 30 à 35) était définie. Il faut rappeler que les PNR ont pour objectif de fournir des résultats transposables dans la pratique dans un délai de cinq ans. Chaque série, à vocation fortement économique, dispose d'un important budget, soit 74 millions de francs pour la 6ème.

Il n'existe aucune étude identifiant les éventuels spin-offs générés à partir des PNR. Ceux-ci sont certainement peu nombreux. Il est possible d'expliquer le faible impact économique de ces programmes en étudiant l'un d'entre eux dans le détail. L'exemple choisi est l'important PNR 19, consacré aux matériaux modernes. Il est intitulé: "Matériaux pour les besoins de demain".

Le domaine des matériaux est d'importance stratégique pour tous les pays industrialisés. Une haute priorité leur est consacrée. Le PNR 19 a été mené de 1986 à 1991, avec un budget de 16 millions de francs. Il a été défini comme suit par ses responsables [PNR, 1990] : "Le but général du programme a été délibérément formulé de façon large afin que, outre les hautes écoles, les entreprises, notamment les PME hautement spécialisées, puissent soumettre des projets de recherche innovateurs. Le programme se propose de promouvoir le développement de matériaux ayant un haut degré d'affinage et de procédés permettant l'amélioration de leur utilisation et de leur mise en valeur en fonction des besoins futurs de l'industrie suisse. Certaines priorités ont été fixées pour les domaines des matériaux où la Suisse est à l'avant-garde sur le plan international (matériaux composites et fonctionnels, céramique spéciale); il s'agit de maintenir cette avance et de la transposer rapidement dans de nouvelles technologies".

Au terme du programme, en 1992, il est permis d'affirmer qu'aucun produit, aucune place de travail dans le secteur privé, aucun spin-off n'a été généré par le Programme national de recherche no 19. A la lecture du but général de PNR, cela n'est pas surprenant. Dans un tel cas, il est important d'analyser le projet afin d'identifier les raisons de cette absence de résultat.

L'historique du projet "Matériaux pour demain" a été le suivant [PNR, 1991]:

- |                            |   |
|----------------------------|---|
| Octobre 1983:              | Décision du Conseil fédéral de lancer quatre séries de programme de recherche |
| Février 1984:              | Constitution d'un groupe d'experts "Matériaux"                                |
| Eté 1984:                  | Etablissement d'un plan d'exécution   |
| Octobre 1984:              | Acceptation de ce plan par le Conseil fédéral, avis d'appel d'offres          |
| Janvier à<br>Juillet 1985: | Evaluation de 114 esquisses et requêtes                                       |

Août à  
 Octobre 1985: Autorisation de 23 requêtes par le Conseil de la recherche  
  
 Automne 1985: Début du projet PNR 19  
  
 Novembre 1986: Demande d'un supplément de 4 millions de francs  
  
 Septembre 1987: Acceptation de la demande par le Conseil fédéral  
 Été 1991: Fin du projet PNR 19

Ainsi, il aura fallu un an, à partir de la décision du Conseil fédéral, pour constituer un groupe d'experts et lancer l'appel d'offre. Sept mois ont été nécessaires à l'évaluation des 114 requêtes. Des 114 esquisses, 23 ont été retenues. Pour un budget de 16 millions de francs, cela donne une subvention moyenne annuelle de 140'000 francs, pendant cinq ans, à chacun des projets. Cette somme représente au mieux le coût annuel d'un scientifique, sans aucun investissement. Un tel effort, attribué à 23 projets, ne peut conduire, à l'évidence, à aucun succès économique.

Pourquoi 23 projets ont-ils été retenus ? Cela n'est pas dû à l'excellence toute particulière des requêtes. En fait, cela provient de l'absence d'une vision claire des besoins de la Suisse dans le domaine des matériaux. Plutôt que de créer un centre d'excellence dans un domaine spécifique où la Suisse pouvait se spécialiser, on a dispersé la totalité des fonds prévus par le programme, à tous les acteurs du monde des matériaux de Suisse. Des allocations sont attribuées, entre autres, à des projets intéressants des entreprises dont dépendent les experts. Quelques-uns des experts du programme connaissant bien le domaine des matériaux ont essayé, sans succès, d'éviter l'obligatoire dispersion des moyens financiers.

A la lecture de la définition, ci-dessus, des buts du projet, il est frappant de constater la surévaluation de l'état de la technologie des nouveaux matériaux en Suisse. En aucun cas la Suisse n'est à l'avant garde sur le plan international dans les domaines des matériaux composites, fonctionnels et des céramiques spéciales. Au contraire, un important retard est constaté par tous les professionnels. Lorsqu'un programme national démarre sur une telle hypothèse de départ, il n'est pas surprenant que l'effort déployé reste sans suite.

Le budget très important de 16 millions de francs aurait pu permettre de créer, en Suisse, un noyau d'une nouvelle famille d'industries des matériaux, noyau qui aurait donné naissance à des spin-offs et peut-être à une grande industrie de remplacement à la métallurgie en déclin.

Le chef de programme national de recherche est responsable du succès ou de l'échec de ce dernier. Les experts, tous parties prenantes des subventions du Fonds national, n'ont guère d'intérêt à signaler les carences d'un programme. Ils espèrent tout naturellement continuer de recevoir un financement de leur activité courante de recherche. A la

séance de clôture du Programme national 19, à l'EPFL, les principaux acteurs de ce dernier se sont félicités du succès du programme. Aucun intéressé ne s'est inquiété de l'absence de retombées économiques de l'important investissement effectué. Un rapport final a satisfait tous les responsables. Il rapporte, comme gage de succès du programme, la liste des publications faites dans son cadre. Aucune mention n'est faite des éventuelles retombées économiques ou des causes de leur inexistence, ce qui est regrettable.

Un travail considérable est à faire, en profondeur, pour donner un tant soit peu d'efficacité aux efforts de R/D. Dans aucun document, il n'est indiqué une quelconque déception à l'analyse des résultats du PNR 19. Ce qui est arrivé au PNR 19 est certainement représentatif d'une majorité d'autres PNR.

Quelques remarques peuvent être faites au sujet d'un autre programme national, le PNR 30 consacré à la supraconductivité à haute température. Ce programme fait partie de la 6ème série. Un budget de 15 millions de francs y est consacré, réparti sur 28 projets d'une durée de 3 ans.

Le domaine de la supraconductivité à haute température est né de la découverte à IBM Rüschlikon, en 1986, de céramiques supraconductrices [Müller, Bednorz, 1987]. A cette époque, deux ou trois groupes de recherche universitaire, en Suisse, avaient une activité dans ce domaine. Il était donc facile de ne pas disperser les fonds attribués après la découverte des chercheurs d'IBM et de les concentrer sur les seuls groupes possédant les connaissances fondamentales nécessaires. En un temps record, les politiciens ont libéré d'importants crédits pour la recherche dans ce domaine et il faut les en féliciter. Jamais une décision concernant la R/D suisse n'avait été aussi rapide. Un appel d'offre a été lancé et des quantités de nouvelles vocations se sont alors manifestées. Plusieurs dizaines de requêtes venant de tous bords ont reçu les premières subventions. La diversité des équipes de recherche est certainement une bonne chose toutefois elle n'a de sens que si les groupes constitués dépassent la masse critique nécessaire à toute activité dépendant d'importants moyens technologiques. Le phénomène de dispersion s'est encore accentué lors des appels suivants.

Le domaine de la supraconductivité était le champ idéal pour innover dans l'attribution des crédits publics. En concentrant les spécialistes des deux ou trois groupes en un seul laboratoire et en donnant à ce dernier les moyens de faire de grands progrès, une nouvelle industrie aurait peut-être pu naître en Suisse, avec création de places de travail. Il est douteux de penser qu'un quelconque spin-off ne naisse des 28 projets du PNR 30.

Il faut bien sûr se réjouir de l'existence du Fonds national suisse de la recherche scientifique qui est un des organismes majeurs de financement de la R/D dans les hautes écoles. La tâche du FNRS n'est pas de gérer ou suivre des projets de R/D mais plutôt d'attribuer des fonds, la responsabilité de la gestion de ceux-ci incombant aux bénéficiaires. Cette situation peut conduire à des carences importantes telles que celle

liée à l'important projet "LIDAR". Le très bon journal "Beobachter" en a fait l'analyse dans un de ses numéros [BEOBÄCHTER, 1991].

A l'origine, l'idée de construire un appareil mobile qui pourrait analyser la composition des gaz de l'atmosphère était excellente. Le "LIDAR" est une abréviation de "Light Detection and Ranging". Ce projet s'inscrit dans le programme national 14 intitulé "Cycle et pollution de l'air". Il a été, pendant quelque temps, la fierté de l'EPFL et du Fonds national. Les médias en ont largement parlé. Après l'engagement de plus de 540'000 francs par le Fonds national, le partenaire industriel du projet, la SMH a entrepris une étude de marché pour se rendre compte que cet instrument, avec ses performances, n'intéressait plus personne. La SMH et les chercheurs de l'EPFL se sont éloignés du projet et les équipements, constitués de lasers sophistiqués associés à une importante électronique, le tout aménagé dans un camion, ont été convoités par d'autres responsables de projets de l'EPFL. Dans un premier mouvement, les équipements ont été démantelés et sortis du véhicule. Ce dernier a fait le bonheur de l'intendance de l'EPFL qui l'utilisent comme camion de transport de marchandises. Depuis les révélations des journalistes, des scientifiques responsables ont repris le projet de façon sérieuse et prometteuse. Il faut remercier et féliciter ici la vigilance des médias dans un domaine difficile d'accès.

### 3.6. *Le Massachusetts Institute of Technology (MIT)*

Il est intéressant de comparer les résultats de nos hautes écoles et instituts de recherche avec des institutions étrangères. Il est certain que le MIT est une des institutions les plus prestigieuses du monde. Plutôt que de comparer nos résultats à ceux d'instituts médiocres ou sans ambition, il est judicieux de les comparer à un modèle reconnu mondialement.

Le MIT est une université privée. Son campus s'étend sur 51 hectares, dans la célèbre région définie par la Route 128 entourant Boston [MIT, 1983]. Il représente une communauté de plus de 16'000 personnes, dont 7500 étudiants, 1000 enseignants, 2000 chercheurs et collaborateurs administratifs ainsi que 5000 superviseurs, secrétaires, techniciens et employés de service. Les départements de l'institut animent plus de 70 laboratoires sur le campus, parmi eux un nombre croissant de laboratoires interdépartementaux où les étudiants et les chercheurs de différents domaines collaborent à des problèmes d'intérêt mutuel. Le laboratoire Lincoln à Lexington est géré par le gouvernement comme centre de recherche lié à la Défense, dans le domaine de l'électronique et des communications. Le laboratoire Charles Stark Draper à Cambridge se consacre au développement d'équipements de contrôle de vol et de navigation.

Les 1000 membres du corps enseignant et les 2000 chercheurs professionnels gèrent un budget annuel de recherche de 300 millions de dollars. En moyenne, chaque enseignant est responsable d'un budget de 300'000 dollars par an, dont 80 pour cent

provient du gouvernement fédéral et 15 pour cent de l'industrie. La proportion de fonds privés est nettement supérieure pour les sections d'engineering.

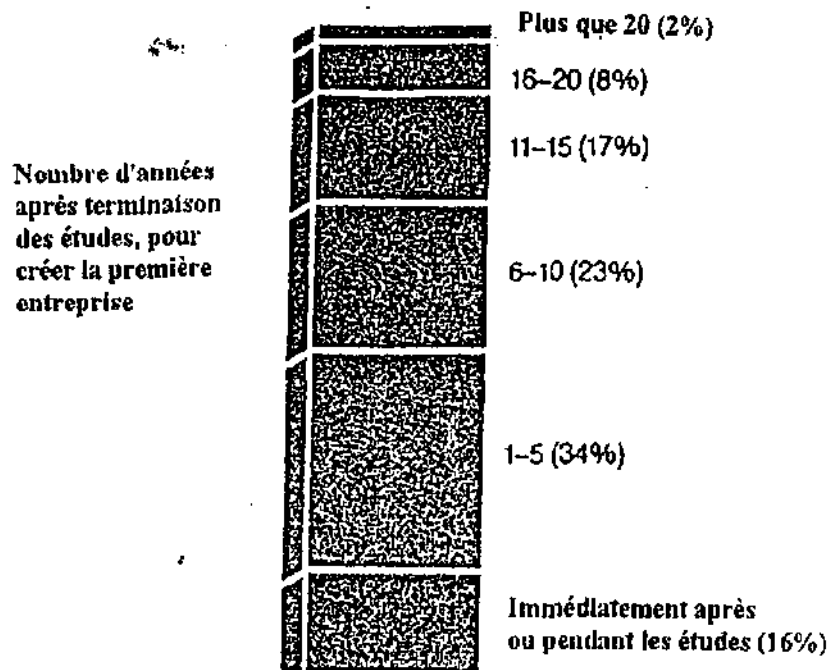
Toute la philosophie du MIT est fondée sur l'esprit d'entreprise. Il est rapporté, dans une étude de l'OCDE [OCDE, 1989c], la réponse d'un enseignant qui venait de créer son entreprise de logiciels, à qui l'on demandait pourquoi il créait sa propre entreprise; celui-ci répondit qu'il voyait tous ses collègues et ses anciens étudiants monter des affaires prospères et qu'il venait d'avoir trente-cinq ans: la pression du milieu était irrésistible !

Les enseignants du MIT sont tenus de consacrer un jour par semaine à de la consultance pour l'industrie, où ils sont très appréciés. Cette activité les assure de garder le contact avec le monde économique réel, ce qui n'est pas le cas lorsque les enseignants ne s'occupent que d'étudiants.

Une activité importante du MIT est le programme de liaison industrielle. L'objectif de ce dernier est de créer ou de renforcer des partenariats entre l'industrie et le MIT. Les raisons du succès de ce programme sont: une coopération totale des enseignants, une recherche et un savoir-faire directement utile à l'industrie, un personnel d'une qualité exceptionnelle pour assurer la liaison avec les clients industriels, et des contacts incessants avec les entreprises. Renforcé par un ensemble de réseaux informels, le programme fait bénéficier ses membres d'un ensemble de services: distribution de publications (par exemple l'annuaire de recherche et le rapport mensuel du MIT, des inédits et comptes-rendus de travail); l'accès, chaque année, à une douzaine de symposiums d'un ou deux jours, et de vingt à quarante séminaires d'une demi-journée sur la recherche effectuée au MIT.

A ses débuts, en 1948, le programme de liaison industrielle était une première mondiale. Le nombre des membres est passé de 120 en 1975 à 300 en 1988, parmi lesquels figurent les trois quarts des plus gros investisseurs mondiaux en R/D. On trouve également de nombreuses agences gouvernementales de développement technologique, telle que le STU suédois (voir chapitre IV.4.3), le TEKES finlandais et la Chambre de Commerce d'Autriche. Pour certains clients, le programme représente une extension de leur investissement en R/D; pour d'autres, il constitue un aspect de leur planification stratégique et de leur veille technologique, ou encore une source d'information pour leurs cadres supérieurs dans certains secteurs-clés. La CERS et le FNRS feraient bien de se joindre à ce groupe dynamique pour planifier leurs activités futures.

Le MIT mène une politique active de licence des technologies qu'il développe, afin d'encourager l'approfondissement de ses travaux et de profiter de leur succès commercial. Les brevets les plus lucratifs que possède le MIT sont la mémoire à tores magnétiques par Jay Forester et le procédé de fabrication commerciale de la pénicilline de John Sheehan.



Approximately half of the founders established their first firm within 5 years of leaving school.

FIGURE 18: Pourcentage de créations d'entreprises en fonction du nombre d'années écoulées après graduation [BANK OF BOSTON, 1989]

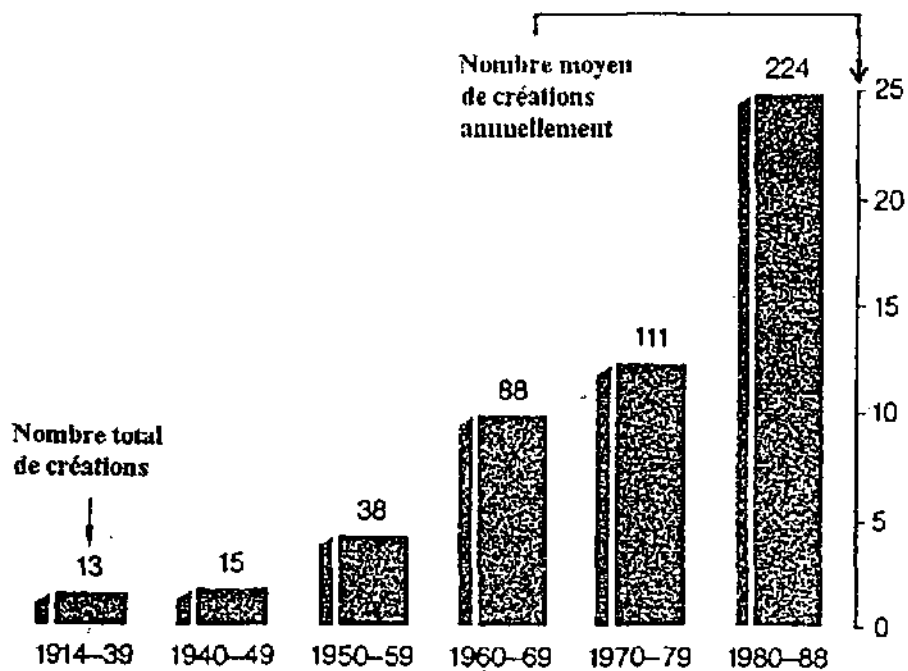
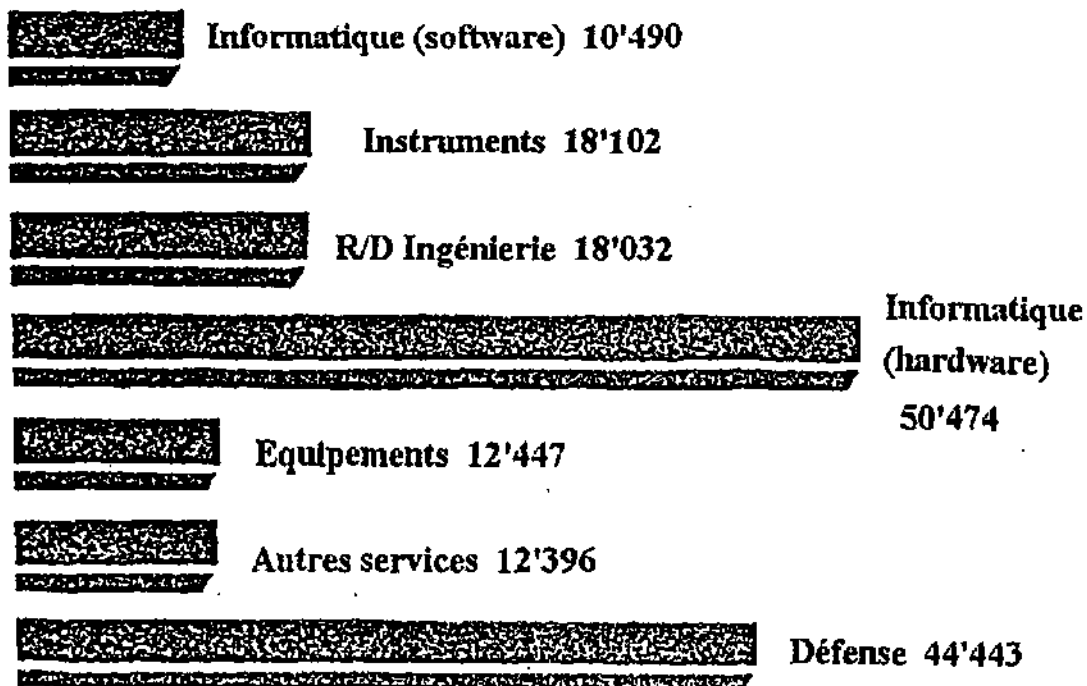


FIGURE 19: Nombre moyen de créations d'entreprises, annuellement, au Massachusetts, par des diplômés du MIT [BANK OF BOSTON, 1989]



**FIGURE 20:** Nombre d'emplois, au Massachusetts, générés par des compagnies créées par des diplômés du MIT [BANK OF BOSTON, 1989]

En 1989, une étude du "MIT Resource Development Office" complétée par des analyses du département économique de la "Bank of Boston" a identifié plus de 600 entreprises, uniquement dans l'Etat du Massachusetts, créées par des collaborateurs et diplômés du MIT [BANK OF BOSTON, 1989 et ROBERTS E.B., 1991]. Cela correspond à un revenu dépassant 39 milliards de dollars et plus de 300'000 places de travail. D'après E.B. Roberts de la "Sloan School of Management", ces chiffres ne sont encore qu'une sous-évaluation des spin-offs du MIT et de leur impact. La figure 18 donne le pourcentage de créations d'entreprises en fonction du nombre d'années écoulées après graduation. Le nombre moyen de créations d'entreprises, annuellement, par des diplômés du MIT, est présenté dans la figure 19. Le nombre de places de travail dans les entreprises créées par des diplômés du MIT, pour sept différentes familles d'industries, est montré dans la figure 20.

### 3.7. *L'Université technologique de Chalmers à Göteborg*

L'Université technologique de Chalmers à Göteborg, en Suède, compte 4000 étudiants en technologie et architecture au niveau du "bachelor" et du "master". A ceux-là s'ajoutent 2500 étudiants dans d'autres programmes d'étude correspondant à 600 étudiants travaillant à plein temps. L'université emploie 2200 collaborateurs dont 260 professeurs, professeurs associés et assistants professeurs, le tout disposant d'un budget annuel de 55 millions de dollars répartis à 60 pour cent pour la recherche et 40 pour cent pour l'éducation.

William Chalmers, directeur de la Compagnie des Indes orientales légua la moitié de sa fortune pour une "école industrielle" qui allait devenir l'université technologique de Chalmers. L'école fut créée en 1829 au coeur de Göteborg, la deuxième ville de Suède où se sont groupées les industries les plus importantes du pays telles que Volvo, SKF, Ericsson Radio Systems. Chalmers, et son équivalent à Stockholm, sont les plus anciens et plus grands des six instituts de technologie de Suède.

Une très intéressante étude des spin-offs de Chalmers est menée depuis 1964 [WALLMARK, McQUEEN, 1988] date du démarrage du phénomène "spin-offs" dans cet institut. Il est intéressant de noter l'activité de H.D. McQueen, l'auteur de l'inventaire des spin-offs de l'EPFZ. La figure 21 rapporte le nombre de spin-offs créés annuellement à partir de l'Université technologique de Chalmers, de 1940 à 1988. Manifestement, la Suède a accompli une tâche de pionnier dans ce domaine.

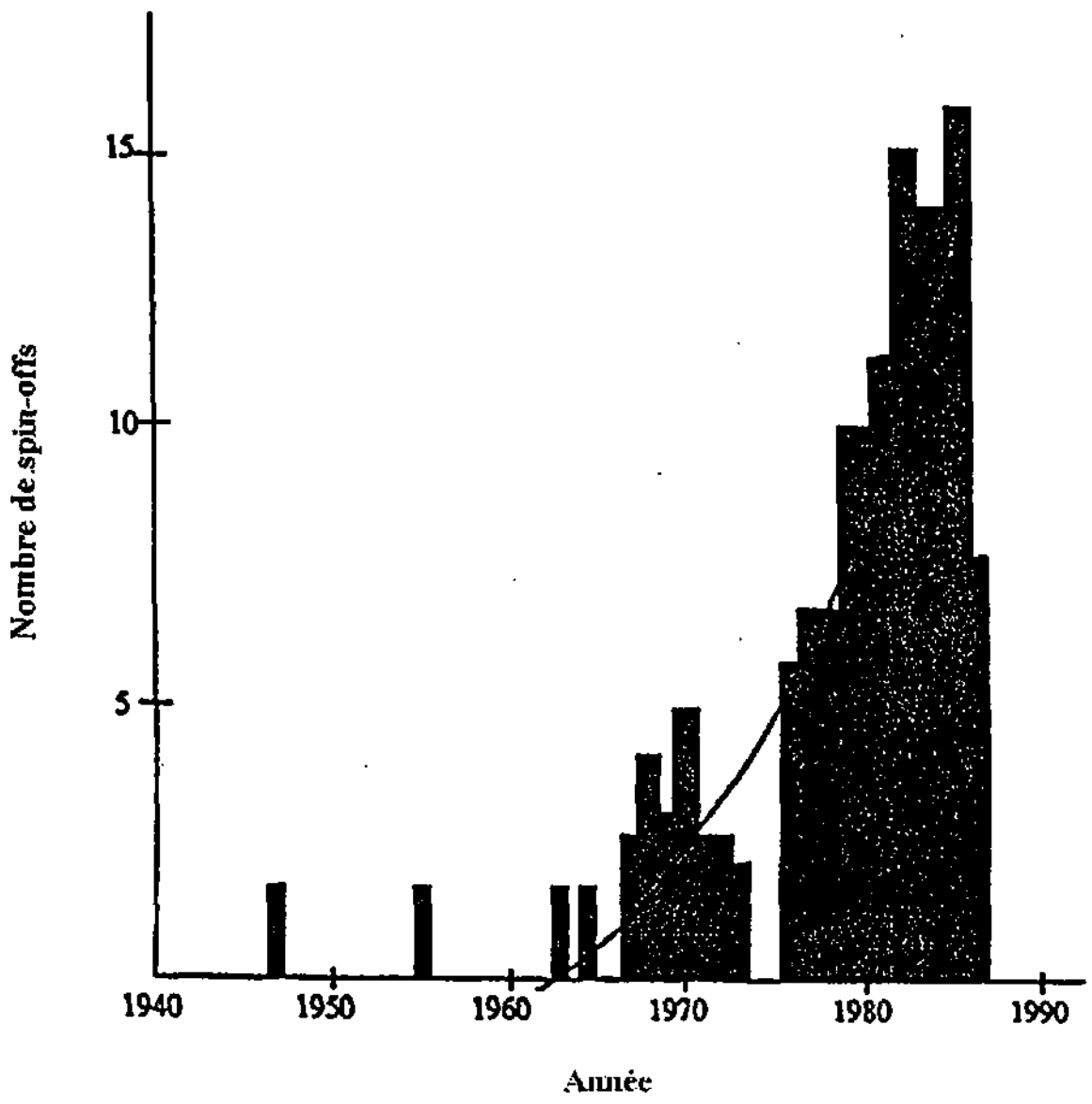


FIGURE 21: Nombre de compagnies spin-offs créées annuellement à partir de l'Université technologique de Chalmers, de 1940 à 1987 [WALLMARK, McQUEEN, 1988]

Pour être considérée comme un spin-off par l'étude suédoise, la nouvelle entreprise doit être créée par des professeurs, étudiants ou collaborateurs de l'université sans qu'il y ait eu emploi de longue durée dans une autre entreprise au préalable. Cette définition rejoint celle de E.B.Roberts dans son étude des spin-offs du MIT. Une autre définition, plus large, a été utilisée pour étudier les spin-offs de l'Université de Cambridge en Angleterre [SEGAL, QUINCE, WICKSTEED, 1985] où toutes les entreprises environnant l'Université de Cambridge ont pratiquement été considérées comme spin-offs. En fait seulement 17 pour cent de ces entreprises remplissent les critères suédois ou américains. Une définition telle que celle de Segal donne une différente représentation de l'effet de l'université sur la région.

Depuis 1964, les spin-offs nouvellement créés annuellement de l'Université technologique de Chalmers ont continuellement augmenté pour atteindre un chiffre de 15 en 1986. Un fait très important à noter est que le nombre de brevets issus de Chalmers suit la même progression telle que le montre la figure 22, ce qui confirme l'importance pour un institut de recherche de mener une politique de brevets très active.

A fin 1987, les spin-offs de l'Université de Chalmers étaient à l'origine directe de plus de 4000 emplois, sans compter les activités de sous-traitance, marketing et spin-offs secondaires. La dimension et la répartition des types d'activité parmi les spin-offs est montrée dans les figures 23 et 24. Le nombre moyen des employés des spin-offs est d'environ 30, avec une large distribution.

Il y a un grand nombre de compagnies comprenant un ou deux collaborateurs; elles exercent principalement une activité de consultance. D'après l'étude suédoise ces petites entreprises sont d'un intérêt considérable comme noyau pouvant évoluer vers une grande entreprise. Un des plus grands spin-offs de l'Université technologique de Chalmers, Indevo, est aussi une entreprise de consultance.

La croissance annuelle moyenne des spin-offs entre 1980 et 1988 est de 40 pour cent, ce qui est remarquable. Comme le montre la figure 25, la majorité des spin-offs sont créés par des "graduate students" ou doctorants.

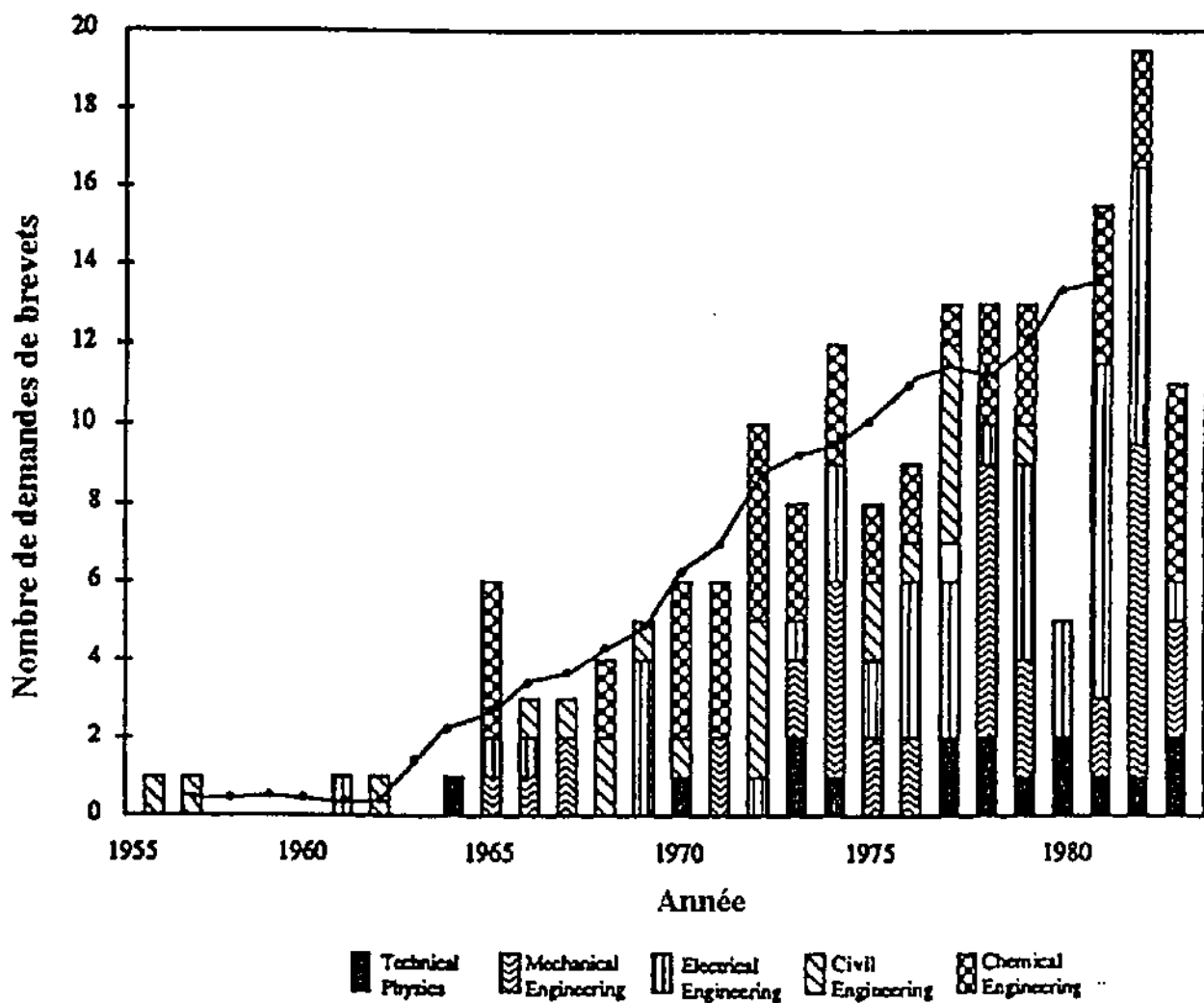
Entre 1980 et 1987, en moyenne, une centaine de doctorants sont entrés en activité chaque année, alors que dix spin-offs ont été créés annuellement. Ainsi, statistiquement, à l'Université technologique de Chalmers, un docteur sur dix crée sa propre entreprise. En Suisse, en 1990, l'EPFZ a décerné 282 titres de doctorat; deux spin-offs ont été créés représentant un pourcentage inférieur à 1. Les deux études utilisent les mêmes critères de définition de spin-offs puisqu'elles sont issues du même groupe d'analyses.

Les auteurs de l'étude suédoise s'inquiètent, malgré tout du petit nombre d'étudiants diplômants donnant naissance à des spin-offs. Il correspond à une ou deux unités par année sur les sept cents qui terminent leur diplôme, soit à peu près 0.2 pour cent. Le

grand nombre de spin-offs créés par des doctorants provient certainement des cours d'innovation spécialement adressés à cette catégorie de chercheurs. Des cours d'innovation de l'Université technologique de Chalmers, présentés dans le tableau 7, sont conçus pour les diplômants et les doctorants. La fréquentation de tels cours est de 50 pour cent chez les doctorants et seulement de 5 pour cent chez les diplômants, ce qui explique le faible pourcentage de spin-offs provenant de cette catégorie d'étudiants.

Toutes les universités techniques de Suède présentent un taux de spin-offs très voisin de celui de l'Université technologique de Chalmers. Des études analogues à celle de Chalmers ont été faites pour la plupart des hautes écoles suédoises. Les principaux résultats sont rapportés dans la figure 26. Cela dénote l'importance attachée à ce phénomène par les responsables suédois de la science et de la technologie. Un effort supplémentaire est demandé par les responsables d'universités pour amplifier la dynamique de création de spin-off. Il est suggéré par exemple dans l'étude suédoise, la présence, au niveau du vice-président de l'université, d'un responsable des liaisons avec l'industrie et la communauté. Celui-ci conseillerait la direction sur les actions à prendre, suggérerait des programmes précis et suivrait leur développement.

Il est important de constater l'importance que revêt, en Suède, la création de spin-offs. Ce critère d'évaluation est bientôt reconnu et accepté par les acteurs du développement scientifique et technologique. Il s'inscrit dans une politique moderne décrite précédemment dans le chapitre IV.4.



NOTE: The connected dots are a five year sliding average. The 1983 data is incomplete.

FIGURE 22: Nombre annuel de brevets issus de l'Université technologique de Chalmers, de 1955 à 1983, [WALLMARK, McQUEEN, 1991]

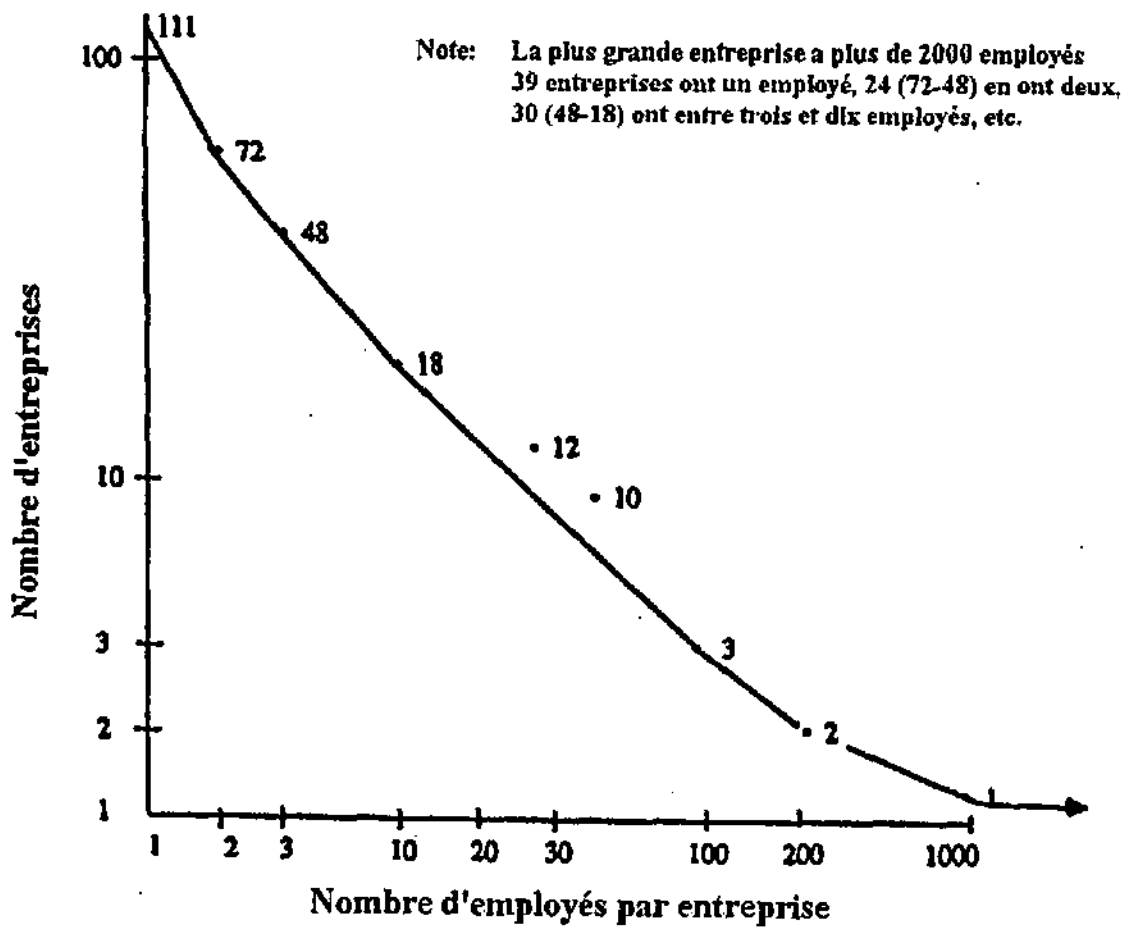


FIGURE 23: Distribution du nombre de collaborateurs des spin-offs de l'Université technologique de Chalmers, basée sur le nombre observé en 1988 [WALLMARK, McQUEEN, 1988]

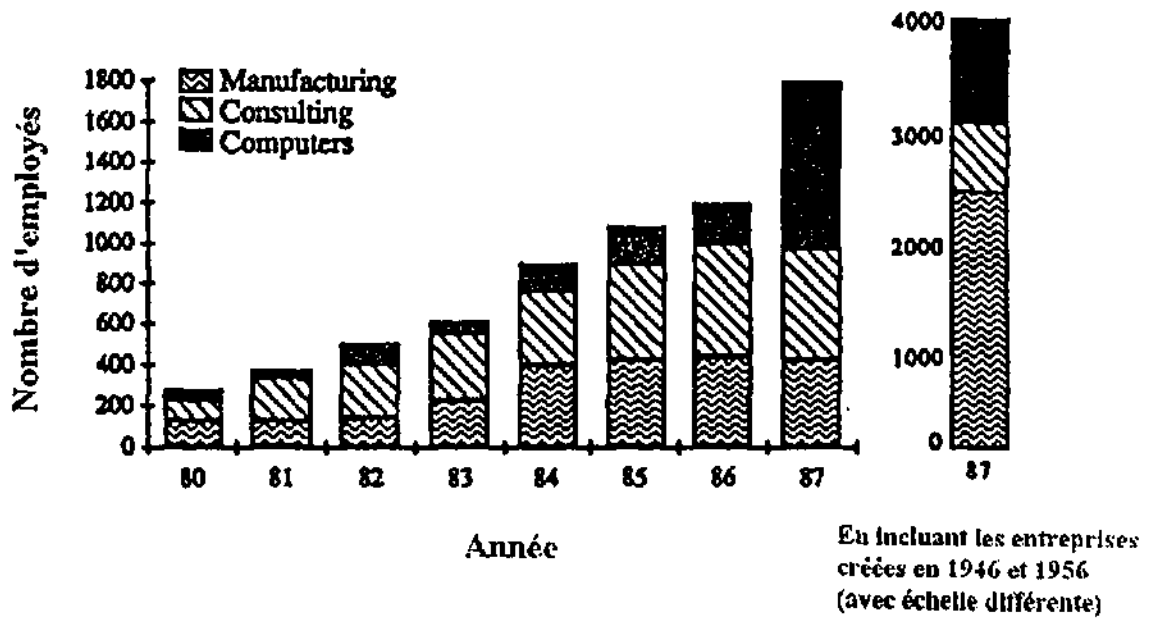


FIGURE 24: Le nombre de collaborateurs de spin-offs de l'Université de Chalmers impliqués dans la production, la consultance et l'informatique [WALLMARK, McQUEEN, 1991]

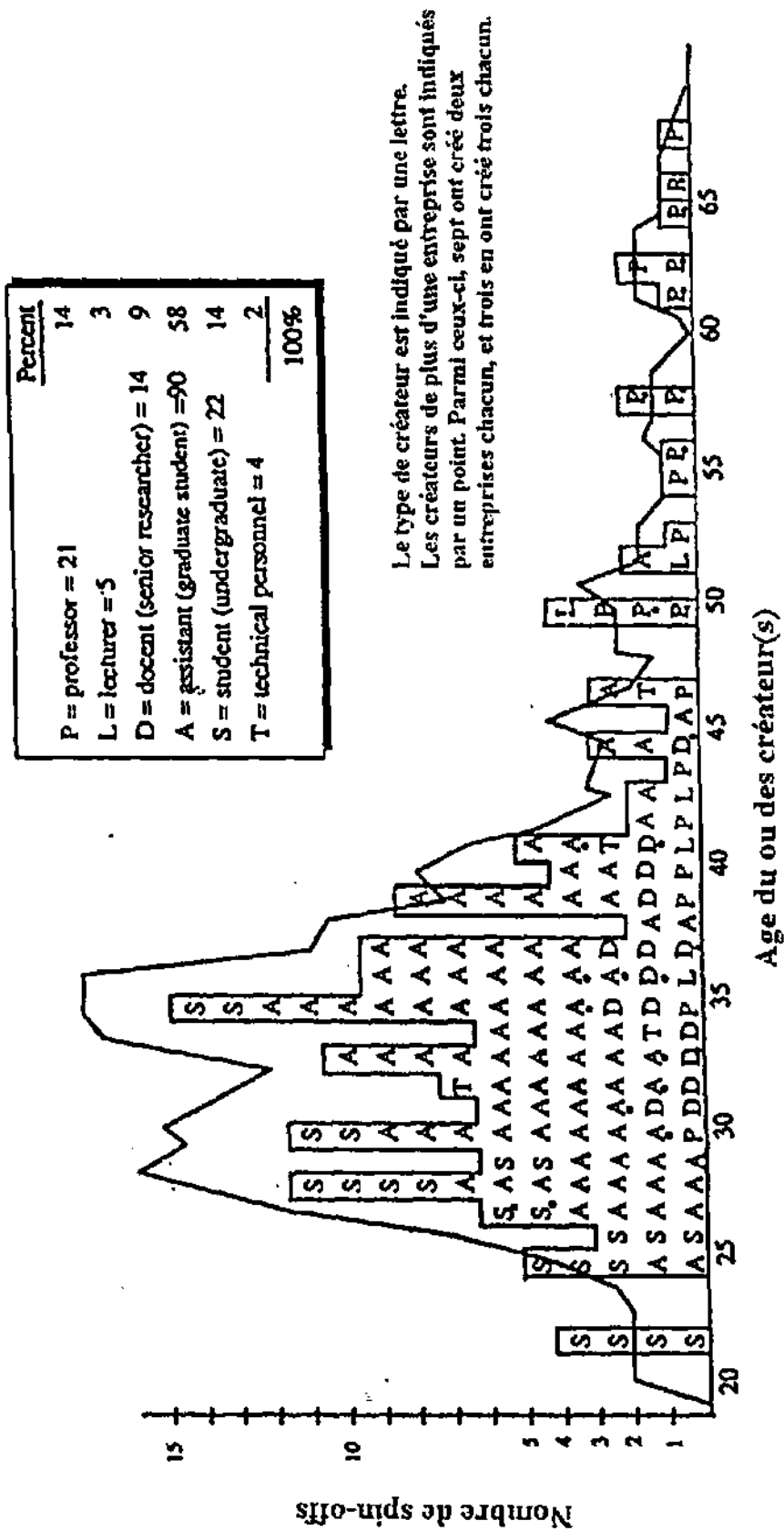
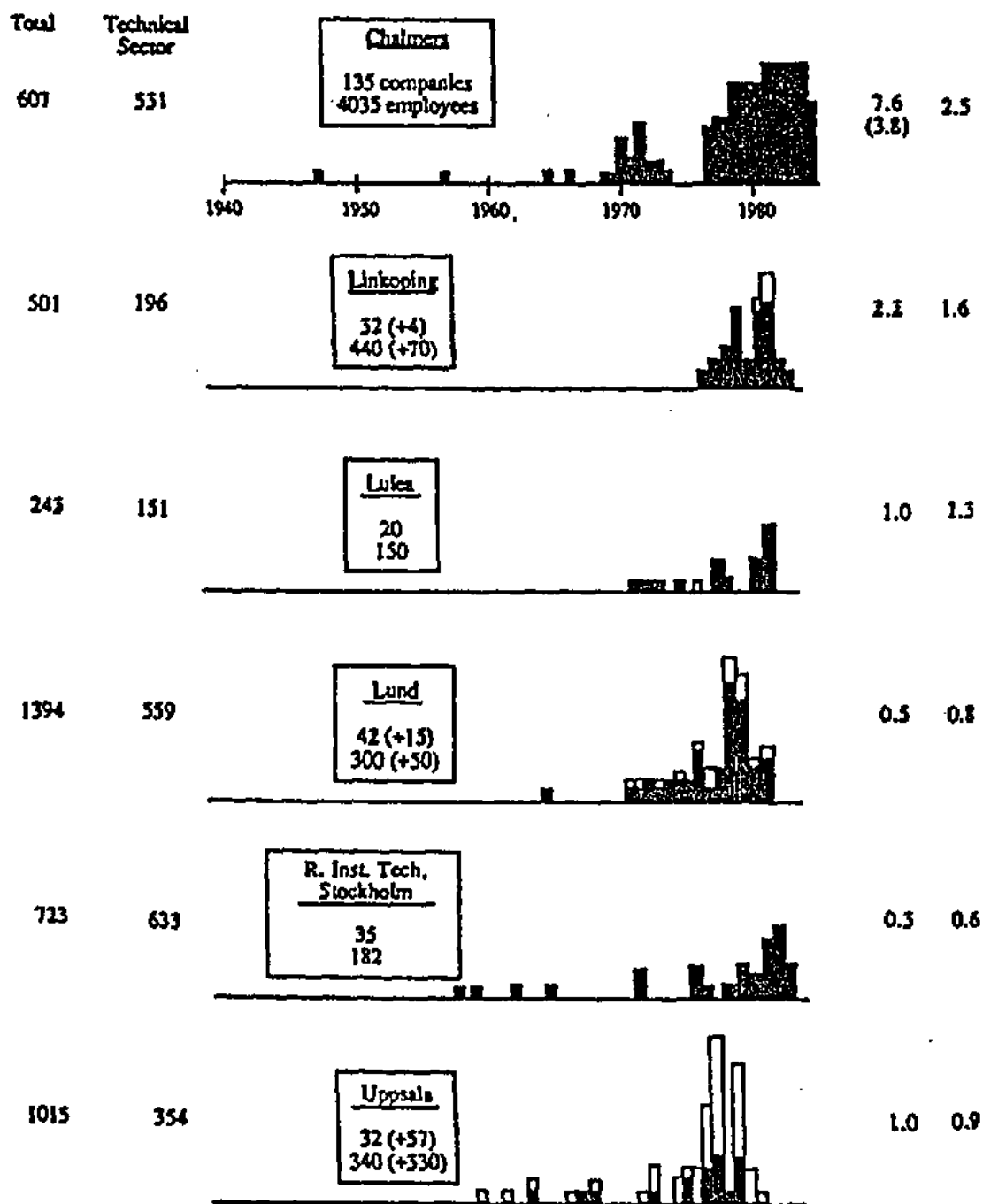


FIGURE 25: Age et statut des créateurs de spin-offs à l'Université technologique de Chalmers [WALLMARK, McQUEEN, 1988]



Filled columns indicate technical faculty. Open columns indicate other faculties (corresponding figures in parentheses). University size is indicated by budget figures (in kkr, 1 kkr = 0.09 thousand pounds) for the entire university, and for the technical sector of the university (left). Crude merit figures were obtained by dividing the number of companies or the number of employees by the budget figure (right).

FIGURE 26:

Les spin-offs produits annuellement à partir d'universités suédoises [WALLMARK, McQUEEN, 1988]

Subject	Course	Student Category	Form of Test	Number of Registered Students	Number of Outside Students
Innovation Seminar	14 two-hour lectures by invited speakers	Undergraduate	Written test	34	35
Innovation Project	14 two-hour sessions Individual guidance	Undergraduate	Project report	7	12
Company Formation	5 three-hour lectures, 10 hours seminars Individual guidance	Graduate	Business plan	12	5
Consulting	12 hours of lectures Commercial consulting project with professional team leaders	Graduate	Consulting project presentation written and oral	22	1
Patenting	12 hours of lectures invited speakers Patent project with individual guidance	Graduate	Patent application completed	23	10

TABLEAU 7: Les cours d'innovation enseignés à l'Université technologique de Chalmers, en 1988 [WALLMARK, McQUEEN, 1988]

### 3.8. *Comparaison des spin-offs générés par les hautes écoles et centres technologiques suisses avec ceux du MIT et de l'Université technologique de Chalmers*

En dépit du fait qu'une seule institution suisse (EPFZ) ait été évaluée sous son aspect "spin-offs", il est permis de dire que les hautes écoles et centres de technologie de Suisse sont à l'origine de très peu de spin-offs. Durant la période 1970-1990, 40 à 50 spin-offs sont nés de l'EPFZ et de ses instituts associés (PSI, EMPA, FNP et IFAEP), probablement une vingtaine de l'EPFL, quelques-uns des universités et probablement aucun des Programmes nationaux de recherche PNR.

A ce stade du développement technologique de la Suisse, un inventaire précis du nombre de spin-offs n'est pas nécessaire vu le nombre insignifiant présumé de ces derniers. L'effort des responsables politiques de la science et de la technologie doit plutôt se porter sur l'identification des raisons de cette absence de spin-offs.

Le chiffre de 600 spin-offs du MIT établis uniquement au Massachusetts est certainement impressionnant. Il n'est pas surprenant pour ceux qui ont eu le privilège de travailler dans cette admirable institution. La sélection très stricte des étudiants du MIT ne peut expliquer à elle seule la si grande différence de résultats avec les institutions suisses. C'est le système d'éducation, la grande motivation des professeurs et assistants ainsi que l'attitude générale face aux entrepreneurs qui font certainement toute la différence.

L'inventaire des spin-offs de l'Université technologique de Chalmers est encore plus édifiant car il provient d'une institution tout-à-fait comparable à nos écoles polytechniques. Le nombre de scientifiques qui créent leur propre entreprise en quittant l'Université de Chalmers est au moins 10 fois supérieur à ce qui se passe à l'EPFZ, le meilleur exemple suisse. Dans ce cas, la qualité des étudiants n'est plus exceptionnelle, mais représentative des étudiants suédois. Seule, l'organisation du système éducatif suédois décrite dans le chapitre IV.4. peut être rendu responsable de cette situation très enviable.

La tableau 8 résume l'inventaire des spin-offs de l'EPFZ, EPFL, du CSEM (estimation personnelle), des universités (ensemble des facultés des sciences), des PNR (estimation personnelle), du MIT et de l'Université technologique de Chalmers, entre 1980 et 1990. Il montre l'absence d'information dans ce domaine, concernant les institutions suisses. A lui-seul, il devrait suffire à motiver les responsables suisses de la recherche publique à s'intéresser de très près à une évaluation par l'inventaire des spin-offs.

## EVALUATION D'INSTITUTIONS

(1980 - 1990)

INSTITUTIONS (sections scientifiques)	PERSONNEL (étudiants + chercheurs)	SPIN-OFFS (nouvelles entreprises)
EPFZ	11'500	24
EPFL	3'900	? (pas d'inventaire)
UNIVERSITES	10'000	? (pas d'inventaire)
PNR	? (6 séries)	? (probablement 0)
CSEM (1984-1994)	270	1
MIT (USA)	10'000	274
CHALMERS (Suède)	4'600	100

TABLEAU 8: Evaluation, d'après le critère "spin-offs", d'institutions suisses et étrangères, entre 1980 et 1990 (d'après McQueen et Roberts)

## **VII. INITIATIVES RECENTES DE COLLABORATIONS ENTRE HAUTES ECOLES SUISSES**

### **1. INTRODUCTION**

Pour la catégorie de professeurs et responsables de recherche de type A (voir avant-propos), la collaboration active entre instituts scientifiques est une démarche dynamique et enrichissante qui va de soit. Elle se fait naturellement, initiée directement par les responsables concernés. Elle n'est imposée par aucune instance supérieure. Pour les responsables de type B, une organisation est indispensable pour initier cette collaboration. Divers projets d'organisation se développent actuellement, profitables aux deux catégories de responsables.

Trois types de collaboration peuvent s'établir entre hautes écoles. Il y a la collaboration université - université, université - école polytechnique et enfin école polytechnique - école polytechnique. Les universités ont surtout un capital "enseignants" alors que les écoles polytechniques se distinguent aussi par leur capital technologique.

### **2. COLLABORATION UNIVERSITÉ - ÉCOLE POLYTECHNIQUE**

Toute université a certainement intérêt à s'associer à une école polytechnique afin d'avoir accès à des équipements modernes et sophistiqués. Les collaborations entre université et EPF de même canton (Zurich ou Vaud) ont déjà lieu et il est très probable qu'elles conduisent à l'unification des activités scientifiques de même type, non seulement pour diminuer les coûts de fonctionnement mais surtout pour atteindre la masse critique dans un maximum de domaines. Actuellement ce processus est au stade où les professeurs enseignent dans les deux types d'institutions, séparées parfois par quelques centaines de mètres l'une de l'autre. La collaboration entre université et école polytechnique de cantons différents est moins évidente à réaliser, même si les motivations sont grandes. Un exemple particulièrement réussi est constitué par la collaboration entre l'Institut de microtechnique de l'Université de Neuchâtel et l'École polytechnique fédérale de Lausanne [POLYRAMA, 1990].

L'Institut de microtechnique de l'Université de Neuchâtel a été fondé en 1975 dans le but de développer l'enseignement et la recherche en microtechnique. Ce laboratoire

correspond à un besoin réel de la région et s'intègre parfaitement avec une industrie locale déjà spécialisée. En 1978, une première convention a été élaborée entre l'Université de Neuchâtel et l'EPFL dans le cadre de la formation des ingénieurs en microtechnique dont le diplôme est décerné par l'EPFL. L'Université de Neuchâtel offre aux étudiants la possibilité de faire le 1er cycle à Neuchâtel, sous la responsabilité des professeurs de l'IMT, ceux-ci participant également à l'enseignement du 2ème cycle à l'EPFL.

Cette collaboration a été renforcée en 1989 par une seconde convention en matière d'enseignement et de recherche. Les quatre professeurs de l'IMT ont été nommés professeurs ordinaires à temps partiel au nouveau département de microtechnique de l'EPFL. Dans le même temps, a été créé à Neuchâtel un laboratoire de microtechnique (LMT) commun à l'Université de Neuchâtel et à l'EPFL, dont les missions principales sont de mettre à disposition, à Neuchâtel, des places de travaux pratiques, d'assurer l'encadrement des étudiants en microtechnique, ainsi que de renforcer la collaboration en matière de recherche.

A l'Université de Neuchâtel, chaque professeur de l'IMT dirige un groupe de recherche comptant une douzaine de collaborateurs scientifiques et de doctorants travaillant dans les domaines suivants: optique appliquée, électronique et traitement de signal, microélectronique et capteurs, électronique physique et systèmes. Les projets de recherche sont financés par des fonds publics et privés, notamment par le Fonds national suisse de la recherche scientifique (FNRS), la Commission pour l'encouragement de la recherche scientifique (CERS), la Fondation suisse pour la recherche en microtechnique (FSRM), l'Office fédéral de l'énergie (OFEN), ainsi que par les industries. C'est en s'appuyant sur ces activités de recherche, qui sont complémentaires de celles du département de microtechnique de l'EPFL, que les quatre professeurs et leurs collaborateurs (certainement de type A) assurent aux étudiants en microtechnique la possibilité de faire à Neuchâtel des travaux de semestre et de diplôme. Au sein de l'Université de Neuchâtel, les professeurs de l'IMT sont par ailleurs responsables d'une formation en physique appliquée, en collaboration avec l'Institut de physique (diplôme en électronique physique). Ils assurent en outre la préparation de thèses de doctorat.

Ainsi, grâce à la présence de quelques professeurs responsables et éclairés, une collaboration réelle, active s'est instaurée avec succès entre l'Université de Neuchâtel et l'EPFL.

Une excellente collaboration existe entre les universités et les écoles polytechniques, au niveau du 3ème cycle. Elle consiste principalement en un enseignement spécialisé donné à tour de rôle dans les différents sites technologiques suisses, par de nombreux professeurs et assistants. Cette collaboration fonctionne à la satisfaction de tous depuis plus de 20 ans. Elle s'est bien développée car elle a permis d'attribuer des tâches d'enseignement à des assistants et chargés de recherche, grâce à des moyens financiers importants.

### 3. COLLABORATION UNIVERSITÉ - UNIVERSITÉ

Si une université veut compléter sa palette d'enseignement ou simplement diminuer ses coûts de personnel, elle va rechercher la collaboration avec une ou plusieurs autres universités avec qui elle partagera un corps enseignant d'excellent niveau. Il est plus facile de déplacer quelques professeurs d'une université à l'autre plutôt que des centaines d'étudiants, cela principalement au niveau du premier et deuxième cycle. Tant qu'une université remplit ses auditoriums avec des étudiants de son environnement, il n'y a pas lieu de déplacer ces derniers. Si, au contraire, des cours sont donnés pour quelques étudiants seulement, ceux-ci devraient tout naturellement se déplacer dans une université voisine pour suivre les cours en question. Si un cours ne peut attirer un nombre minimum d'étudiants, nombre à définir pouvant varier d'une institution à une autre, c'est qu'il ne correspond pas à un besoin réel de la région et peut être supprimé. Une collaboration directe entre responsables de facultés des sciences de diverses universités permet de regrouper périodiquement les étudiants esseulés des diverses régions universitaires et ainsi de maintenir, pour eux, la possibilité de suivre des cours d'intérêt marginal ou très spécifique, dans le cadre d'un groupe ayant une certaine masse critique.

Un bel exemple illustrant la collaboration entre universités est donné par les universités de Berne, Neuchâtel et Fribourg. L'initiative de cette collaboration est venue du département de chimie de l'Université de Fribourg qui a trouvé raisonnable et bénéfique de collaborer avec les départements de chimie des Universités de Neuchâtel et Berne. Quelques années après cette heureuse initiative, les rectorats ont pris la sage décision d'étendre cette collaboration à toutes les disciplines, cela dans le cadre d'une convention appelée BENEFRU (voir annexe 4).

Il sera très intéressant de suivre les effets de cette convention. Certaines démarches pourront avoir lieu dès l'an prochain, telles que l'enseignement de cours spécialisés uniques pour les étudiants des trois universités. La suppression de domaines d'activité pourra prendre plus de temps puisqu'il faudra attendre la mise à la retraite ou le départ volontaire des professeurs concernés. Cette convention va grandement faciliter les initiatives des professeurs de type A. Aucun obstacle administratif ne s'opposera plus à leur désir de coopération. Une nouveauté pour ceux du type B, les collaborations se feront sur l'initiative de la base, soit des professeurs directement concernés. Cela sous-entend un profond changement d'état d'esprit de la majorité du corps enseignant et cela est très positif. Ce que la loi fédérale sur l'aide aux universités a essayé d'inciter, sans grand succès, pendant plus de 20 ans, soit la collaboration volontaire entre les hautes écoles et la coordination dans l'enseignement et la recherche, trois universités vont peut-être l'accomplir. Grâce à un travail en profondeur auprès de tous les enseignants, ceux-ci ont été convaincus qu'il valait la peine de perdre un peu d'autonomie et de confort pour atteindre une bien meilleure efficacité dans l'enseignement et les travaux de recherche. Chaque observateur averti attend avec un vif intérêt les premières actions

réelles et effectives de coordination dans le cadre BENEFRU. En cas de succès, une telle convention pourrait être reprise au niveau, par exemple de la Conférence universitaire romande (CUR) ou même suisse (CUS).

#### 4. COLLABORATION ÉCOLE POLYTECHNIQUE - ÉCOLE POLYTECHNIQUE

Depuis la reprise de l'EPUL par la Confédération en 1969, le Conseil des EPF (CEPF) s'est fixé comme objectif de définir une répartition des tâches entre les deux Ecoles polytechniques de Lausanne et de Zurich. Ainsi, pour la période 1992-1995, l'ensemble du domaine du CEPF verra 335 postes supprimés dans les différentes institutions au profit de secteurs prioritaires [POLYRAMA, 1993]. C'est ainsi que l'EPFZ, compte tenu des compétences existantes, est la seule haute école qui développe des activités de recherche et d'enseignement en agronomie, foresterie, géodésie, alors que la microtechnique, en collaboration avec l'IMT de l'Université de Neuchâtel, est une spécialité de l'EPFL.

Des répartitions de tâches ont été faites dans le domaine de la physique: la physique des particules n'est plus enseignée à Lausanne, alors que l'EPFZ ne développe pas de compétences en physique des plasmas, qui est concentrée à Lausanne.

#### 5. L'EFFET CATALYSEUR DU GSR

Depuis la création du Groupement de la science et la recherche (GSR), le 1er novembre 1990, l'activité de coordination entre les hautes écoles s'est considérablement accrue. Qu'il s'agisse d'initiatives du GSR ou des institutions elles-mêmes, de nombreuses propositions voient le jour après plus de 25 années d'immobilisme presque total. Il aura certainement fallu les propositions parfois jugées autoritaires du GSR pour faire prendre conscience aux universités de l'urgence de mesures effectives de coordination à prendre. En déclenchant ce changement d'état d'esprit des milieux universitaires, le GSR a déjà eu une influence très significative, un effet catalyseur bénéfique.

Lorsque l'on parle de concertation et de coordination, il faut distinguer le domaine des EPF, qui est de la compétence directe de la Confédération, et celui des universités qui est toujours du ressort des cantons. Le Conseil des EPF peut trancher une fois que les crédits sont votés par les chambres fédérales. C'est une autorité universitaire qui dispose de beaucoup de flexibilité. Contrairement à cette situation, les huit universités cantonales ne fonctionnent pas comme une entité commune. Tant que les universités

ne disposent pas d'un organe central, elles auront beaucoup de peine à faire respecter leur point de vue. La Conférence universitaire suisse pourrait, après une profonde restructuration, devenir le porte-parole unique et écouté des universités [L'HEBDO, 1992].

## 6. LE RÉSEAU D'UNIVERSITÉS

Depuis 20 ans, des dizaines de propositions ont été faites, avec très peu de succès, pour engendrer la coopération et coordination des universités. Pour s'en convaincre il suffit de parcourir la liste des très intéressantes publications du Conseil suisse de la science éditées par le Centre de documentation de politique de la science [CSS, 1993]. Ce manque de réussite est certainement lié à l'absence d'une autorité supérieure capable de décider et de faire respecter les décisions prises.

Une intéressante tentative de coordination est en développement chez les principaux responsables des universités de Suisse. Elle consiste en la mise en place d'un réseau d'universités permettant d'éviter la concentration tout en maintenant la diversité [MAILLAT, 1993]. Dans un tel cadre, il est possible de mieux répartir les cours et les recherches, de ne pas dupliquer les cours spécialisés et de mieux partager les équipements coûteux. Pour qu'un tel réseau fonctionne, il faut évidemment une pleine collaboration volontaire de tous les partenaires.

Les journaux de Suisse romande ont consacré de nombreux articles aux problèmes de la coordination des universités. Ce phénomène nouveau est réjouissant car très longtemps la politique universitaire était réservée à une très petite partie de la population. Les institutions avaient une telle autonomie qu'il n'était pas question de discuter de leur organisation dans la presse et sur la place publique. L'intérêt soudain et parfaitement justifié d'une large partie de la population pour ces questions a certainement été provoqué par les actions du GSR et c'est une excellente chose. Un supplément du Journal de Genève intitulé "Universités romandes: la survie à quel prix?" a été consacré uniquement à ce problème [JOURNAL de GENEVE, 1993a]. La thèse du réseau d'universités romandes a été longuement décrite dans plusieurs journaux de suisse romande [DUCREY, 1992, DUCREY, 1993].

Pour résumer au mieux le concept de réseau universitaire romand, il est opportun de citer le communiqué de presse de la Conférence universitaire romande qui se propose de mettre sur pied la dit réseau:

"Dans sa séance du 2 juin 1993, la Conférence universitaire romande (CUR) a procédé à l'examen des travaux menés à bien par les Universités de Berne, Fribourg, Genève, Lausanne, Neuchâtel et par l'EPFL, dans le cadre de l'élaboration de la planification stratégique des hautes écoles de Suisse.

La CUR a pris acte de la volonté des hautes écoles romandes d'intensifier la collaboration inter universitaire sur le plan romand. En proposant de coordonner mieux encore leurs activités d'enseignement et de recherche, les hautes écoles romandes cherchent à maintenir la qualité de leurs prestations par une utilisation optimale des ressources; elles montrent ainsi leur détermination à vaincre les effets négatifs provenant de la détérioration des finances publiques".

La démarche retenue consiste à créer des réseaux entre hautes écoles romandes par le biais d'accords réalisés dans certaines disciplines ou groupes de disciplines avec, à terme, la spécialisation des établissements concernés dans des orientations convenues d'avance. Cette conception présente l'avantage d'une grande souplesse. En fonction des intérêts, des critères de langue ou de géographie, les interactions les plus diverses pourront naître dans le cadre de l'espace universitaire romand: outre les collaborations entre les institutions de l'arc lémanique et les projets réunissant les Universités de Berne, Neuchâtel et Fribourg (BENEFRI), des partenariats associeront librement l'ensemble ou l'une ou l'autre des hautes écoles romandes.

Les membres de la CUR ont convenu:

- d'intensifier leur collaboration déjà existante dans de nombreux domaines, notamment en médecine, en pharmacie, en physique, en science de la Terre, en science de l'Antiquité et en théologie.
- de créer ou de développer des réseaux de collaboration dans un certain nombre de domaines, par exemple en langues anciennes, en langues vivantes, en sciences économiques, juridiques, politiques et sociales, ainsi qu'en biologie, biotechnologie, en chimie et en sciences de l'environnement.

En vue de réaliser la collaboration inter universitaire sur le plan romand, la CUR a adopté les principes suivants:

- Mise à disposition gratuite et réciproque d'enseignants d'une haute école à l'autre.
- Reconnaissance mutuelle des diplômes (ainsi que des examens effectués par les étudiants dans une haute école autre que leur haute école d'origine dans le cadre de leur cursus d'études) relatifs aux disciplines faisant l'objet d'accords.
- Gestion de disciplines par une haute école pour le compte d'une autre
- Harmonisation des procédures (conditions d'admission, calendriers académiques, modes d'examens).
- Constitution d'un fonds de coordination alimenté par les Hautes Ecoles romandes; ce fonds doit notamment permettre la couverture de frais de déplacement de

personnes et d'équipements, ainsi que la redistribution de crédits aux institutions choisies pour tel ou tel enseignement.

Afin de réaliser ces objectifs, la Conférence universitaire romande entend procéder à la modification de ses structures et de son mode de fonctionnement.

Au niveau Suisse, la Conférence universitaire suisse devra également passer par une importante restructuration.

Il est important que le GSR ait un interlocuteur représentatif du milieu universitaire. Depuis 1968 la Conférence universitaire suisse n'a pas pu ou su jouer un tel rôle vis-à-vis de qui que ce soit. Si elle arrivait à se restructurer, en mettant l'effort sur une compréhension mutuelle des deux communautés germanique et latine, la coordination universitaire pourrait faire un grand pas en avant.

Un élément capital dans ce contexte est le facteur temps. Aucun délai n'est donné pour l'accomplissement de la coordination prévue par la CUR. Aucune quantification des objectifs n'est également proposée; ces deux importantes lacunes vont certainement rendre ces nouvelles démarches hypothétiques. Il faut faire confiance aux responsables universitaires à l'origine de ce mouvement qui auront sans doute fait un grand travail auprès de leurs collaborateurs pour assurer une pleine participation de ces derniers au grand bouleversement qui les attend. Les milieux politiques se sont inquiétés, à juste titre, des délais prévisibles dans la réalisation du réseau universitaire suisse. Un conseiller national, économiste, universitaire, a même dénoncé la passivité des milieux académiques helvétiques [TSCHOFF, 1993]. Dans ses déclarations, ce dernier est également d'avis qu'il est grand temps de dynamiser la Conférence universitaire suisse.

La seule base de temps des conventions qui se préparent dépend de la durée d'activité des professeurs. En cas de renonciation à l'enseignement d'une discipline, on attendra le départ volontaire, la mise à la retraite, ou le décès du professeur concerné pour procéder à l'interruption de ses cours. C'est un processus qui peut prendre 10 à 20 ans et coûter plusieurs millions de francs à la communauté. Il a toujours été dit que tout changement important dans le monde de l'éducation suisse prenait au minimum 15 ans. Il est peut-être temps de rompre avec cette habitude.

La Conférence universitaire romande, dans sa déclaration, parle de coordonner "encore mieux" les activités d'enseignement et de recherche. En fait il s'agit d'effectuer un effort sans commune mesure avec ce qui a été fait jusqu'ici.

Sans cette double omission, fixation de délais et quantification des objectifs et peut-être une sous-estimation de l'effort à accomplir, les intentions de la Conférence universitaire romande sont louables et il faut souhaiter un plein succès à cette grande entreprise.

La participation active d'entrepreneurs du secteur privé dans ces grands débats concernant les universités serait très bénéfique. Ils savent mieux que quiconque l'importance du facteur temps dans tous projets scientifiques et technologiques. D'autre part, ils savent aussi que des objectifs qui ne sont pas quantifiés ont peu de signification. Avec l'arrivée de nouveaux responsables universitaires ouverts au monde extérieur, un dialogue très constructif va pouvoir s'établir.

## TROISIEME PARTIE

### VIII. PROPOSITION D'UNE NOUVELLE POLITIQUE DE LA SCIENCE

#### 1. INTRODUCTION

La première partie de cette étude a décrit la politique suisse de la science et de la technologie et ses grandes institutions, de ces quarante dernières années.

La deuxième partie a introduit et analysé quelques critères importants permettant d'évaluer les institutions et groupes de recherche. D'autre part, elle a présenté les grandes initiatives des milieux universitaires pour opérer les changements de structure indispensables aux nouvelles conditions économiques.

La troisième partie sera consacrée à définir, au vu des deux parties précédentes, une nouvelle organisation de recherche simple et dynamique, adaptée aux temps modernes, répondant aux critères d'efficacité et de qualité. Les grands objectifs recherchés de tous pourront être atteints dans des délais acceptables grâce à l'utilisation de critères significatifs d'évaluation.

#### 2. CHOIX D'UNE NOUVELLE POLITIQUE DE LA SCIENCE

##### 2.1. *Un nouvel état d'esprit*

A la démarche nécessaire de définir un critère d'évaluation est associée celle de définir une organisation de la science et de la technologie qui permettent à une autorité responsable de procéder aux évaluations et tirer les conséquences qui s'imposent.

Dans le chapitre VII, quelques démarches intéressantes ont été passées en revue. Elles constituent depuis plusieurs années un succès, bien que représentant des actions ponctuelles limitées à quelques groupes de recherche. Depuis la création du Groupement de la science et de la recherche, un projet de constitution de réseaux des universités de Suisse est en phase d'élaboration et c'est très réjouissant. Il est né de la

concertation des universités entre elles, confrontées à des propositions centralisatrices du GSR. Ces dernières, bien que très judicieuses et raisonnables, présentent le désavantage de ne pas être issues des milieux directement concernés.

L'idée du réseau universitaire romand ou suisse se base sur un profond changement d'état d'esprit des responsables des universités. Ce qui n'a pas pu être observé durant ces 30 dernières années pourrait voir le jour actuellement si l'on se réfère aux portes-paroles des milieux universitaires. Il ne faut que souhaiter un plein succès à ces initiatives très prometteuses.

Si les espoirs de coordinations n'étaient pas concrétisés par quelques prochaines et importantes actions effectives sur le terrain, si le changement d'attitude des acteurs du monde scientifique n'était pas celui attendu, il faudrait prévoir une organisation plus contraignante ayant défini des objectifs quantifiés, mesurables, aboutissant à une meilleure efficacité et qualité des institutions et groupes de recherche suisses. Un des buts de cette étude est de définir les bases d'une telle nouvelle et dynamique organisation.

## *2.2. Choix d'un critère significatif d'évaluation des institutions et groupes de recherche*

Dans le chapitre V.2, sept critères d'évaluation ont été décrits en détail. Il n'est certes pas possible de les considérer tous dans le processus d'évaluation d'une institution ou d'un groupe de recherche. Chacun d'eux implique un long travail d'analyse et de recherche. Il faut donc faire un choix.

Peut-on définir un but final de la recherche scientifique ? Il est certainement lié à la connaissance du monde dans lequel nous vivons et au développement harmonieux de l'homme dans son milieu sensible. La recherche scientifique, pour recevoir un soutien des populations doit, à long terme être bénéfique à tous et non seulement à une minorité. Il est normal de souhaiter comme objectif principal de la recherche, une amélioration continue de la qualité de la vie de l'ensemble de la société au niveau global. Il n'est plus acceptable de développer des technologies qui améliore la qualité de vie d'une société en détériorant celle d'une ou de plusieurs autres. La recherche scientifique est une activité universelle, un langage commun à toute la planète.

Concrètement, la recherche scientifique se traduit, lorsqu'elle a été bien menée, par la création d'emplois valorisants pour toutes les femmes et hommes qui ont contribué à son financement. Si le contribuable ne trouve pas son intérêt à apporter une assistance aux chercheurs, il renoncera, à long terme à participer à cet effort. Parmi les sept critères d'évaluation de la recherche publique qui puisse garantir la satisfaction de la majorité des personnes constituant une société, à long terme, est celui qui fait l'inventaire des spin-offs (voir chapitre V). La création d'emplois est non seulement la meilleure des retombées économiques mais aussi le garant d'une certaine qualité de vie

car une économie à fort taux de chômage ne peut déboucher que sur une dégradation générale des conditions de vie.

Un autre critère d'évaluation, l'inventaire des services à l'industrie, est certainement lié à des retombées économiques. Toutefois cet apport de la recherche publique au secteur privé n'est pas à comparer avec celui induit par les spin-offs. Une grande partie des services offerts par les institutions de recherche publiques pourrait l'être par des entreprises du secteur privé, à des prix plus élevés il est vrai. Le calcul des coûts réels d'activité en R/D publique n'est de loin pas aussi évolué et représentatif que celui pratiqué, par obligation économique, dans le secteur privé.

L'inventaire des brevets est lié à celui des spin-offs. En effet, il est correct de penser que la plupart des spin-offs, pour leur décollage, doivent disposer d'une technologie protégée par un brevet. Dans certain cas, il est plus avantageux de garder confidentiels les détails d'une technologie surtout lorsque celle-ci a lieu dans un domaine en développement très rapide. La grande majorité des brevets ne conduisent à aucune retombée économique par conséquent leur inventaire n'est pas significatif, le nombre de brevets profitables n'étant pas proportionnel au nombre total des brevets déposés par une institution.

L'inventaire des lauréats du Prix Nobel n'est malheureusement pas utilisable car il correspond à un phénomène beaucoup trop limité et rare pour être utilisé. S'il avait lieu avec une fréquence plus élevée, il pourrait être pris en considération.

Quant à l'inventaire des publications, des citations et le jugement par des pairs, il est très difficile d'en tirer quelque conclusion que se soit sur l'efficacité et la qualité d'activités de recherche.

### *2.3. Définition d'une vision technologique*

Par analogie avec tout mécanisme évolutif naturel, le développement technologique d'une nation ne peut se faire que dans le cadre d'une vision bien définie. Cette dernière agit comme une force motrice du processus de développement. La Suisse a besoin d'une telle vision pour mobiliser les chercheurs, les entrepreneurs et la jeunesse. Cette vision devrait s'inscrire dans le cadre d'une nouvelle dimension économique liée à la qualité de la vie. Toute l'énergie intellectuelle présente, déployée dans le domaine technologique, peut et doit se libérer pour "innover" vers une meilleure "qualité de la vie". Une telle aspiration économique sera le meilleur gage d'un développement social harmonieux.

Aucun processus d'innovation ne peut être amorcé et mené à bien sans "créativité". Un travail intellectuel est créatif dès l'instant où il établit de nouvelles relations entre des informations connues. Il s'agit beaucoup plus d'innover que d'inventer car,

contrairement aux innovations, peu d'inventions conduisent à des développements économiques [THOM, 1992].

Un gros effort de créativité doit être fait dans le sens de l'innovation. La vision de la créativité et l'innovation au service du bien-être et de la qualité de la vie peut constituer un cadre idéal, schématisé dans la figure 27 pour une politique nouvelle de la science et de la technologie. La politique déployée jusqu'ici s'est contentée d'inciter les chercheurs, par des moyens financiers importants, à étudier et développer des technologies considérées comme stratégiques par les grandes nations industrielles. Ces études n'ont jamais eu de cadre moteur ou porteur visionnaire.

La vision doit être transmise aux chercheurs ainsi qu'à tous les acteurs de la vie économique suisse grâce à des grands projets nationaux. La Suisse doit identifier, à sa taille, une sorte de projet "Apollo" qui pourrait mobiliser tous les chercheurs et entrepreneurs du pays. Il faut un ou deux projets innovateurs, ambitieux, stimulants, qui regrouperaient et passionneraient les meilleurs scientifiques. C'est en affichant une telle vision à l'échelon national que l'on pourra prétendre à une pleine participation aux grands projets européens. Plutôt que d'attendre les consignes mobilisatrices de l'Europe, il faut sans tarder montrer l'exemple par des initiatives nationales. Il faut imaginer de grands vrais projets, connus et suivis par toute la population et qui donneraient envie aux jeunes de participer à cette formidable aventure technologique. On pourrait alors renoncer aux dizaines de PNR générant des centaines de projets sous-critiques et disparates. Il n'est nul besoin d'accroître les dépenses dans le domaine de la science et de la technologie, elles sont déjà considérables; il suffit de changer leurs attributions.

Pour concevoir de tels projets, il faut des responsables politiques ayant non seulement une formation économique mais aussi scientifique. Il est urgent d'inciter une catégorie de scientifiques à acquérir de bonnes connaissances d'économie. Depuis quelques années, et c'est une grande chance, une catégorie bien définie de scientifiques (les écologistes) s'impliquent dans la politique pour protéger, préserver l'environnement à un niveau global. Pendant des décennies, des politiciens ont encouragé et incité des développements industriels pouvant conduire à la fin de toute vie sur terre. Le dernier congrès de Rio, la nomination à la vice-présidence des USA d'une personnalité profondément préoccupée par l'évolution écologique de la planète est un grand réconfort que l'on doit aux actions des scientifiques écologiques. De telles actions doivent maintenant avoir lieu dans le domaine de la science et de la technologie. Des scientifiques doivent participer très activement aux choix politiques de développements technologiques. Cela comblera le fossé important existant entre les milieux politiques et économiques d'une part et scientifiques d'autre part représenté dans la figure 28.

Il serait aussi très utile de donner de bonnes bases scientifiques à une catégorie d'économistes désirant s'occuper du développement scientifique et technologique du pays. Un grand nombre d'études économiques de développement technologique de la

Suisse ont été faites. Très peu d'entre elles ne s'intéressent à l'existence d'une vision, d'un grand projet.

Il est impressionnant de voir les responsabilités croissantes prises par des politiciens non scientifiques dans des domaines hautement technologiques pour lesquels ils n'ont pas une très bonne compréhension. Contrairement aux scientifiques qui sont des créateurs, les économistes établissent des constats et des modèles expliquant et prévoyant le comportement des hommes, l'évolution de la société. Leur important rôle n'est pas de transmettre des visions technologiques mais au contraire d'en estimer l'impact économique et social sur la société.

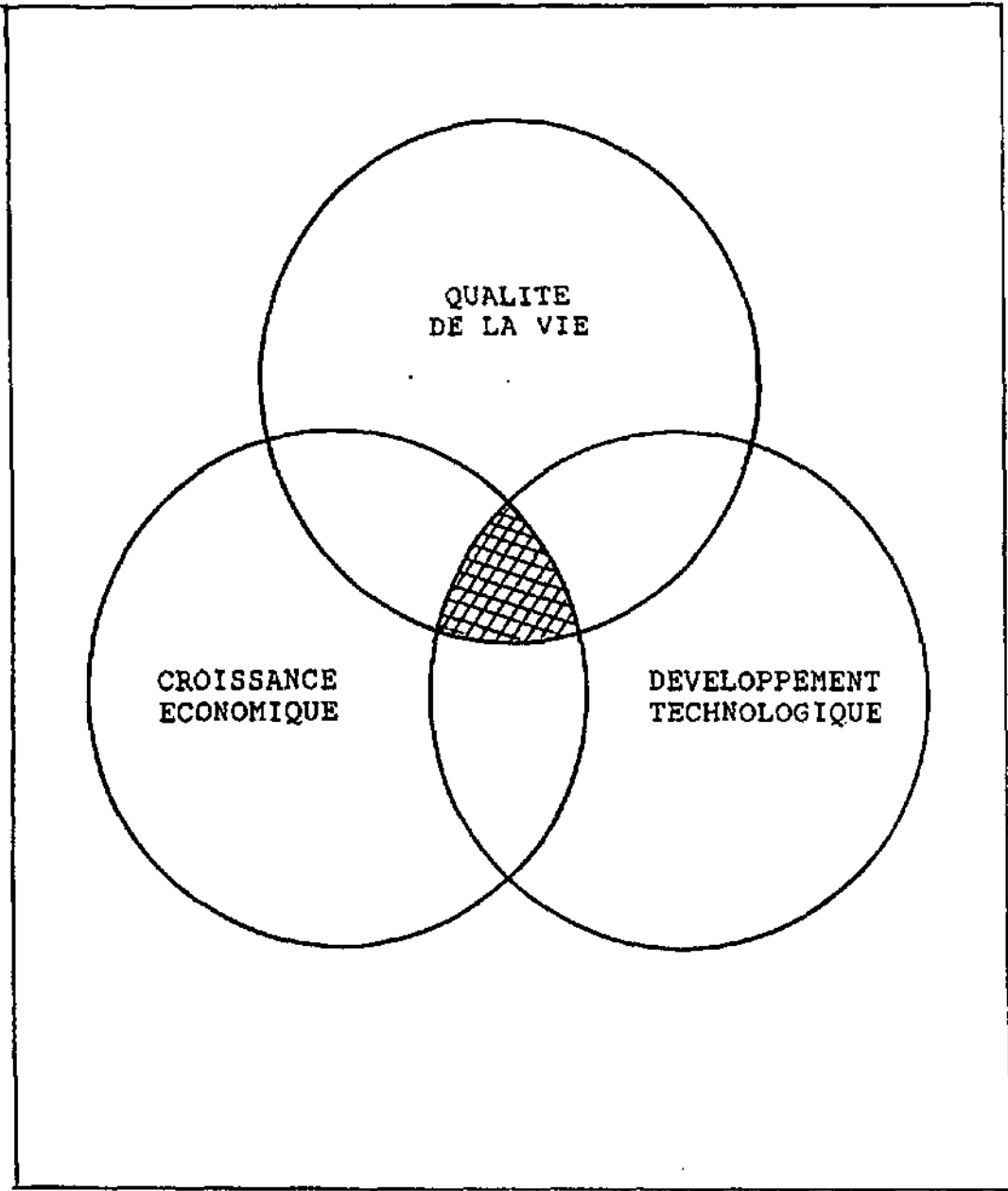


FIGURE 27:      Domaine du développement technologique en harmonie avec l'économie et la qualité de la vie

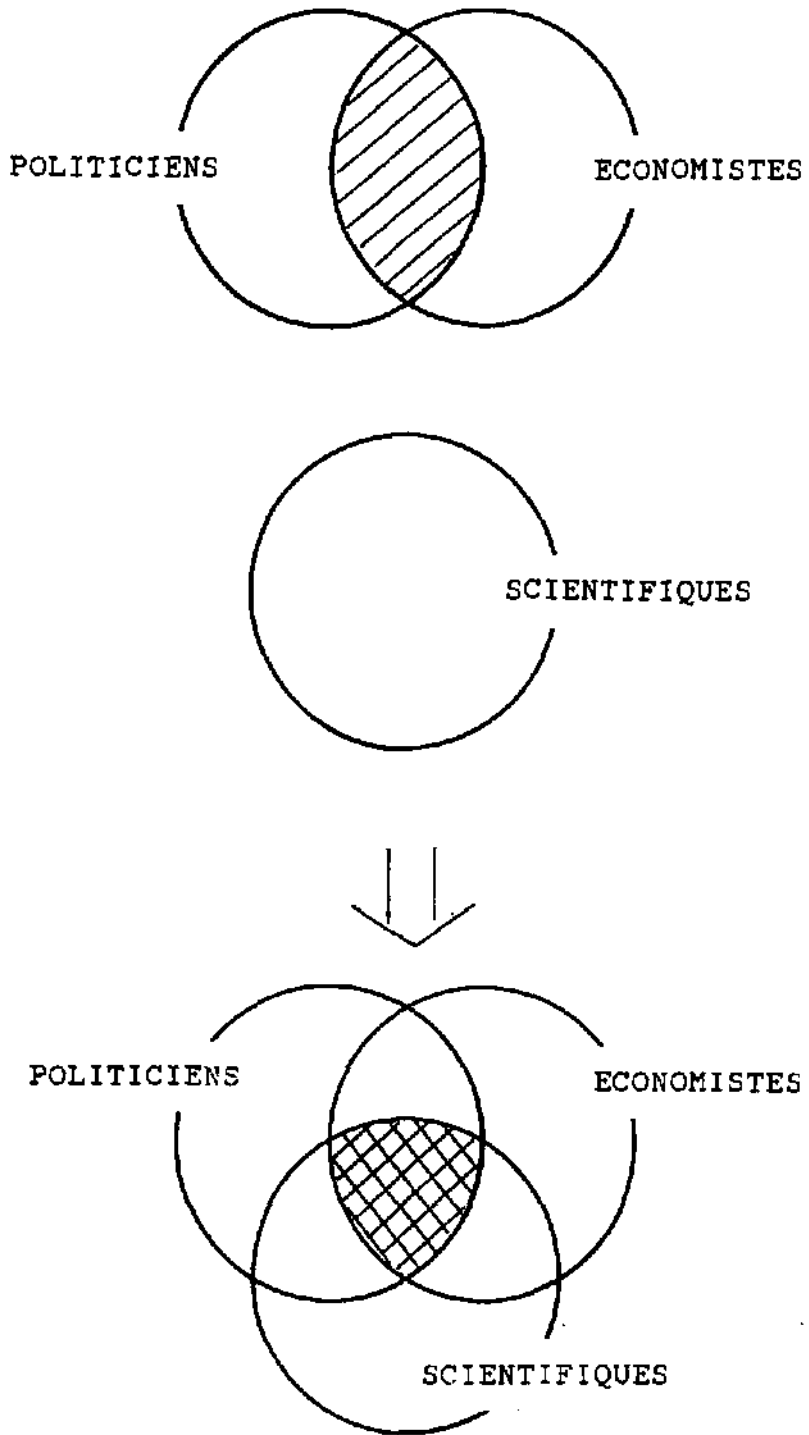


FIGURE 28: Création d'une nouvelle catégorie de politiciens d'origine scientifique

Les économistes ne sont nullement responsables de l'inexistence d'une vision technologique. Ils ont en fait tout simplement comblé le vide politique laissé par les scientifiques. Les seuls responsables sont les scientifiques qui n'ont toujours manifesté que très peu d'intérêt à la chose publique. Or il est évident que les grands choix technologiques font partie de la chose publique et il est temps que les scientifiques assument leurs responsabilités en complétant leur formation par des bases économiques et en s'occupant activement de la gestion du développement scientifique et technologique de leur région qui est la Suisse, ainsi que leur continent et finalement leur planète tout entière. C'est en allant dans cette direction que l'on évitera les grandes catastrophes écologiques qui frappent périodiquement le monde actuel. C'est aux scientifiques responsables de donner à la Suisse la vision technologique qui lui fait si cruellement défaut. Un projet du type "Swissmetro", la construction d'un réseau de métros reliant les grandes villes du pays, proposé par l'EPFL, pourrait constituer une excellente vision pour l'ensemble des scientifiques suisses. Des problèmes de tous ordres se poseraient faisant intervenir toutes les sciences techniques, avec des aspects aussi bien fondamentaux qu'appliqués.

Il est tout-à-fait compréhensible de voir toujours plus d'économistes s'intéresser aux développements scientifiques et technologiques, car c'est certainement le côté le plus spectaculaire et passionnant de l'évolution des hommes et de leur milieu naturel. Il serait rassurant de voir maintenant les scientifiques partager les responsabilités de ce volet toujours plus important de l'évolution humaine.

Il est important de définir les critères fondamentaux que doivent satisfaire des technologies compatibles avec une telle vision :

- Technologies bien contrôlées n'entraînant aucun risque significatif pour le milieu biologique et humain.
- Technologies utilisant un minimum de ressources naturelles et requérant un maximum de valeur ajoutée.
- Technologies facilitant, au sens large, l'épanouissement des gens et du milieu naturel et augmentant le bien-être général.
- Technologies multidisciplinaires interactives
- Technologies utilisées dans des domaines bien définis, en dehors des voies choisies par les grands pays.

S'il n'est pas du tout nécessaire d'être à l'origine des nouvelles technologies, il est en revanche essentiel d'en détecter l'émergence le plus tôt possible afin d'être parmi les premiers à les développer et les valoriser.

#### 2.4. *Le lancement de grands projets*

La meilleure façon de faire progresser la technologie est de confier à un grand nombre de chercheurs un projet unique, bien concret, avec un objectif précis, pour une durée bien définie. Les activités des différents groupes seraient suivies très attentivement par des experts de la Confédération. Ceux-ci montreraient, par leur implication au projet, l'intérêt que porte le mandant, c'est-à-dire la Confédération. Cette dernière deviendrait le "client" exigeant et motivant. Les scientifiques n'ont pas besoin d'assistance; ce dont ils ont besoin, c'est un vrai projet d'intérêt national avec des objectifs très ambitieux qui leur permettent de donner le meilleur d'eux-mêmes, de se surpasser. Actuellement, des crédits très importants sont mis à disposition des scientifiques par les politiciens; les scientifiques les utilisent de façon dispersée et sous critique. Avec ce schéma, il est impossible de convenir d'un grand projet commun et il est peu probable de voir fixer des objectifs ayant un impact national. Les projets fédéraux doivent être suffisamment ambitieux pour qu'ils impliquent une recherche de base importante, avec en point de mire, des retombées économiques pour le pays.

#### 2.5. *Le réseau d'innovation et le développement régional*

Le développement régional et le regain d'activité qu'il engendre joue un rôle important dans la création d'emplois. A l'étranger, l'un des aspects les plus intéressants de ce processus est la participation de plus en plus active des universités américaines à la vie économique. Cette participation est rendue possible grâce aux innovations techniques qu'elles ont produites, aux liens entre le corps enseignant et les entreprises, et surtout aux facteurs de stimulation que constitue une université active pour les programmes régionaux d'éducation, de formation et de recyclage, les activités culturelles, le développement immobilier et les nouveaux investissements en général.

Dans le cas des USA, presque toutes les régions ont connu ce phénomène [OCDE, 1989c]. Les exemples les plus célèbres sont la "Route 128" près de Boston, la "Silicon Valley" au sud de San Francisco, et le "Research Triangle" en Caroline du Nord. La présence d'une grande université peut avoir une influence considérable, mais elle n'est pas absolument nécessaire au développement régional. Il existe des régions, par exemple Long Island, qui possèdent un tissu d'entreprises d'électronique militaire et où les innovations technologiques se firent sans le concours d'une grande université.

La participation de l'université doit se fonder sur la volonté et l'esprit de collaboration de l'administration et des enseignants. La seule présence d'une grande université ne suffit pas à assurer la croissance d'une région. Il y a beaucoup de grandes universités qui n'ont pas produit de "Route 128", bien que la plupart soient plus actives dans ce domaine qu'il y a vingt ou trente ans. Le développement de la "Route 128" provient à l'origine d'une forte interaction entre l'industrie d'une part, le MIT et ses enseignants d'autre part, et non de la présence dans la région des nombreuses autres universités prestigieuses.

Qu'il s'agisse de créer des entreprises ou d'ouvrir des possibilités nouvelles aux entreprises existantes, la valorisation des innovations produites par les universités représente un aspect important de la croissance économique directe. Il y a aussi un rôle indirect significatif, notamment en créant un climat stimulant pour l'industrie, en renforçant l'enthousiasme de la population et des hommes politiques, et en inspirant confiance dans l'avenir, donc en favorisant au maximum l'investissement.

Ces arguments sont aussi valables pour la Suisse. Il ne suffit pas de créer un institut de recherche, un technoparc, pour voir s'installer de nombreuses entreprises dynamiques et modernes. Ce qui compte le plus, c'est d'avoir un "germe" d'innovation, une entreprise "pionnière" de son domaine, un groupe de recherche d'audience internationale. Sans ce noyau, le développement d'une région peut rester stagnant et morne. Que ce soit à Boston avec la création de la firme "Digital Equipment Corporation", un spin-off du MIT, à San Francisco avec la création des firmes "Hewlett-Packard" et "Varian Associates", deux autres spin-offs du MIT, ces deux régions célèbres se sont développées autour d'entreprises innovatrices. Un effet incontestable de "contagion" a lieu autour d'entreprises à grande valeur innovatrice. C'est effet est observable dans la plupart des régions technologiques à succès. On peut construire les plus luxueuses infrastructures de technoparcs sans pour autant voir des entreprises venir s'y établir et se développer.

On pourrait comparer une région technologique à un "coin de champignons"; sans la présence à un endroit précis d'un seul de ces champignons, la probabilité d'en voir proliférer d'autres est très faible, voire nulle. On peut prendre de nombreuses mesures, dépenser beaucoup d'argent sans déclencher le phénomène d'apparition de champignons, ou d'entreprises technologiques comme le suggère la figure 29. Si les technoparcs suisses connaissent beaucoup de problèmes à se développer, c'est qu'il manque, à l'origine du technoparc, une entreprise phare qui, par effet de contagion, attire d'autres entreprises.

S'il est facile, pour un scientifique, de comprendre cet effet de contagion, il l'est beaucoup moins pour un politicien qui s'imaginera souvent qu'il suffit de construire un centre technologique avec une centaine de chercheurs pour créer les conditions de développement technologique d'une région. Les exemples ne manquent pas en Suisse où la création de tels centres n'a nullement été suivie de l'établissement d'entreprises innovatrices, de spin-offs.

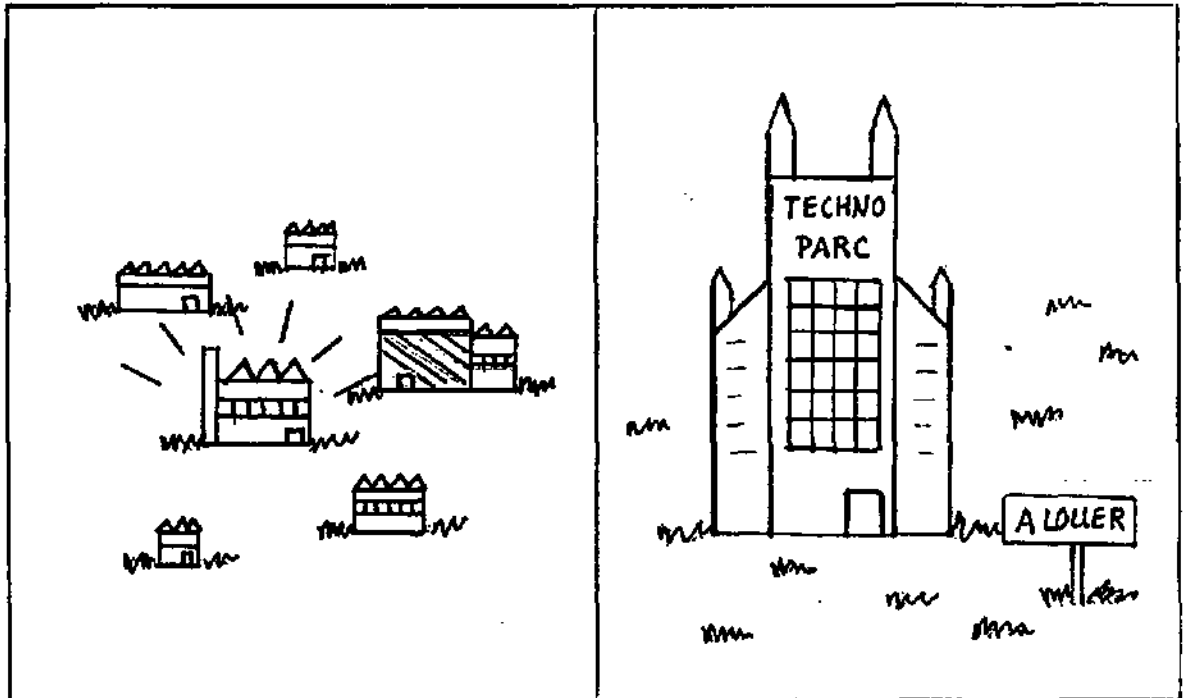
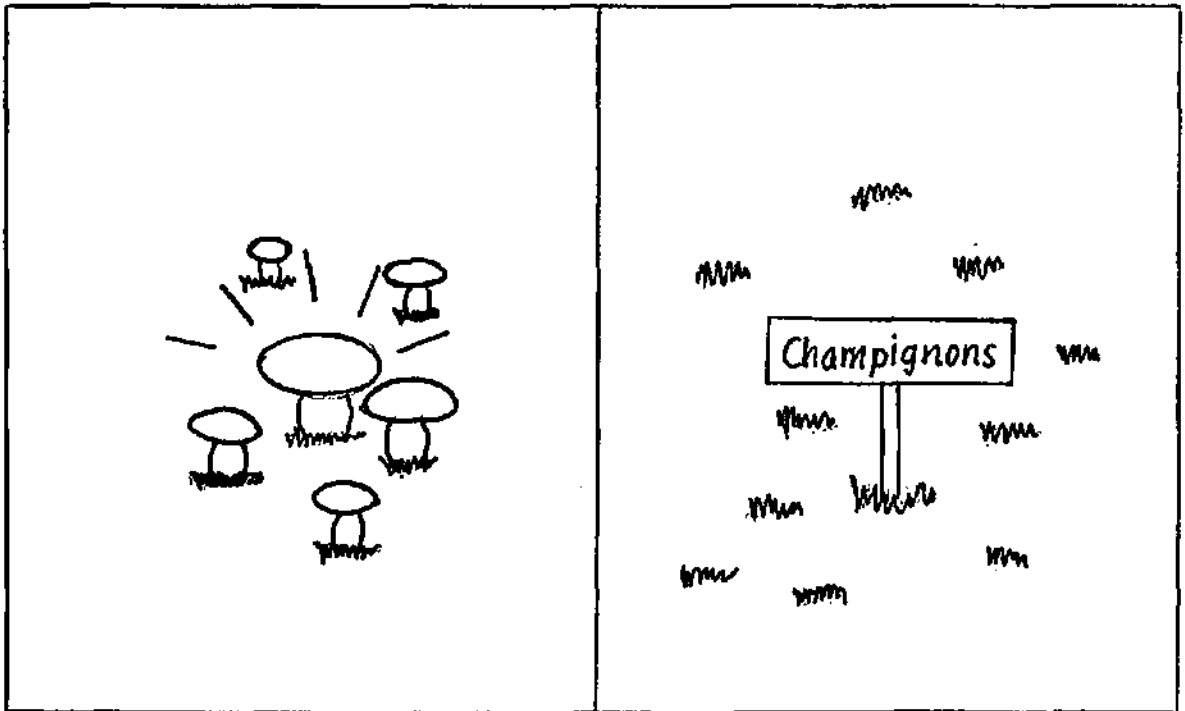


FIGURE 29: Il ne suffit pas de créer un parc technologique pour engendrer un développement technologique

L'exemple de la région du nord-ouest des USA (les Etats de l'Orégon et de Washington) est particulièrement intéressant. Durant des décennies, cette région n'était connue que pour son industrie "Boeing". En 1979, la très importante firme d'électronique "Intel" se déplaça de la "Silicon Valley" à la région de l'Orégon. De nombreux collaborateurs refusèrent de quitter la Californie pour ce qui paraissait être une région sans intérêt, pourtant la nouvelle implantation a vite connu le succès. Suite à cette implantation, dans les années 80, des dizaines d'entreprises firent le même mouvement et connurent le même succès. Aujourd'hui, aucun scientifique de ces entreprises ne voudrait retourner en Californie. L'entreprise "Microsoft" s'y développa en commençant avec un chiffre d'affaires de 24 millions de dollars en 1982 pour atteindre le chiffre impressionnant de 1.8 milliards en 1992. Quelque 1500 autres entreprises de logiciels vinrent s'installer dans la région, parmi elles une cinquantaine de compagnie de biotechnologie près de Seattle. Hewlett-Packard s'installa également dans l'Orégon. Depuis 1984, quelque 25 compagnies japonaises d'électronique ont investi plus de 750 millions de dollars dans le nord-ouest, employant plus de 6300 personnes.

Ce qui distingue cette région des autres régions technologiques américaines, c'est sa capacité de création et multiplication de nouvelles compagnies. La majorité des entreprises de haute technologie sont nées dans la région, les plus connues étant Microsoft, Tektronix et MacDonald Dettwiler. Des centaines de plus petites entreprises sont issues de ces firmes d'origine. A elle-seule Tektronix a donné naissance à plus de 22 spin-offs. L'industrie de la biotechnologie autour de Seattle, en pleine expansion, est principalement constituée de spin-offs d'institutions de recherche telles que l'Université de Washington et le centre de recherche sur le cancer "Fred Hutchinson". Au Canada, l'Université de British Columbia proclame être à l'origine de 81 spin-offs employant quelque 5000 personnes.

Comment un tel développement a-t-il pu se passer ? Des enquêtes faites dans la région ont révélé que la qualité de la vie était un argument important pour expliquer ce succès [BUSINESS WEEK, 1992]. Les raisons évoquées ont été: la rapidité des déplacements au lieu de travail, une nature propice aux loisirs, des logements à prix raisonnables, une faible criminalité et un air pur. La vitalité de la région semble être due plus à une éclosion spontanée qu'à une planification du gouvernement. Ce qui semble avoir été décisif est le succès initial de quelques entreprises clés, telles que Tektronix, Microsoft, MacDonald Dettwiler, Mentor Graphics and Sequent. Toujours selon l'enquête mentionnée ci-dessus, ces succès ont créé un climat d'entrepreneuriat qui a produit une réaction en chaîne de spin-offs et de nouvelles entreprises. Un propos recueilli auprès d'un entrepreneur était: "When you see successful companies happen, you think, Gee, I know that guy. I could do that, too".

Il y a des limites au phénomène du nord-ouest. Les entreprises de haute technologie ne fournissent que 5 pour cent du total des places de travail de la région. Il manque aussi le réservoir de scientifiques talentueux que l'on trouve à Silicon Valley ou à Boston.

Ce qui manque particulièrement à l'Orégon, c'est un centre de recherche de classe mondiale.

Une explication à l'émergence de la région en tant que centre de technologie est que la tendance à se tourner vers un marché international a eu lieu plus tôt et de façon plus enthousiaste que pour bon nombre d'autres compagnies américaines d'autres régions. Du fait que le nord-ouest est éloigné des marchés importants des USA, beaucoup d'entrepreneurs ont établi des liens étroits avec les marchés asiatiques et européens. Malgré ce développement réjouissant, le fondateur de l'entreprise "Sequent" affirme que sa région, le nord-ouest, possède encore 50 années de retard sur le MIT et Caltech en évoquant les instituts technologiques de l'Orégon.

Il est clair que la Suisse ne peut, du point de vue technologique, ni se comparer au Massachusetts, ni à la Californie. Cependant, plusieurs points communs existent avec la région du nord-ouest. En premier lieu, ce qui se passe dans cette région nous donne la vraie dimension d'un espace technologique. Les Etats de l'Orégon, Washington et le sud de la province canadienne de British Columbia représentent une superficie de plus de 500'000 km<sup>2</sup>, soit 12 fois celle de la Suisse. L'idée de définir, en Suisse, une micro région autour d'un institut de recherche ne correspond à aucune réalité technologique.

Une région technologique est constituée de plusieurs centres de très haut niveau, ainsi qu'une dizaine d'institutions de qualité pour former un réseau d'innovation. Par la quantité, c'est ce que possède déjà la Suisse tout entière. Ces centres pourraient être un peu mieux distribués sur le territoire afin d'assurer un développement technologique plus ou moins uniforme dans le pays. Seul, le Tessin est éloigné d'un centre technologique important. Si l'on corrige cette lacune, il est tout-à-fait raisonnable de considérer l'étendue de la Suisse comme l'espace d'une petite région à laquelle on pourrait sans autre ajouter partiellement les départements et Länder frontaliers français, allemands et italiens. Comme il est encore difficile d'adopter des attitudes politiques communes entre la Suisse et ses voisins qui consistent en autre chose que des relations courtoises de bon voisinage, c'est sur le territoire suisse qu'il faut placer l'unité de région technologique.

Tout développement technologique ne peut se faire qu'en ayant une politique globale, axée sur les trois grands marchés américain, asiatique et européen. Pour ces continents et les entreprises et institutions de haute technologie avec qui il faut entrer en étroite collaboration, la Suisse est un point sur la carte du monde et ce n'est que confusion si une différenciation est faite entre régions lémanique, zurichoise, jurassienne, neuchâteloise ou fribourgeoise. Cela correspondrait à considérer différemment, depuis la Suisse, deux entreprises de Los Angeles, suivant qu'elles sont situées au sud ou au nord de la ville. Une concurrence entre micro régions suisses ne peut que mettre en évidence les difficiles collaborations intercantionales et dissuader des entreprises aux vues globales à venir s'établir en Suisse. Un premier pas important à effectuer par les responsables politiques suisses est de considérer la Suisse comme faisant partie d'une seule région technologique, ouverte aux collaborations globales.

Comme la région du nord-ouest des USA, la Suisse a la chance immense d'avoir su préserver une qualité de vie parmi les meilleures au monde. De plus en plus, cet argument va peser dans les choix géographiques des implantations industrielles technologiques. Cette qualité est la principale responsable des visites que font volontiers des savants de haut niveau dans nos écoles polytechniques. Ceux-ci, souvent à la fin d'une brillante carrière scientifique, passent volontiers quelques mois en séjour sabbatique en Suisse pour goûter aux splendeurs du pays. Il est toujours intéressant de noter que le premier souvenir que gardent ces personnalités de retour chez elles, était leur joie sur les champs de ski, leur détente sur le lac Léman et les promenades en montagne; c'est en insistant que l'on est informé sur leurs activités scientifiques en Suisse.

Une récente enquête des offices du tourisme genevois et vaudois a révélé au grand jour cette incompréhension des milieux internationaux, notamment japonais, face à l'insistance des Suisses à diviser et différencier chaque parcelle de leur petit pays. Cette création artificielle d'un microcosme helvétique coûte beaucoup d'efforts et d'argent et discrédite l'ensemble du pays. Ce qui est vrai pour le développement touristique l'est aussi pour le développement scientifique et technologique. C'est ainsi que les responsables genevois et vaudois du tourisme ont décidé d'unifier leurs efforts de promotion du tourisme en ne parlant plus que de la région du lac de Genève, de Genève à Montreux. Dans quelques années, tous les responsables du tourisme en Suisse se mettront d'accord pour vanter les qualités du pays considéré dans son ensemble. Il serait bon que les responsables cantonaux du développement économique s'unissent pour promouvoir, dans les années à venir, un développement technologique efficient au niveau national.

Dans le domaine de la technologie, il y a lieu de définir deux types de réseaux bien distincts; d'une part il y a un réseau local dont les noeuds sont constitués par une dizaine d'institutions publiques de recherche et développement et quelques centaines d'entreprises pluridisciplinaires, à fort effet de synergie, réparties sur quelques dizaines de milliers de km<sup>2</sup>; d'autre part, il y a le réseau global constitué de groupes de recherche de haut niveau disposant de moyens expérimentaux très importants. Le nombre de choix technologiques que la Suisse a fait détermine le nombre de noeuds du réseau global qu'elle doit avoir sur son sol. On veillera à ne créer qu'un seul de ces noeuds par domaine technologique, pour des raisons économiques et d'efficacité évidentes. C'est dans les autres nations technologiques qu'il faut rechercher la diversité dans un domaine précis et non pas sur un petit territoire de l'échelle de la Suisse.

Les éléments de base du réseau régional d'innovation avec leurs interactions sont représentés dans la figure 30. Ce sont:

- un bon système d'enseignement primaire et secondaire (identifiant et favorisant tout "entrepreneur potentiel")

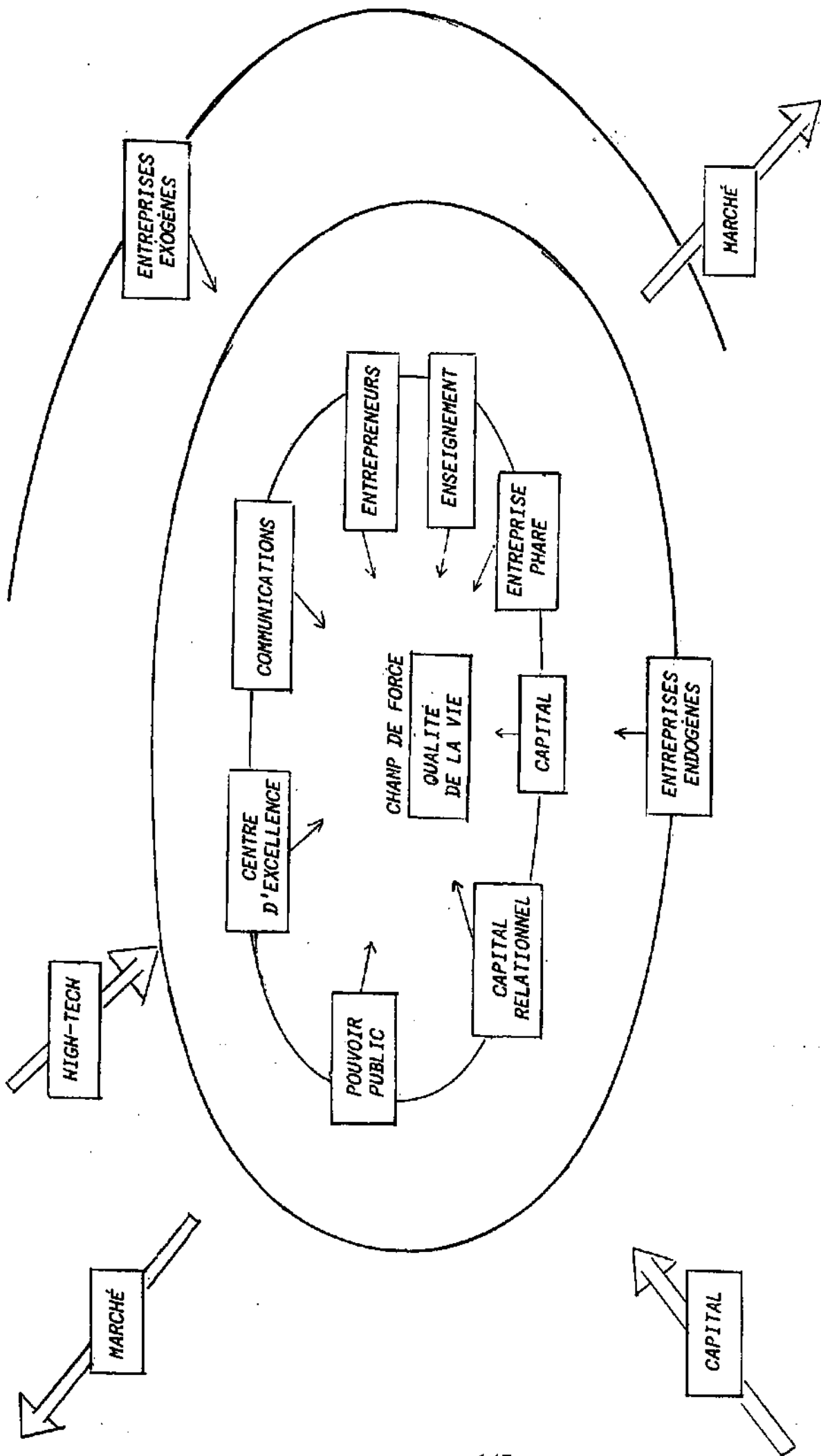


FIGURE 30: Les éléments principaux du réseau d'innovation dans leur champ d'interaction

- plusieurs centres de recherche technologiques
- des entreprises endogènes orientées sur le marché global
- des entreprises exogènes orientées sur le marché global
- autant d'entrepreneurs que possible
- de bonnes communications routières et ferroviaires
- un pouvoir public éclairé
- quelques entreprises "phares"
- au moins une source de capital-risque

Pour que ces éléments constituent une trame solide en expansion, il faut un capital relationnel qui va être le moteur du développement de la trame technologique. Les gens impliqués dans chacun de ces éléments doivent se rencontrer pour maintenir et agrandir cette dernière. Les pôles d'attraction des acteurs du réseau seront, par exemple, les centres technologiques.

D'intéressantes initiatives ont été prises pour encadrer les nouveaux entrepreneurs [MAILLAT, 1988]. Ce dont les régions ont besoin, ce sont des actes concrets, compréhensibles de tous, conduisant les acteurs de la scène technologique régionale à se rencontrer, se connaître et à innover ensemble.

Par la tenue de rencontres à large intérêt, organisées de façon conviviale pour générer des discussions entre les différents noeuds du réseau régional, les acteurs du développement technologique de la région vont se parler, se comprendre, fraterniser. Ces rencontres doivent être périodiques et fréquentes. Leur objectif étant extrêmement important, un budget convert par la communauté doit être prévu à cet usage.

L'organisateur de ces rencontres doit être talentueux. Il doit avoir un rayonnement naturel, propice à mettre les gens en confiance, à les attirer. Ce type de personnalité est rare toutefois il s'en trouve forcément une ou deux dans une région. En aucun cas les sujets des rencontres doivent être d'un haut niveau scientifique. Encore une fois, elles doivent intéresser des politiciens, des économistes, des chefs d'entreprises, des investisseurs. Leur succès devrait tenir du fait qu'elles seraient un point de rencontre de gens de qualité. Il va de soit qu'aucune redevance, finance d'inscription ne sera demandée. On pourra instaurer un système automatique d'invitations personnelles. On invitera des personnalités de tous azimuts pour stimuler périodiquement le potentiel d'innovation du groupe. Le niveau, le succès ou l'échec de cette entreprise, car s'en est une, dépend grandement de son responsable. Du point de vue économique, cette action est au moins aussi importante que toute campagne au Japon ou en Amérique faite par

un service cantonal de la promotion économique pour attirer des entreprises étrangères dans une région.

La démonstration de l'utilité des réseaux d'innovation n'est plus à faire. Aucun économiste ne conteste le bienfait des synergies entre entreprises, centres de recherche et hautes écoles. Où des lacunes importantes apparaissent dans beaucoup d'études économiques du développement régional, c'est dans l'ignorance ou la sous-estimation des facteurs "qualité" et "temps" des divers éléments du réseau. Pour qu'une région, par exemple la Suisse, réussisse son redécollage technologique, elle a un besoin impératif de deux ou trois centres de niveau international. La seule existence d'une université, d'un laboratoire, n'est en aucun cas suffisante pour créer le développement technologique. Des moyens financiers généreux sont non plus garants de ce développement technologique. Ce qu'il faut, ce sont quelques groupes de recherche au front de la technologie, dirigés par quelques scientifiques innovateurs de classe mondiale, c'est-à-dire ayant donné à la science et technologie quelques apports significatifs reconnus par toute la communauté scientifique.

La difficulté est bien sûr dans le recrutement de ces germes innovateurs qui vont fertiliser l'espace suisse. C'est là, de nouveau, que la présence de politiciens comprenant le monde de la technologie, c'est-à-dire des personnalités ayant une bonne formation scientifique, doit intervenir. Pour la Suisse il ne s'agit nullement d'augmenter les dépenses consacrées à la recherche et au développement. L'étape à franchir, et c'est le deuxième pas à faire, est de réduire le nombre considérable des domaines de recherche en cours et d'arrêter tous les efforts dispersés sous-critiques. Ainsi, au lieu de financer quelques centaines de domaines sous-critiques du point de vue qualitatif, il y a lieu de constituer quelques dizaines de foyers d'innovation ayant de bonnes chances de produire cet important effet de contagion décrit précédemment. Avec un champ d'activité ciblé, non universel, il est plus facile d'inculquer à la population et surtout aux chercheurs et aux jeunes en général une vision scientifique et technologique.

Un autre élément capital du réseau d'innovation est le facteur "temps". Alors qu'à l'époque il était possible de discuter durant des mois, voire des années sur une éventuelle collaboration entre partenaires industriels ou universitaires, aujourd'hui, cela n'est plus possible. Les Etats-Unis l'ont fort bien compris, ce qui les amène actuellement à créer des "virtual corporations" ou des sociétés unies pour une durée précise sur un objectif précis [BUSINESS WEEK, 1993]. Aussitôt que l'objectif est atteint, les sociétés reprennent leur indépendance pour recréer d'autres associations ponctuelles avec d'autres partenaires, pour réaliser d'autres objectifs. Le temps qu'il faut généralement pour effectuer des regroupements d'entreprises ou d'institutions de recherche publiques se fait souvent en un temps très long, plusieurs mois d'actes juridiques. Ces procédures sont considérées maintenant comme trop longues et ne favorisent pas la flexibilité des partenaires.

A force de mesurer le temps avec toujours plus de minutie, les suisses en ont oublié sa signification première. Le temps suisse est devenu un espace à mesurer, alors que pour les sociétés technologiques modernes, il indique un espace mis à profit pour innover. La notion du temps est fondamentalement différente pour le suisse qui va perfectionner sans fin ce qu'il fait, comme si le temps s'arrêtait périodiquement, alors que l'asiatique va continuellement innover.

Un réseau d'innovation ne peut exister que si le facteur temps est bien compris par tous les acteurs en présence. Si un élément du réseau a figé son espace temps, il va bloquer tous le processus de synergie du réseau.

Une description des principaux éléments constituant le nouveau réseau d'innovation suisse est donnée dans les paragraphes suivants. Les relations entre ces différents éléments sont naturelles et n'ont nullement besoin d'être spécifiées. La proximité de centres formant un ensemble pluridisciplinaire est le cadre idéal pour le développement d'innovations.

Un développement régional ne se crée pas par une étude économique et l'établissement de règles subtiles. L'élément fondamental du développement technologique est la présence d'une entreprise "phare", véritable pôle d'attraction pour d'autres entreprises, catalysatrices d'innovations et de vocations d'entrepreneurs. Cette entreprise, qui joue en quelque sorte le rôle de reine dans un essaim d'abeilles, ne peut être issue que d'un groupe de recherche de haut niveau, de classe internationale.

## *2.6. Le Département fédéral de la science et de la technologie*

Une importante démarche à effectuer pour déployer une politique de la science et de la technologie claire et bien comprise est de donner aux responsables de cette politique tous les moyens nécessaires pour atteindre les objectifs. Cela implique la constitution d'un Département fédéral de la science et de la technologie, responsable de toutes les actions de recherche et développement accomplis par la communauté publique.

Vu l'importance de la science et de la technologie sur l'évolution du pays, la création d'un département consacré à ce domaine est pleinement justifiée. Cette question est périodiquement débattue toutefois le manque de conviction des responsables économiques et politiques en place n'a pas encore permis de franchir ce pas décisif.

Le nouveau département doit être important par son dynamisme, son enthousiasme et sa clairvoyance et non pas par son ampleur. La situation économique très favorable de la Suisse, ces vingt dernières années, a permis de créer des multitudes de groupes de recherche indépendants, en citadelles, offrant un confort très apprécié. Ce type de situation n'est plus concevable aujourd'hui sur un aussi petit territoire que celui de la Suisse.

Les délais considérables (15 ans ou plus) observés maintes fois pour opérer un changement de la politique d'éducation, les très faibles retombées économiques de nos importants investissements en matière de R/D incitent aujourd'hui certains responsables politiques à adopter un système efficace très différent du système confédéral. Ce dernier a fait la preuve qu'il était très difficile, avec une telle dispersion des responsabilités, d'établir un système d'éducation souple et dynamique, sur un petit territoire comme la Suisse. Il est tout-à-fait compréhensible que des grandes nations, au territoire très vaste, donnent toujours plus d'autonomie, dans le domaine de l'éducation et la recherche, à leurs régions souvent beaucoup plus grandes que la Suisse. On peut éventuellement subdiviser la Confédération en deux zones, correspondant approximativement aux régions géographiques de langue allemande d'une part et française et italienne réunies d'autre part. Dans ces deux régions, il est pratiquement toujours possible de relier n'importe quels centres d'activité technologiques entre eux en 90 minutes par la route ou le rail.

Pour la Suisse, il ne s'agit plus de s'inspirer de la politique technologique des grands pays et de la réduire, par homothétie, à son échelle mais au contraire de bien étudier celle des petites régions d'étendue comparable à la sienne. S'il peut exister un microcosme pour quelques activités accessoires et de plus en plus marginales, la globalisation de la politique de la science et de la technologie est inéluctable. Il est courant, pour un chercheur, de parcourir périodiquement la planète pour rencontrer des confrères et discuter de problèmes communs.

Pour valoriser une technologie, actuellement, il ne suffit plus d'être moyen ou bon, il faut être excellent. Or ce niveau d'excellence n'est atteignable, au niveau suisse, qu'en unissant les forces du pays. Cette condition est nécessaire, elle n'est toutefois pas suffisante. Dans des cas toujours plus nombreux, c'est en unissant les forces suisses à celles des voisins européens que pourra être atteint un niveau d'excellence. Le problème primordial de la politique technologique suisse n'est pas d'ordre financier. La densité d'équipements de haute technologie par étendue géographique est impressionnante et n'a rien à envier à aucun pays développé.

Il s'agit tout d'abord de concentrer les efforts sur quelques technologies judicieusement choisies et d'y associer les meilleurs chercheurs. Il est faux à tous points de vue de disperser les efforts en faisant de tout à plusieurs endroits. L'argument constamment avancé par les défenseurs et les bénéficiaires du système de dispersion des efforts actuel est qu'il faut créer une saine et stimulante compétition entre groupes de recherche suisses. Pour la quasi-totalité des chercheurs suisses, la compétition stimulante ne vient pas de Suisse mais d'Amérique, du Japon et bientôt de Chine. Une anecdote authentique illustre très bien cette situation: il y a quelque temps, un professeur d'une haute école suisse donnait une conférence dans une école voisine. Tout au long de son exposé, il insistait sur l'excellente collaboration qui s'était établie entre son groupe et un groupe de l'université de Chang-hai. A la fin de son brillant exposé une question lui a été adressée concernant l'activité d'un de ses collègues professeurs spécialisé dans le même domaine que lui et travaillant sur le même étage

que lui. Le conférencier a alors répondu qu'il n'était pas au courant des activités de son collègue à qui il fallait s'adresser directement. Il faut aussi noter que c'est très souvent à des milliers de kilomètres de la Suisse, lors de congrès internationaux, que les chercheurs suisses font connaissance et établissent des liens d'amitié pouvant conduire à des collaborations.

Pour gérer et surtout dynamiser le développement technologique, il faut une organisation simple et efficace. Les figures 4 et 5 présentent la structure fédérale et cantonale actuelle de la recherche en Suisse. D'après leurs auteurs, ces schémas ne sont encore qu'une simplification de la réalité. Leur grande complexité laisse présager de l'extrême difficulté pour les autorités actuelles responsables d'instaurer une politique cohérente et efficace. L'importance de la tâche du développement technologique justifie la création d'un Département fédéral de la science et de la technologie. La figure 32 donne une représentation du Département fédéral de la science et de la technologie.

Ce département, responsable de l'ensemble de la recherche et du développement de la science et de la technologie, serait constitué d'un secrétariat général, d'un organe "Nouvelles Technologies" responsable de l'identification des technologies émergentes et de 4 sections responsables des écoles polytechniques, des universités (sciences exactes), des centres technologiques spécialisés et de la collaboration internationale. On ne peut pas séparer les sections d'après les domaines de technologie, ceux-ci évoluant constamment et étant de plus en plus interdépendants.

Le responsable du Département fédéral de la science et de la technologie va jouer un rôle considérable dans le processus du développement technologique. Contrairement aux autres conseillers fédéraux, il ne sera pas à la recherche continue d'un consensus pour adopter la solution la moins conflictuelle. Il devra, d'une part, être proche des milieux scientifiques actifs suisses et internationaux pour pouvoir dialoguer avec eux, et d'autre part, posséder une bonne formation en économie pour pouvoir convaincre ses collègues, les chambres fédérales et les industriels du bien fondé des choix effectués par son département. Il se doit de parcourir régulièrement les hautes écoles et centres technologiques afin de montrer aux chercheurs ce que l'on attend d'eux et aussi de mesurer le dynamisme et l'enthousiasme de ces derniers et de leurs responsables. Il doit être un homme médiatique, de terrain, symbolisant la vision d'une politique dynamique et claire.

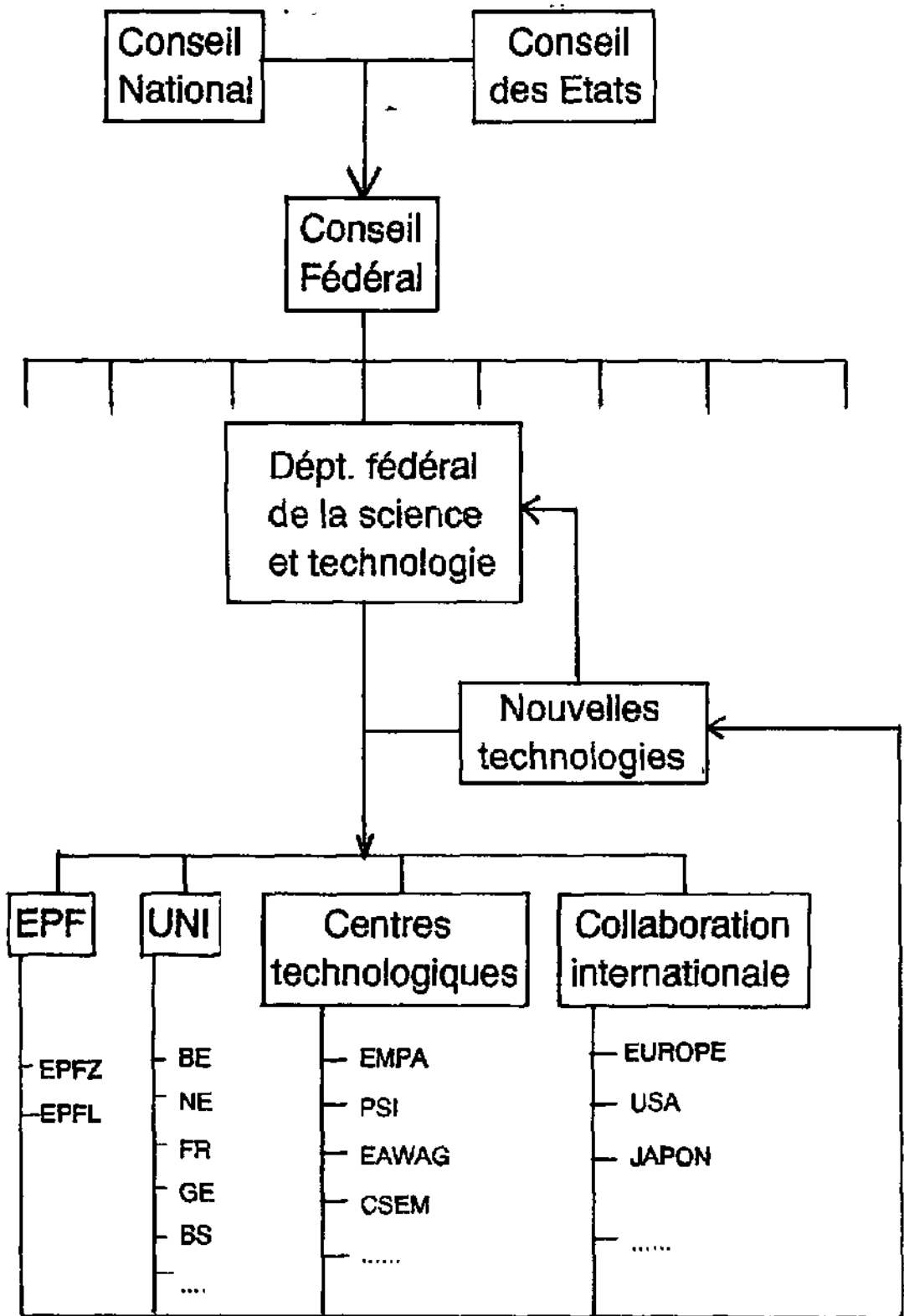


FIGURE 31: La nouvelle structure de la politique suisse de la science et de la technologie

L'organe "Nouvelles technologies" aura la tâche très importante de l'identification des technologies émergentes présentant de l'intérêt pour la Suisse. Elle pourrait être constituée d'une douzaine de scientifiques à large expérience professionnelle, dynamiques et entreprenants, capables de suivre les travaux les plus prometteurs des centres suisses et mondiaux de la technologie. Cette activité n'aura rien d'une activité administrative d'accumulation de données mais au contraire d'un suivi actif de travaux de qualité. Des contacts personnels avec des personnalités scientifiques de premier plan au niveau suisse et international doivent permettre aux membres du groupe "Nouvelles Technologies" de définir des objectifs clairs et judicieux.

Il ne s'agit plus d'avoir un conseil de la science composé de 24 personnalités du monde universitaire, économique et politique suisse, avec leurs intérêts professionnels propres, constituant un organe consultatif. Il s'agit plutôt de créer un petit groupe de personnes objectives, très proche de l'exécutif, ayant une bonne vision pour un développement harmonieux et dynamique du pays.

Toutes les activités technologiques de R/D financées ou subventionnées par la Confédération seront supervisées par un seul département, qu'elles soient d'ordre écologique, médicale, militaire, énergétique ou autres.

Des propositions de grands programmes nationaux avec objectifs précis et concrets seront faites, par l'organe "Nouvelles Technologies", au chef du département et aux responsables des 4 sections. Ces programmes devront mobiliser, motiver et rassembler tous les esprits créatifs du pays. Grâce à des objectifs impératifs bien définis, ces programmes aboutiront à des résultats concrets conduisant à la création d'entreprises. Il ne s'agit donc plus de mettre à disposition des instituts de recherche et des hautes écoles d'importantes subventions pour un domaine de technologie et de financer des dizaines de propositions disparates mais au contraire de définir un objectif unique concret et de faire appel aux groupes de recherche les plus motivés et les mieux à même d'atteindre cet objectif.

Ces programmes, d'une durée de 5 à 10 ans maximum seront régulièrement suivis par des experts neutres, indépendants du réseau suisse des hautes écoles et instituts de recherche. Ce dernier point est extrêmement important. En effet, lorsque les experts font partie du réseau, leurs décisions ne répondent plus à des critères d'objectivité mais au contraire de réciprocité bien compréhensible lorsqu'un expert d'un jour est partie prenante un autre jour. Les experts exerçant une activité continue pour une industrie sont également à éviter car ils vont favoriser les projets pouvant se substituer à leurs projets internes de recherche et développement. Les programmes nationaux doivent préparer les industriels aux technologies de demain et non pas à résoudre leurs problèmes actuels.

Les programmes nationaux impliquent des développements à haut risque, alors que les industries se doivent de maintenir une activité R/D à risque supportable. Si la R/D au

niveau national se substitue à la R/D de chaque industrie, c'est le résultat d'un mauvais choix des objectifs du programme national.

Le choix des domaines technologiques des programmes nationaux ne se fera pas en fonction des technologies "à la mode" mais en fonction de critères économiques et de qualité de vie bons pour la région, le pays (OCDE, 1991). Toute technologie, si spectaculaire soit-elle, n'est pas forcément bonne pour la Suisse. Un choix de technologies doit s'inscrire dans la vision en prévoyant une intégration harmonieuse de ces technologies avec le milieu et ses habitants, pour le bien-être de ces derniers.

Les 4 sections du Département fédéral de la science et de la technologie auront les tâches suivantes:

- Répartition des domaines technologiques dans les EPF, universités, centres technologiques en veillant à éviter toute duplication;
- Organisation de la collaboration internationale.
- Arrêt des études et développements technologiques en cours, au niveau national et international, lorsque ceux-ci sont infructueux, sous-critiques ou ne répondent plus à un besoin économique.
- Répartition dans les EPF, universités et centres technologiques des activités prévues dans le cadre des grands programmes nationaux
- Création de nouveaux centres technologiques

Les propositions de programmes nationaux sont faites au chef du département par un groupe constitué des 4 responsables de section. Ainsi un premier groupe "Nouvelles Technologies" de 12 personnes propose les nouvelles technologies à développer et les grands programmes à lancer alors qu'un groupe de 4 personnes planifie leur développement.

Il est important de limiter le nombre de personnes devant faire les grands choix importants de politique de la science et de la technologie. Lorsque ce nombre est excessif, si compétentes soient les personnes impliquées, plus aucune décision n'est prise dans les délais acceptables. Il est clair que les collaborateurs du département doivent avoir toute liberté de consulter tous les milieux suisses et étrangers susceptibles de fournir des informations intéressantes. Ainsi, tout développement technologique financé par le pays sera placé sous la seule responsabilité du Département fédéral de la science et de la technologie. On évitera ainsi la dispersion des efforts et on améliorera sans doute la qualité du travail accompli.

Pour le choix du conseiller fédéral responsable du département de la science et de la technologie, aucun argument d'ordre politique, linguistique, religieux ou militaire ne

devrait entrer en ligne de compte, seules les qualités personnelles humaines, scientifiques et économiques pour effectuer la tâche étant importantes.

Dans le domaine scientifique et technologique, les frontières communales et cantonales n'ont aucune signification. Quant aux frontières nationales, pour un petit pays comme la Suisse, il est toujours plus difficile de les justifier ou considérer. On a recréé en Suisse l'organisation complexe des grands pays, à une petite échelle, sans réaliser que cette homothétie ne faisait plus de sens. Si la Suisse arrive à se considérer comme une petite région d'Europe, elle a déjà de meilleures chances de bien gérer son développement technologique et scientifique.

La création, le 1er novembre 1990, du Groupement de la science et de la recherche est un pas en direction d'un meilleur déploiement des activités de recherche et développement en Suisse, toutefois, les moyens d'action de cet organisme limités au seul département de l'intérieur, en confrontation avec les diverses politiques cantonales feront que ce groupement rencontrera de grandes difficultés à atteindre ses objectifs. Il faut espérer que ce groupe se développe et soit promu au rang d'un département fédéral, reprenant à son compte les activités de R/D des autres départements.

Une importante tâche du Département fédéral de la science et de la technologie est l'information du public et des jeunes. Il transmettra du matériel didactique aux écoles du niveau primaire et secondaire afin de montrer à la nouvelle génération les aventures des temps modernes. L'exemple de la Suède est à suivre dans ce domaine; tout investissement dans cette direction est retrouvé 10 ou 15 années plus tard. Il aura tout particulièrement un impact sur les entrepreneurs potentiels, en nucléant en eux ce rêve d'abord et cette volonté ensuite de créer, d'innover.

Pour un centre technologique ou une haute école, il ne s'agit plus de faire de l'information pour les politiciens afin que ces derniers se montrent bien disposés en vue d'attributions de subventions comme cela est pratiqué de nos jours. Avec une politique de la science et de la technologie bien définie et clairvoyante, la meilleure information à donner aux politiciens et aux économistes est le nombre d'entreprises et de places de travail créées grâce aux mesures du département fédéral responsable. C'est aussi le principal intérêt du grand public alors que la jeunesse doit vivre, en direct, l'aventure scientifique et technologique, expliquée en termes simples.

Lorsqu'il existe une vision, il est facile d'animer un programme d'information pour les jeunes. Ceux-ci vont mieux retenir le message transmis et s'en souviendront certainement lorsqu'ils auront, un jour, la responsabilité d'un projet technologique.

C'est au niveau d'un Département fédéral de la science et de la technologie qu'il est le plus efficace d'organiser des collaborations réelles, débouchant sur des réalisations d'ordre économique, avec des institutions étrangères.

## 2.7. *Les hautes écoles*

Les hautes écoles constituent les pôles d'attraction autour desquels se tisse le réseau d'innovation. Le Conseil suisse de la science a, en 1989, redéfini le rôle des hautes écoles pour les années à venir [CSS, 1989b]. Il est dit que les hautes écoles se trouvent maintenant face à un double défi: rester un des lieux privilégiés de la réflexion scientifique et humaniste, mais aussi mieux répondre aux demandes pressantes de l'environnement économique et social (en terme de profils de formation des étudiants, de recherche tournée vers l'application et la solution de problèmes, et de services rendus à la collectivité).

Toutes les universités qui ont décidé d'entreprendre, à côté de la tâche primordiale d'enseignement, des tâches de recherche ont certainement intérêt à suivre les mêmes recommandations que celles proposées aux EPF. Un premier pas important pour augmenter l'efficacité des facultés des sciences des universités de Suisse serait de transformer ces dernières en unités technologiques universitaires, (à ne pas confondre avec les actuels écoles techniques supérieures) administrées par la section "Universités" du département fédéral de la science et technologie. Les facultés des sciences des Universités de Zurich et Lausanne seraient tout logiquement rattachées aux écoles polytechniques respectives attenantes. Dans les unités technologiques, les meilleurs enseignants donneraient les cours de base dans les différents sites. Chaque unité développerait un domaine d'excellence en fonction de l'environnement local. La microtechnique à l'Université de Neuchâtel, la chimie à l'Université de Bâle, la physique des hautes énergies à l'Université de Genève, par exemple. La Confédération financerait en grande partie le coût des diverses unités technologiques universitaires. Les étudiants n'éprouveraient aucune difficulté à parcourir, périodiquement, les différents sites, pour suivre des cours spécialisés. Ce système mettrait fin aux cours suivis par quelques étudiants et encouragerait enfin la mobilité de ces derniers.

Grâce à une gestion centralisée de ces unités, les adaptations rapides à l'évolution technologique et économique pourront avoir lieu en quelques mois, alors qu'il faut compter 10 à 20 ans, aujourd'hui, pour ces mêmes adaptations (la mise à la retraite des professeurs).

Deux écoles polytechniques et quelques instituts universitaires suffisent largement pour couvrir les besoins technologiques d'un territoire comme la Suisse, à la condition que ces institutions soient reliées de façon optimale aux grandes lignes des réseaux routiers et ferroviaires suisses. L'accès à ces écoles doit être rapide pour les acteurs du développement technologique. A l'époque, on construisait les hautes écoles au centre de la cité. Aujourd'hui, ces institutions doivent s'éloigner de ces centres pour des raisons évidentes d'expansion et de commodité. Lors du processus de création ou de déplacement d'une haute école, il est très important de concevoir, en tout premier lieu, un système de communication rapide par train, entre la gare urbaine la plus proche et le site technologique. La connexion au réseau des autoroutes est aussi importante lors de l'implantation d'une école polytechnique ou d'une université.

Un esprit de campus doit être instauré dans nos hautes écoles. Cela nécessite l'existence d'habitations pour étudiants, dans le site de l'institution. L'importance de telles implantations n'est pas encore perçue par les autorités responsables. Il est maintenant bien connu, l'exemple américain est frappant, que les étudiants sont plus motivés, ils s'engagent plus à fonds, lorsqu'ils résident sur le lieu-même de leur école.

Un premier objectif d'une haute école de technologie est de développer, chez les étudiants, la capacité d'adaptation aux changements rapides de notre environnement technologique. Il ne suffit plus d'acquérir des connaissances de base dans un domaine particulier; pour cela, une bonne mémoire fait l'affaire. Il faut développer un sens de l'analyse et de la critique qui va permettre au chercheur, entré dans la vie professionnelle, d'aborder des nouveaux problèmes, de plus en plus éloignés de ceux étudiés dans sa période de formation.

Un deuxième objectif est d'inculquer aux étudiants la notion de prise de risque en matière de développement technologique. Actuellement, l'éducation des jeunes Suisses fait qu'il faut avoir la quasi-certitude de réussir pour entreprendre quelque chose dans ce pays. Sans prise de risque, il n'y a aucune chance de voir un développement technologique connaître un succès économique. On peut comparer la compétition technologique actuelle à celle que connaissent les sportifs. Sans prise de risque sur les pistes de ski ou les circuits automobiles, les participants ne gagnent jamais et restent dans l'anonymat.

L'objectif ultime des hautes écoles est de faire croître les noyaux d'entrepreneurs. Durant l'enseignement secondaire, des entrepreneurs auront été nucléés dans le domaine des sciences techniques. Il s'agit ensuite, d'amplifier l'enthousiasme de tous les étudiants vis-à-vis des sciences et des technologies. Parmi ceux-ci, quelques-uns auront développé, au cours de leur enseignement secondaire, le germe ou le noyau de l'entrepreneur. Ces noyaux vont alors trouver le bon milieu pour croître de façon harmonieuse au sein de la haute école. Ce type d'étudiants ne va pas s'éterniser dans les laboratoires. A l'issue de sa période de doctorat, parfois complétée par un ou deux stages dans une université prestigieuse étrangère, il créera une entreprise, par exemple dans un technoparc situé dans l'environnement de la haute école qu'il connaît bien. Une de ces entreprises connaîtra un succès international qui en fera une entreprise "phare" qui va produire l'effet de contagion en suscitant la formation et la venue d'autres entreprises.

Sans l'éclosion de nombreux entrepreneurs, l'école ne remplit pas son rôle économique et ne mérite pas les sacrifices d'une population entière. Le pourcentage d'entrepreneurs parmi les étudiants est bien évidemment restreint. Un taux de quelques pour cent est atteignable en se référant aux bonnes écoles étrangères (voir chapitre VI). Une haute école devrait donc tout naturellement voir son environnement se peupler d'entreprises de technologie, celles-ci attirant d'autres entreprises. Si un tel phénomène n'a pas lieu, c'est que l'école est stérile et l'enthousiasme des étudiants a été étouffé pour de bon, durant tout le cycle éducatif.

Si très peu de chercheurs ont les qualités d'entrepreneurs, beaucoup sont bien évidemment indispensables au développement technologique d'un pays. Les trois qualités qu'un chercheur doit posséder en quittant l'école polytechnique ou l'université sont la capacité d'adaptation, l'aptitude à prendre des risques technologiques et une excellente connaissance d'un domaine technologique au moins. Par risques technologiques, il faut comprendre le choix de méthodes et procédés non conventionnels. Avec ces caractéristiques, un chercheur peut participer très activement au développement technologique de sa région.

Une école polytechnique est dirigée par un président, un institut universitaire par un directeur. Ces personnes doivent symboliser le dynamisme et l'enthousiasme de l'institution qu'il représente. Ce travail de "locomotive" est très astreignant, c'est pourquoi sa durée doit être limitée à 4 ans pour être optimale. Une durée plus longue sera inévitablement marquée par un ralentissement de l'activité créatrice sous l'effet de l'établissement d'une certaine routine. Le relais doit être pris par un autre responsable pour garder la dynamique du processus. Le premier danger à éviter est de céder à la pression administrative. L'administration doit être au service des chercheurs et des étudiants. Lorsque le déploiement de l'administration s'emballa, ce sont les chercheurs et les étudiants qui se mettent au service de l'administration et l'école devient une unité de production de bureaucrates. Ce cas est définitivement à éviter. Si la qualité est l'objectif recherché de l'école, un tel dérapage n'a pas lieu. En revanche, si l'effort est mis sur la quantité de domaines de recherche, d'étudiants et de professeurs, il est fort à craindre que l'administration devienne le fleuron de l'institution.

Le président ou le directeur doit être un homme de terrain, capable de parcourir périodiquement les divers laboratoires de l'école ou institut pour en mesurer la "température" ou le degré de motivation des étudiants et des professeurs. Ces visites ne sont pas programmées mais au contraire laissées à l'initiative du président. Des visites qui n'ont lieu que durant les journées annuelles "portes ouvertes" n'apportent aucune information sur l'état d'esprit qui règne en temps normal dans un laboratoire. Des visites imprévisibles à 8h du matin ou 18h sont beaucoup plus informatives sur la qualité de l'effort fourni par les groupes de recherche et la motivation des chercheurs.

La qualité des étudiants est directement liée à celle des professeurs. Le choix des professeurs est donc primordial. Lorsqu'une école a atteint une notoriété mondiale, elle n'a aucun problème à recruter des nouveaux professeurs de qualité. Lorsque l'école se crée ou n'a encore qu'un rayonnement régional ou national, la difficulté est grande d'intéresser des professeurs de talent. Plusieurs démarches sont à faire pour le recrutement de bons professeurs. Il y a bien sûr la publication d'avis dans les grands journaux scientifiques internationaux. Si cette démarche ne conduit qu'à des candidatures de qualité médiocre, il faut procéder à une recherche personnalisée du candidat désiré. En s'adressant à des experts neutres il est possible d'établir une liste de quelques personnalités intéressantes. Ensuite, il faut rencontrer ces personnes et en convaincre une, grâce à l'usage de bons arguments, d'accepter le poste.

Les professeurs sont responsables de l'enseignement des technologies, donc de leur développement. Ils doivent continuellement remettre à jour leurs documents de travail. Ils ont d'importantes tâches administratives de gestion et d'organisation. A côté des ces activités, il reste souvent peu de temps pour participer activement à des travaux de recherche. La présence de chargés de recherche ou "senior scientists" est indispensable dans tous les groupes de recherche. Grâce à plusieurs années d'expérience professionnelle, ces spécialistes assurent le bon déroulement des activités de recherche. Ils participent activement à la définition des projets de recherche et assistent les étudiants dans leur travail de diplôme ou leur thèse. Le rôle de ces responsables est aussi important que celui des professeurs dans l'école polytechnique ou l'université. Ils doivent par conséquent avoir le même statut que les professeurs, à tous points de vue. Actuellement, ces spécialistes ont un statut très inférieur.

Jusqu'à présent, la seule façon de récompenser le travail d'un chargé de recherche a été de le nommer professeur. Cela est souvent très difficile car il faut créer, artificiellement, de nouveaux cours pour justifier la nomination du professeur. Cela a deux effets négatifs. D'une part il soustrait partiellement la personne concernée de sa tâche où elle excelle et, d'autre part, il surcharge les étudiants qu'on incite vivement à suivre le nouvel enseignement. Pour peupler le groupe et les cours du nouveau professeur, on a recours à l'inépuisable source d'étudiants et doctorants étrangers. Cette philosophie généreuse n'est certes pas saine pour l'économie du pays qui supporte les institutions de recherche. La reconnaissance du statut de chargé de recherche, équivalent à celui de professeur, évite tous ces problèmes.

Pour qu'un cours soit donné, il faut exiger un nombre (à définir) limite minimum de participants non-auditeurs. Dans le cas d'intérêt trop limité pour un domaine particulier, une coordination inter-hautes écoles permettra d'enseigner ces matières en regroupant les intéressés de plusieurs institutions. Ceci permet de réduire le nombre de professeurs dont les cours ne répondent pas aux besoins des étudiants. Ce type de réflexion est un des éléments les plus importants de quantification des objectifs de coordination.

Si les hautes écoles de Suisse n'ont pas toujours les arguments scientifiques et technologiques pour attirer un professeur ou un chargé de recherche de valeur, elles ont, en outre, beaucoup d'arguments, liés à la qualité de la vie, à faire valoir. La beauté du pays, ses montagnes prestigieuses, ses champs de ski, ses lacs, son air pur, sa sécurité, et évidemment ses salaires et l'équipement de ses laboratoires, sont des arguments auxquels les scientifiques sont de plus en plus sensibles, surtout lorsqu'ils se trouvent dans des environnements dominés par la violence et la pollution [BUSINESS WEEK, 1992].

La recherche ciblée de professeurs est donc fortement recommandée pour nos hautes écoles. Il est toujours préférable de s'abstenir d'engager quelqu'un plutôt que d'engager un professeur incompetent. Ce dernier coûte très cher à la société puisqu'il décourage les bons étudiants à travailler dans le domaine en question tout en empêchant

**l'engagement d'un professeur de talent. Aucune retombée économique n'est à prévoir dans ce cas.**

**Dans les grandes écoles américaines, les professeurs sont généralement nommés pour 5 ans. En cas d'excellence, leur mandat est renouvelé. Au MIT, à la fin de chaque semestre, quelques étudiants désignés par le "student committee on educational policy" vont distribuer dans tous les auditoriums un formulaire, reproduit dans les figures 32 et 33, à chaque étudiant qui doit donner, par écrit, une série d'appréciations concernant le cours. Les professeurs sont tenus d'interrompre leur leçon durant une vingtaine de minutes pour permettre aux étudiants de remplir le formulaire et de le restituer à la personne qui est venue les distribuer. Les résultats sont ensuite communiqués à la direction de l'institut qui agira en conséquence sur la continuation ou l'arrêt du cours et le contrat du professeur. Ces formulaires sont anonymes; ils sont analysés par la direction de l'Institut. Si l'appréciation n'est pas bonne, le mandat du professeur peut se terminer avant les cinq années contractuelles. Ce "contrôle" annuel est indispensable si l'on veut instaurer un bon niveau de qualité dans l'école et il serait très souhaitable de le pratiquer dans les hautes écoles suisses.**

**Nommer un professeur à vie sur une présentation d'un jour et une liste de publications constitue un grand risque. Le renouvellement de contrat après 5 ans ne pose aucun problème aux professeurs talentueux. Il donne simplement la possibilité de remplacer les incompetents. Cette "condition" de renouvellement non automatique du contrat des professeurs est largement compensée par les libertés qu'ont ces derniers à organiser leur recherche. Le nombre de publications ou citation n'est pas ou plus un gage de qualité d'un chercheur (voir chapitre V). Pour les examinateurs responsables de l'engagement de nouveaux professeurs, des contacts personnels avec des personnalités clés du monde scientifique et technologique permettent, lors d'engagement de professeurs, d'éviter de grosses erreurs et leurs suites économiques néfastes.**

**La qualité des étudiants est primordiale pour le rayonnement de l'école ou de l'institut. Les étudiants médiocres ne devraient jamais passer plus d'un an dans l'institution. Il n'est pas facile de sélectionner, à l'entrée, les bons étudiants des mauvais, quand ils sont tous en possession d'une maturité fédérale d'origine diverse. Il est juste de donner la chance à chacun de montrer, durant la première année, son intérêt et ses compétences. Si au bout d'un an, quelques tests ne révèlent aucune des qualités nécessaires à la poursuite des études, l'étudiant doit être orienté dans une autre activité, dans son propre intérêt. Une sélection importante doit encore avoir lieu dans les années ultérieures des études. La fixation d'un quota élevé de succès par la direction de l'école aux professeurs, pour les élèves de 2, 3 et 4ème année n'est pas judicieuse. Il incite les élèves à la paresse et à la médiocrité.**

# COURSE EVALUATION FORM

STUDENT COMMITTEE ON EDUCATIONAL POLICY

LECTURER: \_\_\_\_\_  
 OTHER LECTURER: \_\_\_\_\_  
 RECITATION INSTRUCTOR: \_\_\_\_\_

**RATING SCALE**

1 = BAD  
 2 = . . .  
 3 = . . .  
 4 = AVERAGE  
 5 = . . .  
 6 = . . .  
 7 = EXCELLENT  
 8 = NOT APPLICABLE



MAJOR		YEAR OF STUDENT	SUBJECT NUMBER				
1	2		1	2	3	4	5
0	0	1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> OTHER <input type="radio"/>	0	0	0	0	0
1	1		1	1	1	1	1
2	2		2	2	2	2	2
	3		3	3	3	3	3
	4		4	4	4	4	4
	5		5	5	5	5	5
	6		6	6	6	6	6
	7		7	7	7	7	7
	8		8	8	8	8	8
	9		9	9	9	9	9

**LECTURER AND OTHER LECTURER**

The lecturer:

1. Gives well-prepared, relevant lectures  
 LECTURER: 1 2 3 4 5 6 7 8  
 OTHER LECTURER: 1 2 3 4 5 6 7 8

2. Explains clearly  
 LECTURER: 1 2 3 4 5 6 7 8  
 OTHER LECTURER: 1 2 3 4 5 6 7 8

3. Uses the blackboard well  
 LECTURER: 1 2 3 4 5 6 7 8  
 OTHER LECTURER: 1 2 3 4 5 6 7 8

4. Excites interest and is enthusiastic  
 LECTURER: 1 2 3 4 5 6 7 8  
 OTHER LECTURER: 1 2 3 4 5 6 7 8

5. Is friendly and supportive  
 LECTURER: 1 2 3 4 5 6 7 8  
 OTHER LECTURER: 1 2 3 4 5 6 7 8

6. Overall rating  
 LECTURER: 1 2 3 4 5 6 7 8  
 OTHER LECTURER: 1 2 3 4 5 6 7 8

**TEXT**

Rate the text and other readings:

17. too easy 1 2 3 4 5 6 7 too difficult

18. irrelevant to course 1 2 3 4 5 6 7 relevant to course

19. dull 1 2 3 4 5 6 7 interesting

**PROBLEM SETS AND EXAMS**

Rate the problem sets:

20. too easy 1 2 3 4 5 6 7 too difficult

21. too short 1 2 3 4 5 6 7 too long

22. too few 1 2 3 4 5 6 7 too many

23. irrelevant 1 2 3 4 5 6 7 relevant

Rate the exams:

24. too easy 1 2 3 4 5 6 7 too difficult

25. too short 1 2 3 4 5 6 7 too long

26. irrelevant 1 2 3 4 5 6 7 relevant

**RECITATION INSTRUCTOR**

The recitation instructor:

7. Gives well-prepared and relevant classes 1 2 3 4 5 6 7 8

8. Explains clearly, answers questions well 1 2 3 4 5 6 7 8

9. Uses the blackboard well 1 2 3 4 5 6 7 8

10. Speaks well 1 2 3 4 5 6 7 8

11. Encourages participation, is sensitive to class 1 2 3 4 5 6 7 8

12. Is available outside of class 1 2 3 4 5 6 7 8

13. Is friendly and concerned 1 2 3 4 5 6 7 8

14. Excites interest and is enthusiastic 1 2 3 4 5 6 7 8

15. What percentage of the recitations did you attend?  
 0% 20% 40% 60% 80% 100%

16. Overall rating 1 2 3 4 5 6 7 8

**SUBJECT**

27. Estimate the total number of hours per week that you spent on this subject, including time spent in class:

0-2 2-4 4-8 8-10 10-12 12-14 14-16 16-18 18-20 >20

28. pace too slow 1 2 3 4 5 6 7 pace too fast

This subject was:

29. Organized and displayed continuity 1 2 3 4 5 6 7 8

30. Well-administered 1 2 3 4 5 6 7 8

31. Overall rating of the subject 1 2 3 4 5 6 7 8

PLEASE COMMENT ON REVERSE SIDE

NCS Trans-Optic E801-1209

FIGURE 32:

Formulaire d'évaluation des cours et professeurs par les étudiants, au MIT (recto)



Il est toujours profitable pour une école d'avoir des étudiants étrangers. Ceux-ci ne devraient pas dépasser 20 pour cent de l'effectif de l'école. Un taux plus important dans un domaine particulier dénote un manque d'intérêt des étudiants suisses pour ce domaine ce qui laisse prévoir que ce dernier ne correspond pas à une réalité économique; son existence doit être reconsidérée. Un examen d'entrée des étudiants étrangers permet d'opérer une première sélection. Une deuxième sélection importante a lieu après un an pour réorienter les étudiants "touristes". Si l'on considère que la grande majorité des étudiants étrangers doués s'adressent d'abord aux hautes écoles américaines, anglaises, et allemandes, une sélection sérieuse doit avoir lieu chez ceux qui se présentent en Suisse. Il faut à tout prix éviter la tentation de gonfler artificiellement les effectifs d'une haute école grâce aux étudiants étrangers, pour permettre des nominations de professeurs ou pour rivaliser en quantité avec une autre école. Une compétition ne peut avoir lieu que sur la qualité et non pas la quantité des étudiants.

Tout étudiant étranger du tiers-monde ayant terminé ses études en Suisse devrait résider durant au moins cinq ans dans son pays d'origine avant de revenir en Suisse pour y chercher du travail. Un tel effort de formation s'inscrit naturellement dans le cadre de l'assistance aux pays en voie de développement.

A l'époque, le principal argument pour la création d'une deuxième école polytechnique était d'ordre linguistique. On ne voulait pas imposer aux étudiants romands la fréquentation d'une école de langue allemande. Ce type d'argument de courte vue ne tient évidemment plus actuellement. Il suffit de considérer l'origine germanique d'un grand nombre de professeurs à l'EPFL pour s'en convaincre si cela était nécessaire. S'il est toutefois important de disposer de deux écoles polytechniques de nos jours, sa justification est de tout autre ordre. L'existence de deux écoles est judicieuse de par le grand nombre de technologies à maîtriser aujourd'hui. Ainsi, les écoles doivent se considérer comme complémentaires. Des domaines d'activité spécifiques sont attribués à chacune d'elles. Ce n'est plus la langue qui va déterminer l'école à suivre pour un étudiant mais le domaine de recherche choisi. C'est ce que font déjà les étudiants tessinois.

A 18 ans, l'étudiant doit avoir de bonnes notions linguistiques. Grâce aux possibilités d'échanges maintenant fortement encouragés au sein de la communauté européenne par les programmes ERASMUS et COMETT accessibles à la Suisse, l'étudiant n'a plus d'excuse pour ne pas s'adapter aux langues française, allemande ou anglaise. En technologie, la connaissance de l'allemand devient une obligation lorsque l'on considère la place que va prendre l'Allemagne réunifiée ces prochaines années.

La répartition des domaines d'activité entre les deux écoles polytechniques devrait se faire sous l'égide de la section EPF du Département fédéral de la science et de la technologie. Les laboratoires en concurrence nationale sont regroupés autour des meilleurs professeurs et chercheurs dans un seul site. Pour un professeur ou un chercheur dédié à sa recherche, la délocalisation de Zurich à Lausanne ou vice-

versa ne devrait poser aucun problème. Aux Etats-Unis, on arrive à déplacer des scientifiques de plusieurs milliers de km pour leur permettre de poursuivre leur activité.

Pour faire de l'excellent travail, les chercheurs ont besoin des meilleurs équipements. Il ne faut toutefois pas investir à outrance et acquérir tous les équipements aussitôt après leur apparition sur le marché. Un excès d'équipements stérilise l'imagination et la créativité des chercheurs, tout particulièrement dans le domaine des ordinateurs. L'expérience montre qu'en ex-URSS où les équipements de qualité ont toujours fait défaut, des découvertes et innovations de toute première importance ont régulièrement vu le jour malgré cette carence. Les écoles polytechniques suisses ont un équipement technologique à la mesure des plus hautes institutions mondiales. Les chercheurs étrangers sont tous très surpris de la quantité et qualité des équipements à disposition en Suisse. Un contrôle tout particulier doit avoir lieu sur l'achat de matériel informatique, domaine dans lequel il est très tentant de dépenser des sommes considérables sans justification. On devrait admettre et recommander que les scientifiques prennent des contacts avec l'étranger pour les travaux informatiques scientifiques complexes. Cela coûte certainement beaucoup moins cher que l'achat et la gestion d'un super computer et cela débouche sur des collaborations internationales.

Les équipements deviennent de plus en plus coûteux, il est par conséquent inévitable d'en faire partager l'utilisation par plusieurs groupes de recherche. Pour intéresser le détenteur d'un équipement à partager ce dernier avec d'autres chercheurs, il faut que cet exercice procure à son groupe des retombées financières qui vont permettre d'entretenir l'équipement et le compléter. Ainsi, les utilisateurs externes sont les bienvenus; ils paient, au groupe détenteur de l'équipement, un montant défini d'avance, pour chaque utilisation. Chaque chercheur de l'école doit avoir un compte financier dont il indique le numéro chaque fois qu'il utilise un équipement d'une haute école ou un service extérieur à son propre groupe de travail. Cette procédure, largement répandue dans les instituts américains, permet une utilisation intensive des équipements, 24 heures sur 24, et limite l'achat de ces derniers. Un équipement, enclenché le matin à 9 heures et déclenché le soir à 17 heures, avec une interruption entre 12 et 14 heures, 5 jours sur 7, est très mal géré (20 pour cent des possibilités). Les étudiants et assistants doivent avoir accès aux équipements durant la nuit. Les équipements doivent être également accessibles aux chercheurs d'autres institutions ainsi qu'à ceux de l'industrie.

Une école polytechnique ou un institut technologique universitaire ne dort pas la nuit. Les assistants et étudiants, anxieux de progresser le plus vite possible dans leur recherche, ne devraient pas hésiter à effectuer des mesures la nuit où les conditions expérimentales sont les meilleures et les équipements plus souvent disponibles. C'est une pratique courante dans les instituts américains de technologie. Un site technologique dont les locaux s'éteignent ou se figent à 18h00 peut être considéré comme une administration.

Pour chaque équipement de haute technologie, il faut prévoir deux opérateurs qualifiés qui maintiennent l'appareillage en parfaite condition afin de pouvoir, en tout temps, bénéficier des performances optimales. La formation d'opérateurs sur équipements sophistiqués coûte cher et les candidats valables sont rares. Cela constitue une raison supplémentaire de ne pas multiplier les achats d'équipements complexes. Avant tout achat de tels équipements, au moins deux opérateurs doivent être identifiés et budgétisés.

Dans l'établissement du budget d'un groupe de recherche, il est important d'inclure le coût des locaux. L'attribution des surfaces de travail doit être proportionnelle au succès des travaux qui s'y déroulent. Ainsi, un professeur qui a des projets intéressant l'économie et l'industrie nationale, pourra acquérir une plus grande surface de travail que celui dont les projets n'intéressent personne. Ce critère produit une sélection naturelle des groupes de recherche. Les groupes insuffisants disparaissent pour laisser place aux groupes dynamiques.

Chaque laboratoire ou institut doit se considérer comme une entreprise. Il ne va pas rechercher des profits mais produire de la recherche et des étudiants de qualité. Grâce à un important financement fédéral, il va être en mesure de développer des technologies intéressant l'industrie et débouchant sur la création d'entreprises. Dans le cadre de ses études, l'étudiant va effectuer un stage de 6 mois dans une industrie. Cela lui permet de prendre contact avec le monde économique. Les industriels employant les étudiants ont ainsi un contact direct avec une haute école. Le contact école-industrie est extrêmement important pour la valorisation des résultats de la recherche.

Le travail de doctorat doit s'inscrire dans un contexte économique. Pour des questions évidentes de motivation, il doit répondre aux objectifs de la vision technologique du pays. Il a longtemps été considéré comme un exercice de style, souvent complètement détaché de l'économie locale, ayant pour seul but de donner l'occasion à l'étudiant de prouver qu'il était capable d'étudier un problème précis, de façon assidue. Ce type de travail, sans intérêt pour la société, ne peut que déboucher sur la lassitude du chercheur et son désir de faire autre chose. Il suffit de voir dans quelle section de la presse locale sont annoncées les soutenances de thèses publiques pour se convaincre de leur très faible impact sur l'économie et la population. Par conséquent, il est important que le sujet de thèse soit bien conçu, avec l'appui d'au moins un industriel. Un tel appui est la garantie que le projet est intéressant pour l'économie. C'est aussi un grand sujet de motivation pour le chercheur qui va passer trois années de sa vie, de façon intensive, sur un sujet précis, répondant à un intérêt réel. La durée de ce travail ne doit pas dépasser 3 ans. Ainsi, à 26 ans, en pleine période de créativité, le scientifique peut entrer pleinement dans la vie économique. Un doctorat coûte très cher à la société. Il est normal que celle-ci en retire un profit autre que quelques publications vite oubliées.

Il est fortement recommandé aux étudiants d'effectuer le travail de doctorat dans un autre laboratoire que celui dans lequel ils ont effectué leurs études préliminaires. Cela ouvre de nouveaux horizons, permet souvent de perfectionner les connaissances de

langues étrangères et conduit à l'établissement de collaboration entre instituts. L'échange de doctorants entre instituts est vital pour une institution de recherche. Une thèse de doctorat effectuée par deux ou trois doctorants est très favorable puisqu'elle permet de viser des objectifs encore plus conséquents et motivants. La vie de chercheur solitaire ne correspond plus à aucune réalité. La capacité de collaboration d'un chercheur est certainement une qualité primordiale à développer.

Il faut vivement encourager les entrepreneurs et chercheurs du secteur privé qui complètent leur formation par un doctorat dans une discipline complémentaire à la leur. Ce type de travail demande de grands sacrifices aux intéressés puisqu'il s'effectue souvent sans rétribution du secteur publique. Une pleine collaboration du personnel universitaire pour ce type de chercheurs est naturelle et indispensable.

Au MIT, en plus de la recherche et de l'enseignement, il est demandé aux professeurs qu'ils consacrent un jour par semaine de consultance pour l'industrie. Cela leur permet de rester à l'écoute des besoins de l'industrie et de l'économie, d'être informés des possibilités d'emplois pour leurs étudiants et, élément non négligeable, d'augmenter leurs revenus, qui, sans cela, ne seraient pas comparables à ce qu'ils pourraient gagner hors du MIT. Pour augmenter la qualité et l'efficacité des professeurs en Suisse, il serait bon d'inclure une activité de consultance industrielle analogue à celle pratiquée aux USA. Cela permettrait aussi de réduire les salaires des professeurs au profit de ceux des chefs de travaux et autres chargés de recherches. La création de postes de professeurs à temps partiel, tel que le fait la Suède, est un excellent moyen de promulguer un enseignement et une recherche répondant aux besoins de l'économie. En alternance avec les années sabbatiques des professeurs, on pourrait demander à ces derniers de se prendre en charge périodiquement et travailler à plein temps pour le secteur privé comme consultants, pendant un ou deux semestres. Cette pratique comblerait une partie du vide existant en Suisse, entre les hautes écoles et l'industrie.

L'envoi de chercheurs en stage à l'étranger doit être organisé avec soin. Il ne s'agit plus simplement de récompenser un chercheur terminant ses études en lui donnant les moyens financiers de vivre un ou deux ans dans n'importe quelle institution étrangère. Il s'agit plutôt de cibler le stage afin que le chercheur, lorsqu'il reviendra au pays, puisse apporter de la connaissance pouvant contribuer au développement technologique du pays. Trop souvent, des chercheurs suisses, de retour au pays ne peuvent valoriser le stage fait à l'étranger, par manque évident de planification élémentaire de leur stage. Si les travaux de recherche faits en Suisse sont de bonne qualité, ils seront remarqués par les responsables de groupes étrangers qui mettront des bourses à disposition pour permettre aux chercheurs suisses de faire un stage de collaboration. Le MIT a un programme très important de bourses à l'attention de chercheurs étrangers talentueux.

En Suisse, lorsque les travaux de recherche effectués par un groupe ne sont pas innovateurs, les chercheurs de ces groupes doivent faire appel à la communauté pour financer, par des bourses suisses, leur stage à l'étranger. De tels financements à fonds

perdus pourraient être transformés en prêt sans intérêt que le chercheur s'engagerait à rembourser partiellement dans sa vie professionnelle. Cette contrainte inciterait et motiverait les intéressés à redoubler d'effort pour apporter un élément d'innovation à leur recherche, élément si important pour envisager des retombées économiques.

Pour remplir son rôle vis-à-vis de la société, la haute école se doit d'organiser périodiquement des séminaires pour informer les PME et grandes industries des travaux en cours. Ces séminaires sont organisés de façon informelle, avec une place importante pour la discussion entre industriels et chercheurs. Il est toujours plus fréquent de voir les universités, EPF et centres de recherche demander de fortes finances d'inscription aux personnes intéressées à suivre leurs journées technologiques. Cela est un obstacle important à la dissémination des connaissances, surtout vis-à-vis de petites entreprises et consultants. Il est normal que les institutions financées par les deniers publics transmettent, sans frais, leurs connaissances à la société. Ces rencontres gratuites rentrent pleinement dans le cahier des charges des écoles et ne devraient pas grever les budgets des contribuables qui ont déjà largement participé au financement des écoles. Il faut éliminer toutes causes dissuasives, si minimes soient-elles, de participation des PME au travail des écoles.

Une information objective et accessible à tous doit être faite dans la presse au niveau national. La population doit être tenue au courant des travaux des EPF et des instituts, de leur valorisation dans l'industrie locale et nationale ou de leur échec. Un dialogue doit s'établir avec la société. Cette information n'est pas faite pour couvrir d'éloges une institution ou un groupe de recherche vis-à-vis des contribuables mais bien au contraire pour expliquer à ces derniers, de façon modeste et professionnelle, sans rechercher le sensationnel, quelle est l'utilisation de leurs contributions financières et l'augmentation de la qualité de vie qu'ils peuvent entrevoir, suite à ces travaux. Toute exagération de l'importance d'une activité de recherche dans les médias finit toujours par causer du tort aux intéressés.

Dans son document [CSS, 1992] concernant les grandes orientations pour le développement des universités suisses "Horizon 2000", le Conseil suisse de la science convient de la nécessité pour la Suisse d'avoir une nouvelle conception globale de la politique universitaire. Il avoue même, et c'est un grand pas en avant, que la structure fédéraliste entraîne une fragmentation institutionnelle qui rend difficile la mise sur pied d'une politique universitaire sur le plan suisse et que "coordonner" est plus que jamais la tâche de toutes les institutions concernées. Cette ouverture d'esprit devrait permettre un détachement des activités technologiques universitaires des diverses tutelles cantonales.

En procédant à cette importante restructuration des activités technologiques universitaires, la requête du CSS exigeant de la Confédération un renforcement de son appui financier n'est plus nécessaire.

## 2.8. *Les centres technologiques*

Le but d'un centre technologique est de combler le vide technologique entre les instituts universitaires, EPF, et l'industrie locale afin, entre autres, de promouvoir l'essor de cette dernière et de favoriser la création d'entreprises à partir des développements effectués dans les EPF et instituts technologiques universitaires.

Orienté sur un domaine de technologie bien défini, un centre technologique mettra tout en oeuvre pour créer un esprit d'entreprise et aboutir à la naissance de produits répondant aux besoins du marché. Parmi l'équipe de scientifiques et techniciens qui aura développé le produit, se trouvera un entrepreneur capable de lancer la fabrication du produit en créant une entreprise ou en devenant le responsable d'une nouvelle unité d'une industrie existante. Ce mécanisme est le fondement du centre de recherche.

Avec une administration la plus réduite possible mise au service des scientifiques, le centre est un tremplin pour les chercheurs. Ils y développent des produits de qualité, qu'ils accompagnent dans la phase de production. L'Institut Battelle a été durant de longues années une belle illustration de ce principe, et cela en vivant de mandats industriels uniquement, sans subvention publique.

Le mal qui guette tout centre technologique est le manque de mobilité des chercheurs. Ceux-ci, pris dans une routine confortable, oublient les responsabilités qu'ils ont vis-à-vis de la société, et se contentent d'obtenir des mandats limités de développement pour l'industrie. Ils rendent des services ponctuels à court terme à l'industrie en effectuant un service technologique, à bas prix puisque financé partiellement ou totalement par les deniers publics. Ce type de service ne doit pas revenir aux centres technologiques publics. Des entreprises privées sont à même de l'effectuer.

Le rôle des centres technologiques est de développer des technologies sophistiquées à haut risque, que les entreprises d'une certaine importance et surtout les PME ne pourraient prendre à leur compte. La durée moyenne de collaboration d'un chercheur de qualité dans un centre doit être d'environ de 5 ans. A la fin de cette période, si les choix technologiques et la gestion des projets ont été correctement effectués, le chercheur obtient une chance de valoriser son travail en s'intégrant dans le cycle économique. Passé cette période, sans possibilité de valorisation de son activité, le chercheur s'aigrit et diminue rapidement son pouvoir de créativité.

Les développements effectués dans un centre sont nés d'une étude attentive du marché. Les nouveaux produits développés doivent correspondre à un besoin du marché. Parmi les collaborateurs du centre, des professionnels du marketing ont identifié des technologies à grand potentiel économique ainsi que les produits qui en découlent. Les responsables de la section "centres technologiques" du Département fédéral de la science et de la technologie en discutent avec eux et font les grands choix.

Le temps joue un rôle déterminant dans ce processus d'identification. Si l'on attend la publication des premiers brevets japonais pour lancer un programme de développement, la partie est déjà perdue. Parfois, l'on voit des centres de recherche exposer, avec grand support médiatique, des réalisations de produits déjà développés ailleurs ou alors des produits sans intérêt économique. Lors des journées "portes ouvertes", organisées par les centres, ces réalisations, concrétisées par quelques prototypes, sont exposées au public, présentées aux autorités politiques, sans mention du niveau d'innovation des produits ou de l'insuccès économique de ces derniers si tel est le cas. Au côté de tout nouveau produit développé et exposé devrait se trouver un acte officiel faisant état de la valorisation du produit. Cela est la seule garantie de la qualité des travaux effectués dans le centre technologique.

Le choix du lieu d'implantation d'un centre technologique est très important pour assurer une efficacité maximale de ce dernier. Il faut éviter à tout prix de choisir un site dans un milieu urbain. En effet, les technologies modernes exigent un environnement le plus stable possible, vis-à-vis de perturbations géologiques, acoustiques, électriques, magnétiques ou encore provenant d'air pollué par des poussières ou des agents chimiques. En aucun cas, des considérations politiques ne doivent l'emporter sur des arguments scientifiques pour le choix du lieu d'implantation. Les responsables du centre doivent résister aux offres alléchantes faites par les responsables politiques de villes désireux d'attirer des contribuables en mettant gratuitement des terrains à disposition des futurs centres. Très rapidement les performances des centres situés en ville seront limitées par l'environnement. Un économiste peut trouver l'idée d'implanter un laboratoire en plein centre de ville intéressante, dès le moment que le terrain est mis gracieusement à disposition; un scientifique responsable exerçant une activité politique fera tout pour dissuader les auteurs du projet afin que ceux-ci se tournent vers une région plus propice. En outre, en période de récession, il est toujours plus économique d'acheter ou de louer un bâtiment existant plutôt que d'en construire un nouveau.

Les centres technologiques doivent être en contact étroit avec les industries, et tout particulièrement les PME. Des stages de formation sont organisés par les centres pour les collaborateurs de l'industrie. Des journées d'information sont périodiquement tenues avec discussions. Les chercheurs du centre doivent être au courant des problèmes et préoccupations des industriels.

La personnalité du directeur du centre est primordiale pour le rayonnement de ce dernier. Par son expérience professionnelle, les succès économiques des projets dont il a eu la responsabilité, le directeur bénéficie d'un capital confiance, vis-à-vis de l'industrie et des milieux économiques, indispensable au décollage du centre. Plusieurs tâches incombent au directeur. Il doit d'abord s'entourer de collaborateurs excellents qu'il motive par une définition claire des objectifs et par une délégation importante des responsabilités. Les problèmes d'organisation interne sont rapidement résolus, avec clairvoyance.

Le directeur incitera ses meilleurs collaborateurs à devenir des entrepreneurs. Il favorisera leur départ du centre technologique grâce à l'institution d'une politique sociale (caisse de pension) intelligente. Très souvent, le collaborateur dynamique qui veut créer son entreprise ou se perfectionner à l'étranger est pénalisé par la perte d'une grande partie du montant de sa caisse de pension. Cet état de fait ne peut que dissuader les chercheurs à se développer, à être mobiles et à devenir des créateurs. Le directeur veillera à la constitution d'une caisse de pension favorable aux personnes dynamiques. Les parts de l'employeur et de l'employé devront pouvoir constituer un nouveau fond de prévoyance pour l'entrepreneur qui quitte son emploi de salarié.

Depuis des décennies, la Suisse essaie de résoudre le problème du libre passage d'une caisse de pension à une autre. Il devient maintenant enfin possible pour un collaborateur qui change d'employeur de sauvegarder le niveau de sa rente potentielle. En revanche, on a complètement ignoré l'entrepreneur, qui, lorsqu'il quitte son employeur pour créer son entreprise, va perdre une grande partie des cotisations versées par son employeur, puisque son nouvel employeur est lui-même. Aucun libre passage n'est envisagé dans ce cas et il est probable qu'une ou deux décennies soient encore nécessaires aux politiciens pour, d'une part, prendre conscience du problème et ensuite résoudre ce dernier. La participation de scientifiques entrepreneurs à la vie politique ferait certainement grandement avancer le projet.

La communication, les contacts personnels, aussi souvent que possible, entre tous les niveaux des collaborateurs, est un des principaux éléments du succès des entreprises. Toutes les deux semaines, le directeur devrait avoir rencontré, brièvement, tous les collaborateurs à leur place de travail afin de leur montrer l'intérêt qu'il porte à leur activité et maintenir un bon niveau de motivation. Cette tâche est négligée et considérée comme secondaire par nombre de responsables.

Le conseil d'administration d'un centre technologique est le garant du travail de qualité de ce dernier. Lorsque le centre est financé, partiellement ou totalement, par le Département fédéral de la science et de la technologie, plusieurs membres du conseil seront délégués par la Confédération. Ils ne se contenteront pas d'un exposé des activités par le directeur du centre; ils s'intéresseront à la motivation et la qualité des collaborateurs, et, par-dessus tout, à la valorisation des résultats. Un développement qui ne trouve pas de valorisation est un mauvais développement, si spectaculaire soit-il. Un contact direct des organes directeurs, conseil d'administration, conseil scientifique, avec les collaborateurs du centre est indispensable pour la bonne marche de ce dernier. En effet il est toujours possible pour un directeur d'escamoter certains problèmes importants pendant deux à trois ans. Passé ce délai, les résultats font défaut et l'on paie très cher le temps perdu. Très souvent, un contact direct avec le personnel permet d'identifier le problème et de le résoudre sans délai.

La meilleure façon de valoriser un développement est de créer une entreprise dans la région technologique couverte par le centre. Lorsque les entrepreneurs, indispensables à la création de l'entreprise, font défaut parmi les scientifiques du centre, la voie de la

vente de licence à des firmes souvent étrangères à la région ou même au pays est choisie. Cette solution est peu profitable car l'argent ainsi acquis est souvent utilisé par le centre pour combler des déficits d'autres projets mal gérés.

La prise de risque doit faire partie de l'activité du directeur d'un centre technologique. Les développements entrepris par le centre sont, par nature, des projets à risque important. S'ils ne comportaient que peu de risque, ils seraient entrepris par les entreprises privées. Grâce au soutien financier important de la communauté, le centre a l'obligation de se vouer uniquement à des projets à risque, des projets trop risqués pour être entrepris par une PME par exemple.

En aucun cas le centre technologique ne doit faire concurrence aux entreprises privées. Si une industrie entreprend, en collaboration avec le centre, un développement subventionné par la Confédération, par la Commission pour l'encouragement de la recherche scientifique (CERS) par exemple, cela signifie qu'elle n'aurait pas pu, seule, entreprendre le dit développement. Lorsque la raison pour elle de s'adresser au centre est uniquement de réduire ses frais de développement d'un facteur deux par exemple, le centre ne remplit pas son rôle en collaborant avec cette entreprise et cette dernière ne mérite pas l'assistance de la Confédération. Il y a évidemment la tentation pour le centre d'accepter de tels projets car ils sont à faible risque et permettent d'aboutir à une réalisation industrielle, si modeste soit-elle. Le centre peut alors évoquer ses "succès" industriels.

Une des responsabilités du directeur de centre est d'interrompre des projets qui n'aboutissent pas à une valorisation dans les temps voulus ou qui ne correspondent plus aux exigences du marché. Cela ne doit pas avoir lieu par le pourrissement du projet et une mise à l'écart des collaborateurs concernés mais au contraire une décision claire et rapide suivie d'une assistance aux collaborateurs dans leur reclassement intérieur ou extérieur au laboratoire. Lorsqu'un domaine de technologie est abandonné au profit d'un autre, il faut remplacer les chercheurs du domaine abandonné par des chercheurs du nouveau domaine. Il n'est plus possible pour un centre technologique, de reconverter des spécialistes d'un domaine dans un autre domaine et être compétitif dans le nouveau domaine car le temps de recyclage est souvent plus long que la durée de vie du nouveau projet.

Une erreur souvent commise dans les départements de R/D et les instituts technologiques a été de réinventer des technologies existantes. Lorsqu'un choix de technologie a été fait, il faut s'assurer la collaboration de spécialistes du domaine choisi pour mener le nouveau projet en partant des connaissances les plus actuelles. Lorsqu'une technologie fondamentale, par exemple la technologie nucléaire, est abandonnée au profit d'une autre technologie très différente, il est indispensable de remplacer les scientifiques spécialistes du nucléaire par des spécialistes du nouveau domaine. Il est impossible, au niveau d'un centre technologique, de rester un centre d'excellence en changeant fondamentalement de domaine d'activité et en gardant le même personnel scientifique. La pensée contraire est généreuse toutefois elle ne peut

que se solder par un échec à un coût économique élevé. De nouveau, un centre technologique se doit d'être excellent dans son domaine s'il veut atteindre les objectifs pour lesquels il a été conçu, soit la création d'entreprises et le développement économique d'une région.

S'il n'est guère souhaité d'accroître le nombre des hautes écoles en Suisse, il est en revanche très possible de créer et distribuer les centres technologiques dans les diverses parties économiques du pays. Cela va dépendre du dynamisme des diverses régions géographiques. En collaboration avec la section "Centres technologiques" du Département fédéral de la science et de la technologie, les autorités politiques des 4 ou 5 régions géographiques (constituant la région technologique suisse) feront des propositions de sites pour l'implantation de centres technologiques. Ces derniers s'intégreront parfaitement dans l'environnement car ils seront nés d'un souhait et d'une volonté populaire. Chaque centre doit avoir un objectif bien défini. Si, après 5 ans, l'objectif n'est pas atteint, les autorités fédérales compétentes imposeront un changement du management du centre et, s'il est nécessaire, une réorientation de l'activité du centre. On ne maintiendra pas un centre médiocre en activité, pour des raisons politiques, sous prétexte qu'il se trouve dans une région défavorisée, par exemple. On ne va pas non plus créer un deuxième centre pour pallier les déficiences du premier. Cette solution, souvent choisie pour sa facilité en période économique favorable, coûte très cher à la société.

Seuls des arguments scientifiques doivent décider de l'implantation, du maintien ou de l'arrêt de l'activité d'un centre technologique. Lorsqu'une technologie aura été jugée intéressante pour la Suisse, on créera un unique centre technologique voué à cette technologie. Cela impose aux différentes autorités cantonales d'avoir, dans ce domaine, des responsables et des conseillers suffisamment éclairés pour trouver des objectifs communs au niveau régional technologique. Les régions peuvent et doivent ignorer les frontières cantonales ou même nationales. Des accords seront trouvés avec les autorités des pays limitrophes pour instaurer une collaboration internationale. Un centre technologique ne devrait pas compter plus de 200 personnes. Au-delà de ce chiffre, l'expérience l'a prouvé maintes fois, l'administration croît démesurément et le management perd le contact avec ses collaborateurs. Lorsqu'un centre dépasse cette limite, il est recommandé de le subdiviser en deux ou plusieurs centres indépendants, ayant leur propre management, leurs objectifs et leur budget.

Lorsque le personnel scientifique, dans sa majorité, ne quitte le centre qu'à l'âge de la retraite, c'est dû à l'absence de succès économiques et de bons entrepreneurs. Seuls les personnes assurant les divers services du centre peuvent y travailler plus longtemps. De nouveau, si les technologies développées par le centre connaissent un succès économique, les scientifiques et techniciens ayant participé à ces développements devraient se voir offrir d'intéressantes situations dans l'industrie. Parmi eux, il y aura aussi des entrepreneurs qui profiteront de l'occasion pour créer leur entreprise.

La politique salariale, dans un centre technologique, ne doit en rien ressembler à celle pratiquée parfois dans certains établissements d'état où l'ancienneté est la qualité la mieux récompensée. Des primes à l'excellence encourageront le personnel scientifique à être créatif. Elles seront directement liées aux retombées économiques des travaux effectués. Ces primes seront décernées par le Département fédéral de la science et de la technologie. Plusieurs degrés de prime pourront être attribués suivant l'impact économique du travail récompensé. Ces certificats d'excellence pourront constituer le label de qualité des scientifiques. Des parts de royautés pourront être ristournées aux chercheurs responsables d'une innovation brevetée; des licences pourront leur être attribuées en priorité pour leur permettre de créer une entreprise.

Il est très important pour les chercheurs d'un centre technologique de pouvoir publier les résultats de leurs recherches. Cela impose au centre d'avoir un système performant de protection de la propriété intellectuelle. La possibilité de publier des résultats intéressants est la plus grande motivation pour un chercheur de talent. Lorsqu'elle est faite dans une revue de qualité, la publication fait connaître le centre et son activité et permet l'établissement de contacts personnels. Souvent, les centres de recherche n'autorisent la publication de résultats seulement si le projet est devenu inintéressant ou n'a pas abouti, alors que les travaux de qualité sont gardés confidentiels. A moyen et à long terme cette attitude est néfaste car d'autres chercheurs d'autres laboratoires publieront peu après ces mêmes résultats à la grande déception des premiers chercheurs.

Les publications de mauvaise qualité sont à éviter. Il est bien connu que tout peut être publié actuellement. Des éditeurs peu scrupuleux se satisfont de tout texte dès l'instant qu'ils sont payés pour les publier. Il y a également des scientifiques qui n'ont d'autre possibilité, vu l'absence d'originalité de leur travail, que de publier dans des revues de facilité. La vérité scientifique n'est pas sauvegardée mais l'effet produit sur les milieux politiques est atteint et l'auteur de l'article, en tant que directeur de centre ou responsable de projets de recherche reçoit le soutien financier dont il a besoin pour poursuivre son activité. Lorsque les décisions sur la qualité du travail d'un centre sont prises par des scientifiques vigilants appartenant au département fédéral qui finance le centre plutôt que par des politiciens de carrière, les risques d'erreurs sont beaucoup moins grands.

### *2.9. Les écoles techniques supérieures (ETS)*

Un très gros effort doit être fait en Suisse pour revaloriser le rôle des écoles techniques formant les ingénieurs ETS. Ce type de formation a un grand impact sur le développement économique du pays. La majorité des entreprises actives dans la technique ont été fondées par des ingénieurs ETS. Jusqu'à présent, ces écoles ont été considérées au même niveau que les gymnases alors que ces dernières institutions ne débouchent pas sur l'économie sans une formation ultérieure. Un nouveau statut de ces écoles est en préparation et il faut s'en réjouir.

## *2.10. La collaboration avec les centres high-tech internationaux*

Qu'il s'agisse de recherche fondamentale ou de recherche appliquée, la collaboration internationale est impérative pour un petit pays comme la Suisse. Peu a été dit, dans cette analyse, au sujet de la recherche fondamentale. La raison à cela est qu'elle ne peut être caractérisée en dehors d'un contexte international. Souvent, des moyens expérimentaux considérables sont nécessaires au développement de la recherche fondamentale. Les centres sont répartis dans les différents continents où sont regroupés des chercheurs du monde entier.

La Suisse se doit de participer dans la mesure de ses moyens à l'effort intellectuel et financier global déployé dans ces centres. Il est important de concentrer les scientifiques les plus doués en matière d'abstraction dans le domaine de la recherche fondamentale. En effet, pour imaginer des nouveaux mécanismes, expliquant l'aspect fondamental des choses, un grand pouvoir d'abstraction est nécessaire. La recherche appliquée demande également de grands talents, toutefois orientés vers l'innovation plutôt que l'invention. Lorsqu'une invention est née du génie de la recherche fondamentale, il faut le génie de la recherche appliquée pour valoriser cette invention au niveau de l'ensemble de la société.

L'échange de collaborateurs entre la Suisse et des instituts de haut niveau est primordial pour l'acquisition d'un niveau scientifique de qualité internationale. La Suisse a de nombreux atouts pour attirer, pour un temps, des chercheurs très qualifiés en congé sabbatique. Comme déjà mentionné, ils ont pour noms des montagnes prestigieuses, des lacs faits pour la navigation, de l'air pur et une sécurité qui règne encore presque partout. Il est facile d'inciter un chercheur à quitter momentanément un environnement souvent dur et hostile pour venir avec sa famille goûter à la sérénité et au confort de la Suisse. Il est plus difficile, pour un suisse, d'obtenir un emploi rémunéré dans un centre de réputation mondiale. L'expérience montre que cela est toujours possible lorsque le scientifique suisse a fait preuve, par une ou deux publications de très bon niveau, de ses qualités de chercheur. On retrouve ici l'importance des publications pour l'épanouissement des chercheurs.

## *2.11. Les entrepreneurs*

Les entrepreneurs sont la clé de tout le système technologique d'une région ou d'un pays. Sans la présence d'entrepreneurs, tout effort de développement reste vain. Il n'y a pas de spin-off sans la présence d'entrepreneur, c'est pourquoi il n'est pas possible de haser une évaluation de la recherche sur l'inventaire des spin-offs sans s'assurer que tout est fait durant les différents cycles scolaires pour révéler et épanouir les talents d'entrepreneur.

### Father's Occupational Status

Father's Occupational Status	Technical Entrepreneurs ( <i>n</i> = 113) <sup>*</sup> (%)	Employed Scientists and Engineers (S&E) (Control Group) ( <i>n</i> = 296) (%)
Professional	32	8
Managerial	27	44
Farmer	4	8
Clerical and sales	9	7
Skilled labor	18	21
Unskilled labor	10	11
Totals	100	99 <sup>†</sup>

\* *n* = 113 means that data on 113 entrepreneurs are used for the comparison shown here. Total sample sizes vary from possible maximum due to missing data. This occurs throughout this chapter.

† Round-off error.

TABLEAU 9: Taux d'entrepreneurs en fonction du statut du père [ROBERTS, 1991]

### Whether or Not Father was Self-Employed

Father Self-Employed	Technical Entrepreneurs ( <i>n</i> = 119) (%)	Employed Scientists and Engineers ( <i>n</i> = 296) (%)
Yes	51	30
No	49	70
Totals	100	100

$X^2 = 15.06$ ,  $p = 0.0001$ . (These statistics measure the degree of similarity of two sets of data, here "technical entrepreneurs" and "employed scientists and engineers";  $X^2$  indicates that the chi-square test is used; the  $p$  value indicates that the strong differences in the data that are shown here might arise from purely random causes in only one case out of 10,000 chances. Further information on statistical testing is provided in the Appendix.)

TABLEAU 10: Impact de la profession des parents sur les entrepreneurs [ROBERTS, 1991]

Il a été écrit précédemment que la notion d'entrepreneur devait être prise en considération dès le début du cycle d'enseignement secondaire. Plus tôt le précieux talent d'entrepreneur est mis à jour, plus il a de probabilité d'être exploité au meilleur moment de la vie professionnelle, soit entre 25 et 35 ans. Un épanouissement plus tardif rend souvent la concrétisation de l'activité de l'entrepreneur plus difficile. On ne devient pas entrepreneur, on l'est ou l'on ne le sera jamais. L'entrepreneur peut en revanche acquérir beaucoup d'informations qui vont lui permettre de commencer son activité créatrice dans les meilleures conditions.

Le milieu familial est le premier à favoriser l'éclosion de talent d'entrepreneur, tel qu'il apparaît dans la très intéressante étude de E.B. Roberts [ROBERTS, 1991]. En étudiant un échantillonnage de 129 "spin-offs" du Massachusetts Institute of Technology, il ressort que 59 pour cent des entrepreneurs en technologie sont issus de milieux dont le père est un manager ou un professionnel (juriste, médecin, etc.). Le tableau 9 montre que, si l'on se base sur le nombre de scientifiques et ingénieurs constituant les principaux instituts du MIT générateurs d'entrepreneurs, on constate qu'il y a 4 fois plus que la normale d'entrepreneurs issus de pères professionnels. Cela laisse à penser que les enfants de professionnels sont plus enclins à devenir des entrepreneurs que ceux des managers.

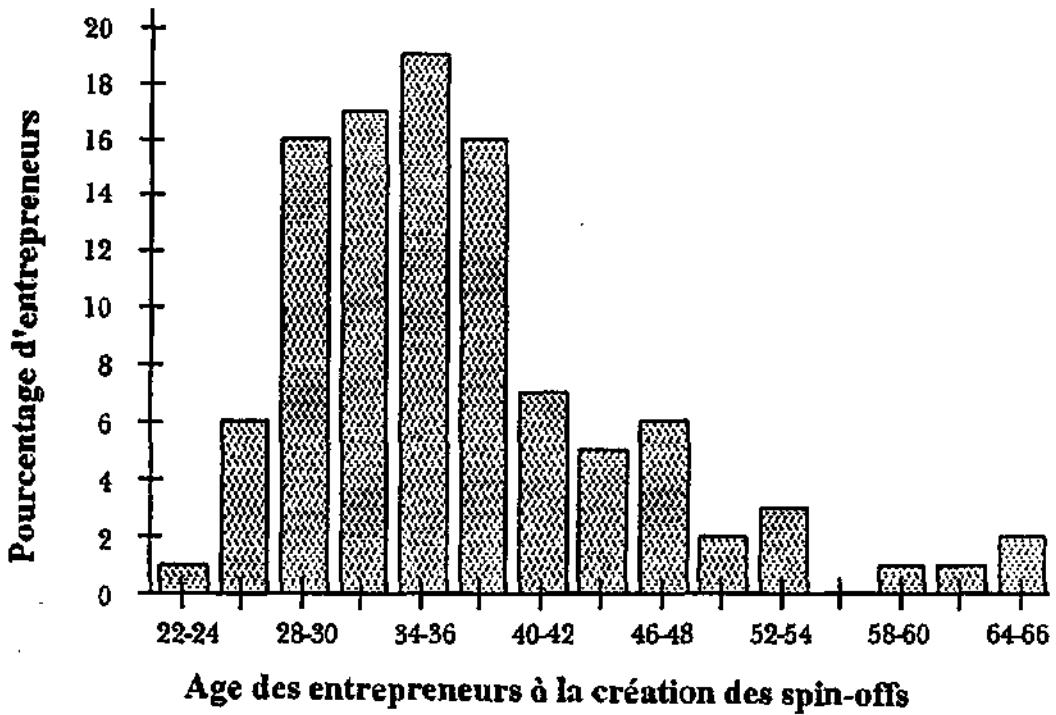
Il est clair que les parents influencent leurs enfants par leur comportement. Un professionnel est rarement un membre d'une grande organisation hiérarchique. Et même dans une grande institution (entreprise, hôpital), le professionnel possède un degré d'indépendance qu'un manager n'a pas, pris qu'il est dans une organisation très structurée. Après l'observation de l'indépendance professionnelle de son père, l'enfant va essayer de trouver pour lui-même ce type d'occupation indépendante. Le père d'un entrepreneur est-il le plus souvent indépendant ? C'est une seconde intéressante question concernant l'occupation du père. Comme le montre le tableau 10, la différence entre le pourcentage d'entrepreneurs et le nombre de scientifiques et ingénieurs employés est très frappant. Il y a une très forte tendance à ce que les entrepreneurs proviennent de familles dont le père est indépendant (self-employed).

Plusieurs autres études faites à partir d'organisations diverses montrent le même phénomène, soit le fort pourcentage d'entrepreneurs dont le père est indépendant. Statistiquement, il est donc correct de dire que la probabilité pour un scientifique ou un ingénieur particulier de créer sa propre entreprise est plus grande, et de façon significative, dans le cas où le père est indépendant. Le milieu familial joue donc un rôle très important dans le processus d'éclosion de talent d'entrepreneur. Le seul désir d'indépendance professionnelle n'est pas suffisant pour créer un entrepreneur. Il faut certainement, en plus, quelques traces de génie créateur acquises par hérédité. Le second milieu capital pour la révélation de qualités d'entrepreneur est certainement le système éducatif scolaire. L'influence de l'enseignement secondaire des sciences techniques est certainement primordial pour la révélation des talents d'entrepreneurs. Une étude entière devrait être consacrée à ce point, vu son importance.

L'étude de E.B. Roberts montre également l'âge auquel les entrepreneurs créent le plus volontiers leur entreprise. Réalisée auprès de 270 entreprises de la région de Boston, elle montre une dispersion allant de 23 à 69 ans avec un maximum à 37 ans. Les spin-offs inclus dans l'étude et provenant spécifiquement du Massachusetts Institute of Technology indiquent un âge d'entrepreneur moyen de 34 ans comme l'indique le tableau 11. Le jeune âge des entrepreneurs en technologie est certainement lié au modernisme des technologies qu'ils utilisent. Une personne plus âgée doit tout d'abord apprendre un nouveau domaine émergent, ce qui est toujours une charge et une tâche ardue. La personne âgée est habituée à l'utilisation en cours de la technologie existante et sera moins encline à en chercher de nouveaux usages. En revanche, le scientifique expérimenté aura un meilleur sens des besoins du marché et des changements technologiques à promouvoir.

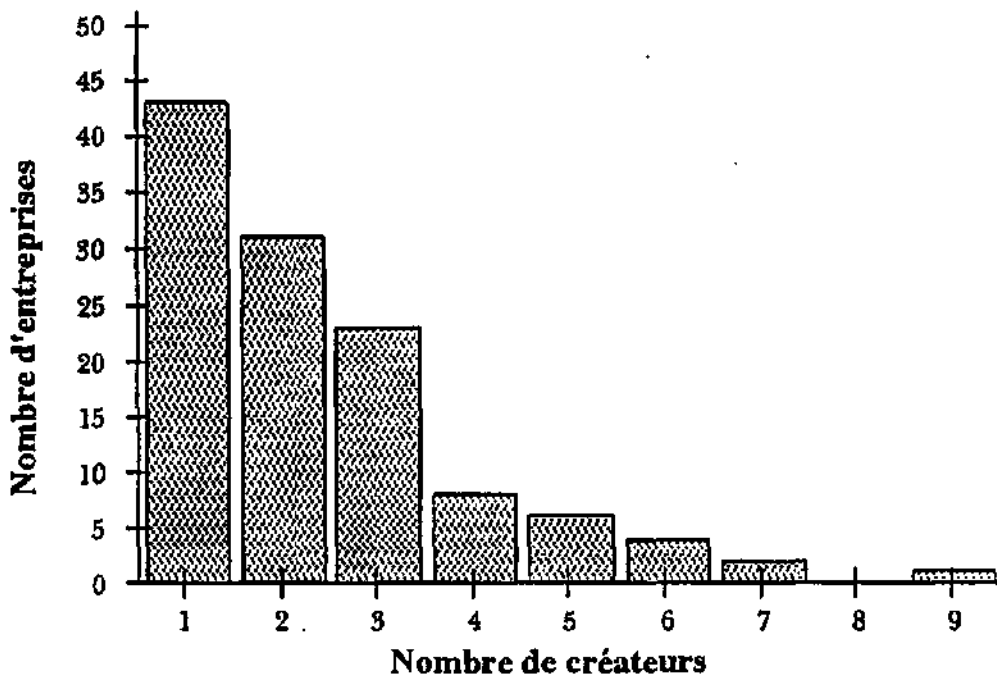
La même étude montre encore l'influence du nombre de cofondateurs sur la probabilité de création d'entreprises. Le tableau 12 présente le nombre de cofondateurs par entreprise créée sur un échantillonnage de 118 entreprises. En fait la plupart des entreprises ont été créées par plus d'un fondateur (75 sur 118 entreprises soit 64 pour cent ont été créées par deux ou plusieurs cofondateurs).

Toutes ces études faites aux Etats-Unis et en Suède montrent l'importance des entrepreneurs sur le développement économique. Dans les rapports du Conseil suisse de la science, sur la politique suisse de la science et de la technologie, les mots si importants d'ENTREPRENEURS et de CREATIONS D'ENTREPRISES sont inexistantes toutefois ils sont les piliers d'un développement technologique réel et mesurable.



\* Round-off error; adds to 103%

**TABLEAU 11:** Distribution de l'âge des entrepreneurs à l'origine de spin-offs du MIT, au moment où ils ont créé la nouvelle entreprise (nombre d'échantillons = 119) [ROBERTS, 1991]



**TABLEAU 12:** Nombre de cofondateurs par entreprises créées (nombre d'échantillons n = 118) [ROBERTS, 1991]

## 2.12. *Les capitaux*

Il n'y a pas de développement technologique sans capitaux. Tout entrepreneur qui veut créer son entreprise a besoin de capitaux. Les entreprises de capital-risque sont indispensables à la création et au développement technologique d'une région, d'un pays. Il n'y a pas de place en Suisse pour plusieurs sociétés de capital-risque, le nombre de nouveaux projets sérieux étant trop limité. Plusieurs banques suisses ont fait l'expérience du capital-risque. Presque toutes en ont gardé un fort mauvais souvenir, principalement du fait que souvent aucun des projets financés n'a connu de dénouement favorable. Il est ensuite facile d'expliquer la réticence bien naturelle de toute institution bancaire à financer un nouveau développement si intéressant soit-il. Il faut assister plusieurs dizaines de projets pour se voir récompenser un jour par le succès commercial d'un développement particulier. Il faut aussi être capable de discerner un bon projet d'une utopie. Pour cela, toute institution de capital-risque doit disposer de l'assistance de conseillers scientifiques indépendants et compétents. Les inventeurs sont souvent de très mauvais entrepreneurs, par conséquent il faut toujours s'assurer qu'ils sont associés à un entrepreneur.

Il serait judicieux de créer, en Suisse, un pool de banques désireuses de participer à un programme de capital-risque. La Confédération pourrait également prendre une part active dans cette action. La participation des plus importantes banques suisses ainsi que de la Confédération serait un gage de la volonté de développer en Suisse, et non à l'étranger, des projets technologiques intéressants. Des facilités fiscales pourraient être accordées aux banques participant à l'opération.

Il est très délicat de s'adresser à une entreprise étrangère pour le financement d'un nouveau développement. En effet, il y a le danger, qu'en cas de réussite, le développement quitte la Suisse pour rejoindre la maison mère. Des promesses sont souvent faites aux entrepreneurs que leur activité restera en Suisse quoiqu'il arrive. En fait, des arguments purement économiques ont toujours eu raison des sentiments patriotiques. Toute entreprise suisse, rachetée par une multinationale finit toujours, tôt ou tard, par quitter le pays, surtout si elle occupe un site de haute valeur immobilière. Il y a donc un intérêt majeur à chercher un financement provenant d'une source profondément ancrée dans le pays, liée à des personnes croyant au développement technologique de la Suisse. Les capitaux étrangers ne sont toutefois jamais à négliger. En cas d'insuccès auprès d'organismes suisses, l'entrepreneur a toute liberté de s'adresser à des institutions étrangères pour lui permettre de réaliser ses objectifs, même si son pays ne doit pas en profiter.

L'une des caractéristiques de la société américaine est sa capacité à prendre des risques [OCDE, 1989c]. Ceci se traduit au niveau du financement de la création d'entreprises: 45 milliards de dollars de fonds propres investis au cours d'une année dans les quelque 700'000 créations d'entreprises. Quatre-vingts pour cent sont collectés auprès des proches (amis, parents), ou de partenaires incités par les "limited partnerships" qui permettent d'investir en déduction fiscale. Les entreprises à haut potentiel sont

financées en phase de démarrage par des particuliers ayant fait fortune. Dix pour cent (4.5 milliards de dollars) proviennent des collectivités sous diverses formes (capital de démarrage, prêts participatifs, prêts à long terme). Les dix pour cent restants proviennent des banques et des sociétés de capital-risque. Le capital-risque américain (500 entreprises, 2000 personnes) reste 2 fois plus élevé que le capital-risque européen. Il est très concentré géographiquement puisque quatre Etats (Californie, Massachussets, New-York, Texas) collectaient quatre-vingt-sept pour cent des fonds en 1982. Les caisses de retraite (Pension Funds) ont joué un rôle croissant depuis la révision en 1978 de leur réglementation et financent dès 1982 le tiers des fonds des "Ventures Capitalists" américains.

Il est certain que les exonérations fiscales, celles des "limited partnerships" ou des investisseurs en capital-risque, jouent un rôle essentiel dans la mobilisation et la mobilité de l'épargne. Le comportement des épargnants, beaucoup plus flexibles et prêts à prendre des risques, est aussi déterminant. Les Suisses épargnent davantage que les Américains toutefois ils ont horreur du risque. La capacité à agir pour drainer une épargne de proximité vers des créations d'entreprises, pour développer une profession de "venture capitalist", pour orienter une partie plus importante de l'épargne des caisses de retraite et des compagnies d'assurances vers la prise de risque, constitue donc un champ d'action que peut éclairer l'expérience américaine. La grande différence entre la société américaine et la société suisse réside dans l'aptitude à prendre des risques. Les Suisses ont une méfiance infinie vis-à-vis du risque, tout particulièrement lors que cela implique un financement. Pour surmonter cet obstacle, un travail en profondeur doit être fait au niveau de l'enseignement secondaire déjà pour faire comprendre aux suisses, dès leur jeune âge, la nécessité impérieuse à prendre des risques à certaines occasions de la vie.

Il est intéressant de noter que la première compagnie américaine à se focaliser sur le capital-risque fut "American Research and Development Corporation (ARD)," créée à Boston en 1946 grâce aux efforts du président du MIT, Karl T. Compton [ROBERTS, 1992]. Avec quelques autres éminents scientifiques, il a vu l'importance des capitaux pour faire progresser la recherche et les innovations technologiques vers le marché. Les responsables des départements de chimie et d'aéronautique furent les conseillers de ARD et le trésorier du MIT, son trésorier. ARD fut fondé initialement avec 3.4 millions de dollars grâce à des investissements initiaux de plusieurs compagnies d'assurance de la région de Boston, ainsi que des investisseurs tels que MIT, Harvard, Rice Institute, et l'université de Rochester. Son premier président, George Doriot était à la fois professeur à Harvard Business School.

Cette participation très active des scientifiques américains pour préparer le financement d'innovations technologiques est remarquable. Ils n'ont pas attendu que des hommes d'affaire, des banquiers perçoivent le besoin de la création de compagnies capital-risque. Un pareil rôle pourrait être tenu, en Suisse, par les présidents des écoles polytechniques et les directeurs des instituts de technologie, cela 50 ans après leurs confrères américains.

ARD s'ouvrit ensuite aux fonds publics, puis fut vendue et acquise par Textron Corporation et finalement vendue par Textron à un membre de la famille Mellon. Initialement et pendant plusieurs années, ARD investit principalement dans des idées provenant de professeurs du MIT qui installaient leurs nouvelles entreprises dans les bâtiments du MIT. Ces spin-offs bénéficiaient d'un arrangement unique de partage des frais avec l'institut. De tels arrangements existent maintenant dans d'autres universités. Chaque année, des centaines de demandes de financement parviennent à ARD. Parmi elles, dix pour cent sont minutieusement analysées et un investissement est accordé à deux à trois pour cent qui reçoivent un financement. Le principal succès de ARD est de loin l'investissement de 70'000 dollars fait en 1957 pour acheter septante-huit pour cent de Digital Equipment Corporation (DEC). Les revenus de cet investissement contribuent maintenant pour quatre-vingt-six pour cent du total des dividendes délivrés par ARD à ses actionnaires.

A côté des compagnies de capital-risque existent d'autres organismes susceptibles d'investir dans des entreprises technologiques. Aux USA, il y a notamment les "Small Business Investment Companies (SBIC)". Pour inciter l'investissement dans les petites entreprises, le gouvernement américain a concédé d'importantes réductions de taxes sur les fonds privés investis et a accordé des prêts à des taux très avantageux. Si ces SBIC sont importantes pour les stades initiaux de création d'entreprises, les 66 SBIC contrôlent cependant moins de 1 pour cent des fonds de l'industrie du capital-risque.

Il y a aussi les sociétés non financières. La plupart d'entre elles cherchent à compléter leur propre effort de R/D en soutenant des entrepreneurs dans l'espoir d'avoir accès à leurs talents technologiques. Les premières entreprises aux USA furent Dupont, Ford, Texas Instrument et Union Carbide. Aujourd'hui, 92 sociétés industrielles américaines gèrent un capital de 2.6 milliards de dollars de capital-risque. La principale considération des investisseurs va pour la technologie; la qualité de l'équipe fondatrice est le second plus important critère de décision. Les sociétés non financières sont souvent plus enclines à fournir de l'assistance technique, de marketing ou de management aux sociétés dans lesquelles elles investissent. La société d'investissement peut avoir la tendance d'interférer dans l'activité de la jeune entreprise. Elle peut aussi s'opposer à une ouverture de l'entreprise à des fonds publics, préférant simplement l'absorber. Les statistiques américaines montrent qu'il est beaucoup plus fréquent pour une entreprise d'être rachetée par une plus grande entreprise que d'être financée par des fonds publics.

Les banques commerciales jouent un rôle actif dans certains états des USA pour fournir des capitaux à de jeunes entreprises technologiques. Les motivations de telles banques sont principalement les profits futurs générés par les transactions de l'entreprise dans sa phase de croissance. En aidant au financement d'une jeune entreprise, la banque espère rester le principal partenaire de l'entreprise lorsque celle-ci connaîtra le succès.

Pour un entrepreneur suisse, il est recommandé de considérer les possibilités de financement par des entreprises de capital-risque européennes, le choix d'entreprises suisses étant trop réduit. Il est compréhensible que de telles sociétés ne se développent guère en suisse car les entrepreneurs désirant créer leur entreprise sont trop peu nombreux.

### **3. MISE EN PLACE DE LA NOUVELLE ORGANISATION**

#### *3.1. Programme des deux premières années*

Pour effectuer une restructuration importante d'une organisation, il faut non seulement définir des objectifs précis c'est-à-dire quantifiés, mais aussi donner les dates auxquelles ces objectifs devront être atteints. L'expérience a toujours montré que sans échéance précise, les objectifs sont rarement atteints, même avec la meilleure bonne volonté possible.

La première démarche urgente est de doter les universités d'un organisme central ayant pouvoir de décision sur toutes les institutions qu'il représente. En principe, la Conférence universitaire suisse (CUS) aurait dû être cette instance; en fait elle n'a jamais exercé ses tâches pourtant judicieusement définies (voir chapitre I.2.9). Ce qui a été omis dans la convention-cadre de la CUS, c'est, de nouveau, une quantification des objectifs et une planification dans le temps de ces derniers.

En 3 mois, il devrait être possible de réunir une équipe nouvelle constituant la CUS, comprenant également des entrepreneurs, capable de constituer un partenaire dynamique valable au Conseil des écoles polytechniques (CEPF) et au Groupement de la science et de la technologie (GST).

Il n'est pas nécessaire de maintenir l'existence de la Conférence universitaire romande. Les barrières linguistiques ne peuvent plus être invoquées sérieusement pour justifier la maintenance d'un tel organisme. Dans un petit pays comme la Suisse, les problèmes doivent être résolus au niveau du pays et non d'un groupement de cantons. Il faut relever que la CUR est aussi dotée d'objectifs très louables, toutefois, sa convention-cadre a les mêmes importantes lacunes que celle de la CUS.

La CUS et le CEPF devraient tout d'abord se mettre d'accord sur l'audience minimum acceptable des cours donnés dans les hautes écoles pour être maintenus. Tous les cours qui ne connaîtraient pas cette affluence seraient regroupés en un ou deux sites afin de satisfaire cette condition. Il est entendu que ce nombre d'audience minimum concernerait des étudiants inscrits, désireux de passer un examen sur le programme du cours; il est toujours facile d'atteindre une audience donnée avec des auditeurs présents à la première et dernière leçon. Ainsi, au début de l'année qui suit cette analyse de

fréquentation des cours de toutes les hautes écoles, une série de cours seront supprimés, impliquant aussi la fin de contrats de professeurs. Ces derniers possédant une formation professionnelle très vaste n'auront aucun problème à trouver un nouvel emploi, même en période de récession.

Avec l'interruption de nombreux cours, les programmes de recherche liés à ces cours seront aussi interrompus. Les chercheurs qualifiés auront la possibilité de rejoindre les groupes maintenus dans ce domaine d'activité dans d'autres sites suisses. En technologie, les spécialistes de qualité sont toujours recherchés et bienvenus.

Ainsi, en moins d'un an, il aura été possible de regrouper les chercheurs de talent et de redonner à toute une série de cours spécialisés, un taux d'audience respectable et économiquement acceptable. Il faut prévoir une réduction des dépenses des hautes écoles d'environ 30 pour cent, suite à ces premières démarches.

Afin d'augmenter la qualité de l'effort des étudiants et la mobilité de ces derniers, des habitations pouvant loger au moins 50 pour cent des étudiants seront construites sur les sites des hautes écoles. Le coût économique de ces bâtiments sera rapidement compensé par les gains effectués sur les transports publics et par une bien meilleure utilisation des équipements technologiques, 24 heures sur 24. La nouvelle disponibilité des étudiants permettra aussi de mieux gérer les salles de cours. En deux années, cet objectif devrait être atteint.

Les facultés des sciences des universités de Zurich et Lausanne seront rattachées aux départements correspondants de l'EPFZ et EPFL. Les meilleurs professeurs et chargés de recherche conserveront leur emploi.

Il est à noter que ces démarches pourront se faire sans l'intervention du GSR, uniquement par les actions concertées de la CUS et du CEPF.

Dans ces deux premières années, les bases du futur Département de la science et de la technologie seront établies et préparées par le GSR et les commissions de la science et de la recherche du Conseil des Etats et du Conseil national. Les cantons se seront mis d'accord pour transférer leur compétence au nouveau département pour tout ce qui concerne les sciences techniques et leurs institutions. Ils seront bien évidemment déchargés de la grande partie des coûts inhérents à ces dernières.

### *3.2. Objectifs à 5 ans*

Le Département fédéral de la science et de la technologie sera créé et remplacera le GSR. Un inventaire des spin-offs de toutes les institutions de recherche permettra de localiser les groupes "locomotives" de recherche. Des moyens financiers généreux leur sont accordés afin d'augmenter encore leur impact sur l'économie nationale. Les groupes n'ayant obtenu aucun succès économique durant les cinq dernières années

seront dissous. Les meilleurs chercheurs de ces unités rejoindront les groupes plus dynamiques d'autres sites.

L'enseignement des sciences au niveau secondaire et gymnasial sera revu pour faire éclore le maximum de "noyaux" d'entrepreneurs. Tout sera fait pour permettre aux étudiants présentant les premiers symptômes de l'entrepreneur de s'épanouir et de s'affirmer. Ils pourront ensuite affermir leur talent dans leurs études universitaires. Ainsi, après 5 années de restructuration, les organismes de la science et la technologie du secteur public suisse seront bien adaptés aux temps modernes. Les chercheurs seront dynamisés par une vision technologique judicieusement choisie. La valorisation des travaux de recherche sera assurée grâce au nouveau critère d'évaluation faisant l'inventaire des spin-offs. Les mesures déployées pour révéler et développer les talents d'entrepreneurs dans l'enseignement secondaire, gymnasial et universitaire faciliteront grandement la création des spin-offs.

#### 4. CONCLUSION

La politique suisse de la science et de la technologie est un sujet passionnant et complexe. Jusqu'à présent considéré comme un champ d'activité indépendant de l'économie, il lui est aujourd'hui intimement lié. En période de rapides développements technologiques dans une économie en récession, la nécessité de quantifier les objectifs et les résultats de la recherche appliquée et de la technologie faite par le secteur public est inévitable. Un effort considérable est demandé à la communauté pour financer la recherche, il est bien naturel d'en attendre des retombées économiques. La recherche appliquée est ici à prendre dans son sens le plus large, ne laissant à la recherche fondamentale que les domaines restreints tels que les mathématiques et la physique théorique.

Ce besoin impératif de quantification demande certainement un grand effort d'ouverture de la part de tous les acteurs du monde des sciences techniques, et tout particulièrement des chercheurs des hautes écoles. Une très large indépendance attribuée à ces milieux pendant des décennies est certainement responsable des difficultés rencontrées aujourd'hui.

Les groupes de recherche constitués de chercheurs de talent, en contact avec le monde extérieur technologique et industriel, n'ont en général aucune crainte à soumettre leur activité à une analyse quantitative. Une partie appréciable de leur travail de recherche trouve une valorisation bienvenue dans le champ économique environnant.

Pour une majorité de chercheurs, ce besoin de valorisation n'est pas ressenti comme une retombée naturelle et souhaitée de leur effort financé par la communauté. Ils éprouvent à juste titre une grande satisfaction personnelle de pouvoir assouvir leur

désir de connaissance, en oubliant parfois les raisons de ceux qui leur donnent cette chance unique.

Idéalement, on pourrait considérer un ensemble de critères pour procéder à l'analyse quantitative des résultats de la recherche du domaine public. Il faudrait pondérer chacun des critères en fonction d'appréciations provenant de divers milieux de l'économie. On pourrait alors définir un "facteur de mérite" tel qu'on en attribue à des systèmes complexes pour optimiser leurs performances. Une telle démarche intellectuelle n'est malheureusement pas réalisable. Elle ignore l'espace temps si intimement lié à l'espace technologique.

La création de places de travail est certainement un objectif commun à tous ceux qui contribuent à l'effort de recherche. Il y a certes d'autres objectifs, toutefois ceux-ci diffèrent suivant les milieux de la population. En période de récession ou stagnation économique, la préoccupation prioritaire dans tous les milieux est la recherche du plein emploi. La création d'entreprises par des collaborateurs des hautes écoles qui mettent en pratique les connaissances acquises dans leur activité de recherche est sans nul doute un moyen d'atteindre cet objectif prioritaire. Aucune argumentation ne peut mettre en doute cette affirmation. L'utilisation d'autres critères tels que ceux définis au chapitre V est beaucoup moins évidente pour s'assurer de la création de postes de travail, c'est pourquoi il ne faut pas s'attarder sur ces derniers.

En 1993, les esprits ont considérablement évolués en Suisse dans le domaine de la recherche scientifique et technologique et c'est un phénomène réjouissant. D'intéressantes propositions de concertations et coordinations sont émises par les milieux universitaires et les responsables fédéraux. Le développement et l'affermissement de ce nouvel état d'esprit des scientifiques responsables des hautes écoles suisses, associé au recours aussi large que possible du critère des spin-offs pour quantifier les résultats des groupes de recherche et développement va donner une impulsion nouvelle à toutes nos institutions publiques maintenant profondément concernées par la valorisation des investissements consentis à leur usage

Ce qu'il faut en Suisse, ce sont des idées nouvelles, un nouveau dynamisme, un nouveau comportement, une vision technologique. Il faut retrouver le goût du risque, de l'aventure et oublier son microcosme. Il faut mettre une limite au perfectionnisme helvétique et prendre conscience de la durée de vie toujours plus réduite des produits et des technologies. Il faut valoriser la notion d'entrepreneur, adapter les lois pour faciliter les vocations de cette classe très précieuse de la population. Les scientifiques doivent prendre en main le sort du développement technologique de leur pays. Pour cela ils se doivent de s'impliquer dans la politique.

Cette étude n'a abordé que quelques-uns problèmes du très vaste et complexe domaine de la politique de la science et de la technologie. Elle ne s'est pas contentée de critiquer le système en place mais elle a voulu donner aux acteurs de la scène scientifique et technologique quelques propositions concrètes et applicables dans l'immédiat, pour

débloquer les rouages du développement technologique de la Suisse, donc de son économie. Les arguments sont basés sur une observation attentive au coeur du système en place ainsi que des systèmes étrangers ayant fait leurs preuves. Des économistes ont proposé des mesures de revitalisation de l'économie suisse par des mesures facilitant la libre concurrence et les échanges; les scientifiques de la nouvelle génération proposent la fertilisation du champ scientifique et technologique, par une nouvelle attitude tournée vers la valorisation des efforts de R/D.

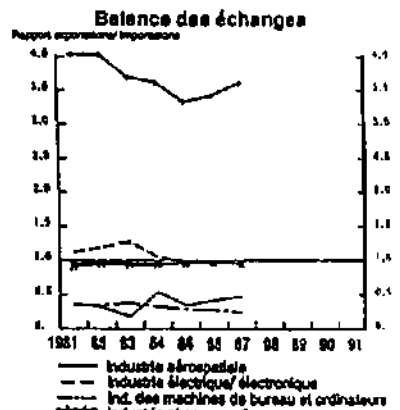
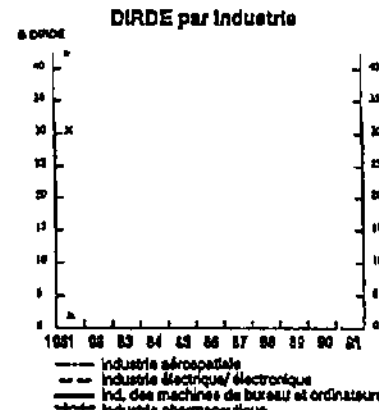
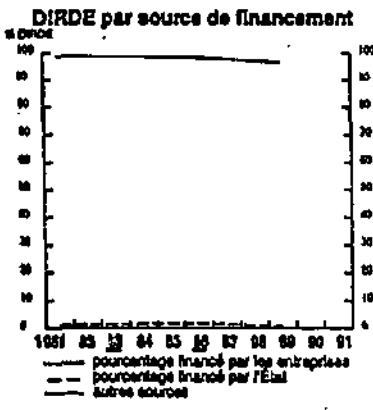
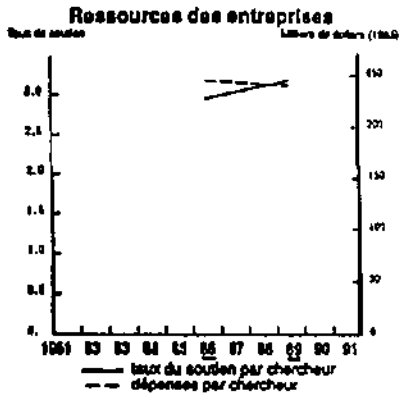
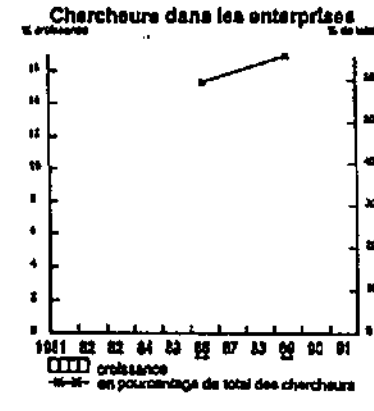
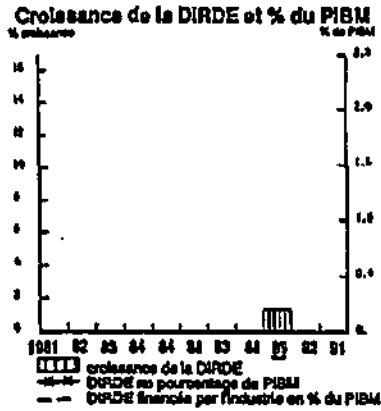
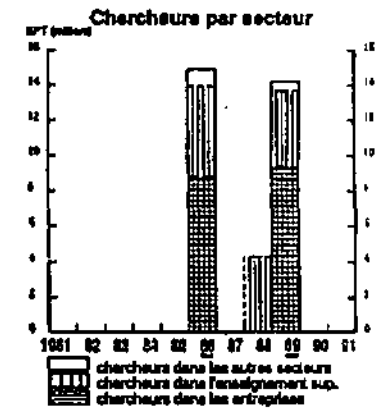
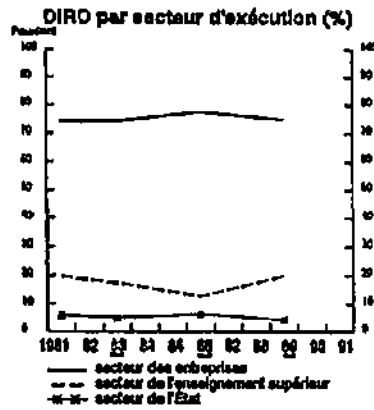
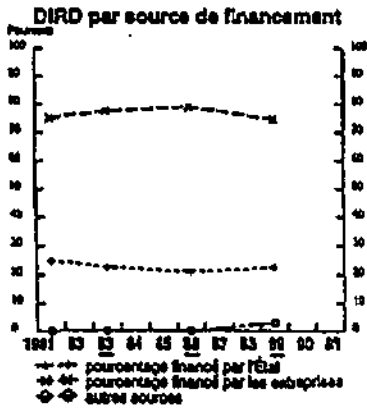
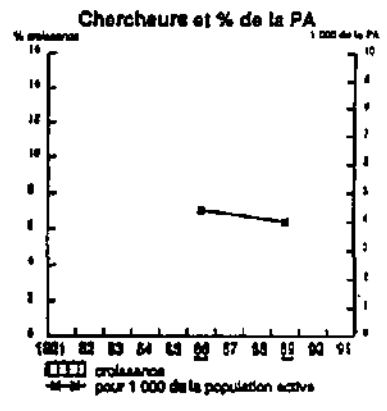
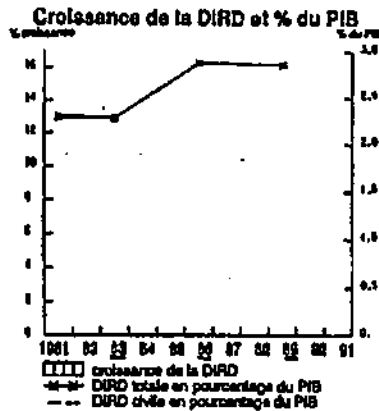
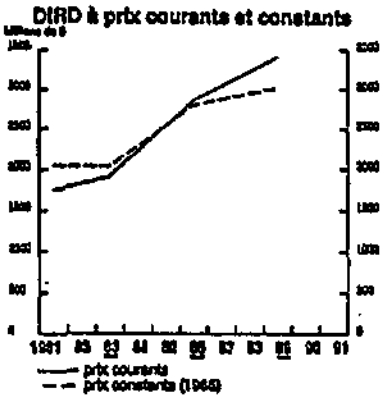
Une caractéristique importante de cette nouvelle approche des problèmes est qu'elle ne prescrit aucune augmentation des moyens financiers attribués à la R/D publique. Elle propose au contraire une gestion différente des ces moyens considérables pour, à la fois, mieux motiver les chercheurs et satisfaire les contribuables qui permettent le développement d'activités scientifiques et technologiques indispensables au développement de toutes sociétés modernes.

#### **Remerciements:**

Les plus vifs remerciements vont au personnel du Centre de documentation de la politique de la science à Berne qui a mis à disposition de l'auteur, avec beaucoup d'amabilité, serviabilité et compétence, une documentation de première valeur.

Les très importants travaux de l'OCDE sur la politique de la science en Suisse et dans le monde, de même que ceux de l'Office fédéral des statistiques qui a quantifié les activités de R/D en Suisse, ont été des sources d'information très appréciées pour la rédaction de ce travail.

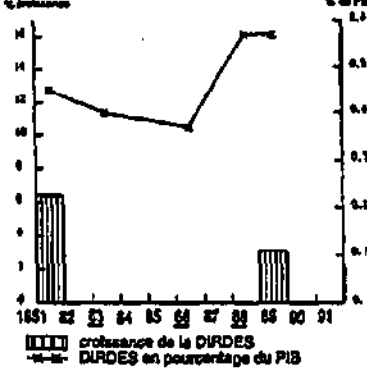
# ANNEXE 1: Les indicateurs d'activité de R/D de la Suisse [OCDE,1992]



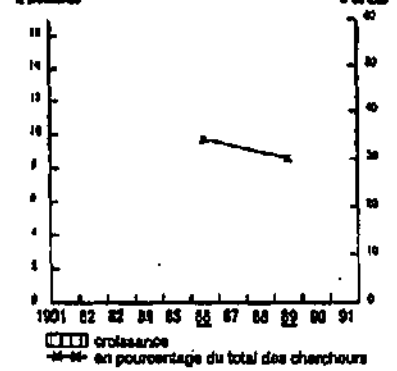
Source: OCDE, Banque de données de la DISTI, octobre 1991.

# SUISSE

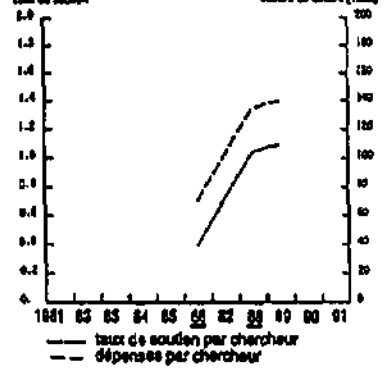
**Croissance de la DIRDES et % du PIB**



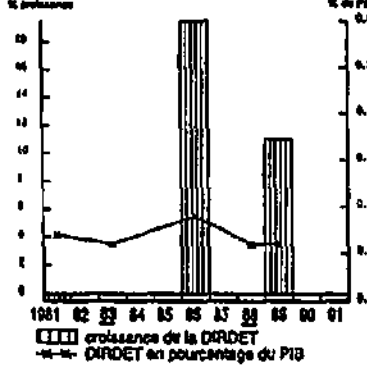
**Chercheurs de l'Enseignement supérieur**



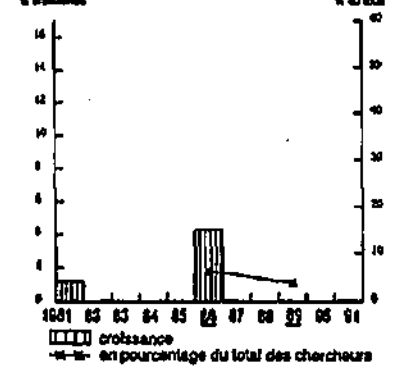
**Ressources de l'ES**



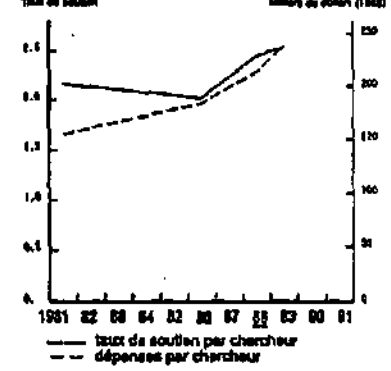
**Croissance de la DIRDET et % du PIB**



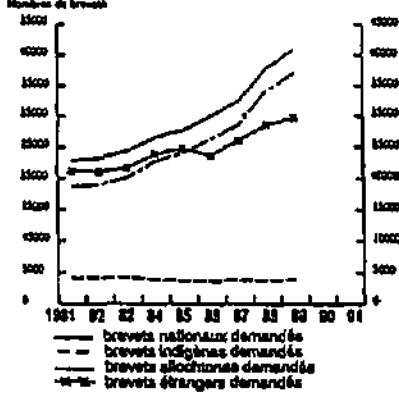
**Chercheurs de l'État**



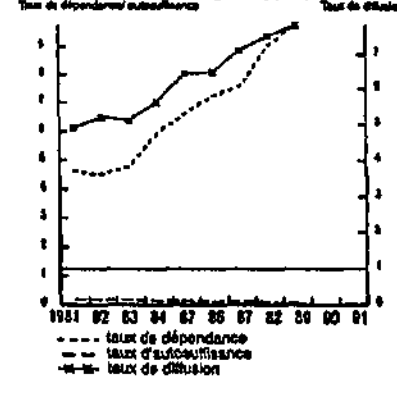
**Ressources de l'État**



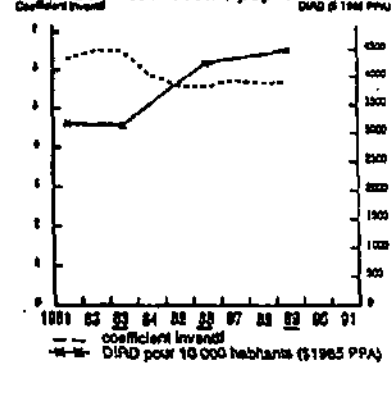
**Demandes de brevets**



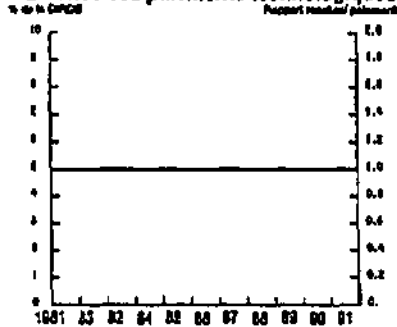
**Indicateurs de brevets**



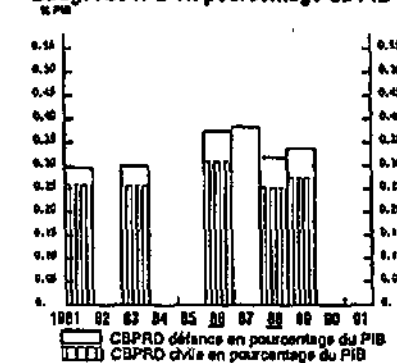
**DIRD et brevets / population**



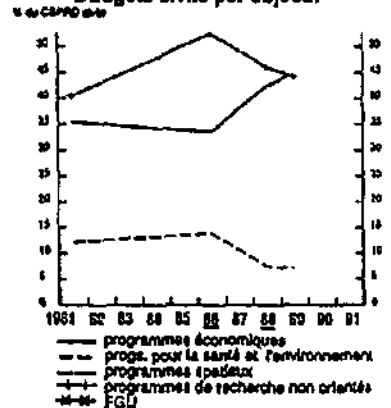
**Balance des paiements technologiques**



**Budget de R-D en pourcentage du PIB**



**Budgets civils per objectif**



Source : OCDE, Banque de données de la DISTI, octobre 1991.

### **Abréviations utilisées dans les annexes 1 et 3:**

Les abréviations utilisées dans ces graphiques ont les significations suivantes:

<b>DIRD:</b>	<b>Dépenses intérieures brutes de R/D</b>
<b>DIRDE:</b>	<b>Dépenses de R/D dans le secteur des entreprises</b>
<b>EPT:</b>	<b>Equivalence plein temps</b>
<b>ES:</b>	<b>Enseignement supérieur</b>
<b>FGU:</b>	<b>Fonds généraux des universités</b>
<b>ISBL:</b>	<b>Secteur des institutions privées sans but lucratif</b>
<b>R/D:</b>	<b>Recherche et développement expérimental</b>
<b>SSH:</b>	<b>Sciences sociales et humaines</b>
<b>BPT:</b>	<b>Balance des paiements technologiques</b>
<b>PIB:</b>	<b>Produit intérieur brut</b>
<b>PIBM:</b>	<b>Produit intérieur brut manufacturier</b>
<b>PPA:</b>	<b>Parités de pouvoir d'achat</b>

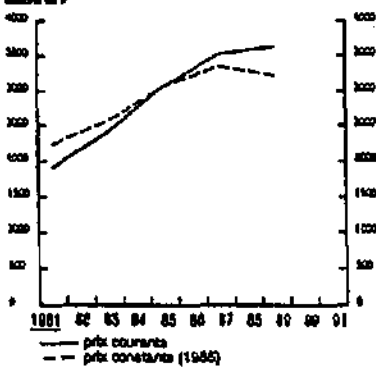
**ANNEXE 2 : Liste des abréviations utilisées pour décrire les organes de la politique suisse de la science et technologie**

<b>ASS:</b>	<b>Association suisse des sciences</b>
<b>CDIP:</b>	<b>Conférence suisse des directeurs cantonaux de l'instruction publique</b>
<b>CEPF:</b>	<b>Conseil des écoles polytechniques fédérales</b>
<b>CERS:</b>	<b>Commission pour l'encouragement de la recherche scientifique</b>
<b>CESDOC:</b>	<b>Centre suisse de documentation en matière d'enseignement et éducation à Genève</b>
<b>CFM:</b>	<b>Commission fédérale de maturité</b>
<b>CRUS:</b>	<b>Conférence des recteurs des universités suisses</b>
<b>CSEM:</b>	<b>Centre suisse d'électronique et de microtechnique</b>
<b>CSRCE:</b>	<b>Commission de la science et de la recherche du Conseil des Etats</b>
<b>CSRCN:</b>	<b>Commission de la science et de la recherche du Conseil National</b>
<b>CSS:</b>	<b>Conseil suisse de la science</b>
<b>CUS:</b>	<b>Conférence universitaire suisse</b>
<b>CUR:</b>	<b>Conférence universitaire romande</b>
<b>DCE:</b>	<b>Direction cantonale de l'éducation</b>
<b>DFAE:</b>	<b>Département fédéral des affaires étrangères</b>
<b>DFST:</b>	<b>Département fédéral de la science et de la technologie</b>
<b>DFEP:</b>	<b>Département fédéral de l'économie publique</b>
<b>DFI:</b>	<b>Département fédéral de l'intérieur</b>
<b>DFTCE:</b>	<b>Département fédéral des transports, des communications et de l'énergie</b>
<b>DIO:</b>	<b>Direction des organisations internationales</b>

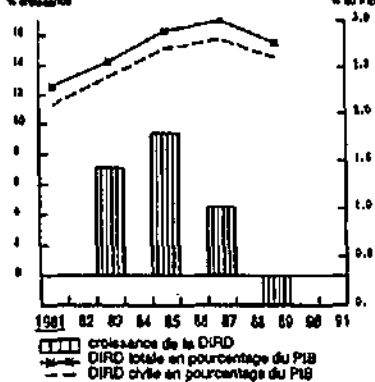
DMF:	Département militaire fédéral
EA:	Etablissements annexes des EPF
EPFL:	Ecole polytechnique fédérale de Lausanne
ETHZ:	Ecole polytechnique fédérale de Zurich
ETS:	Ecoles techniques supérieures cantonales
FN:	Fonds national suisse de la recherche scientifique
FSRM:	Fondation pour la recherche en microtechnique
GDA:	Groupement d'armement
GSR:	Groupement de la science et de la recherche
IDA:	Comité interdépartemental de coordination pour la science et la recherche
OFAG:	Office fédéral de l'agriculture
OFEN:	Office fédéral de l'énergie
OFES:	Office fédéral de l'éducation et de la science
OFLAMT:	Office fédéral de l'industrie, des arts et métiers et du travail
OFPE:	Office fédéral de la protection de l'environnement
OFQC:	Office fédéral des questions conjoncturelles
PSI:	Institut Paul Scherrer
SKBF:	Centre suisse de coordination pour la recherche en éducation à Aarau
SRA:	Stations de recherches agronomiques
SUR:	Société Université et recherche
UNI:	Universités cantonales

# ANNEXE 3: Les indicateurs d'activité de R/D de la Suède [OCDE,1992]

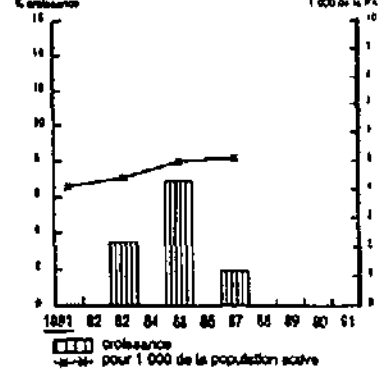
**DIRD à prix courants et constants**



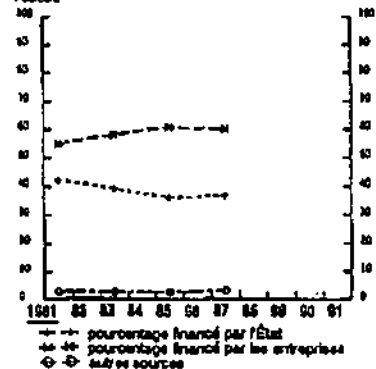
**Croissance de la DIRD et % du PIB**



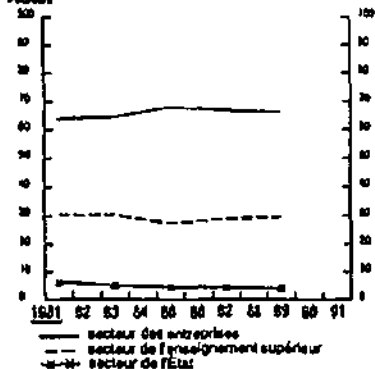
**Chercheurs et % de la PA**



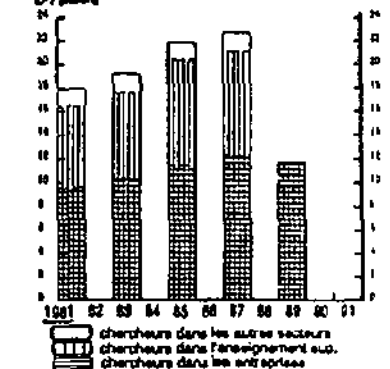
**DIRD par source de financement**



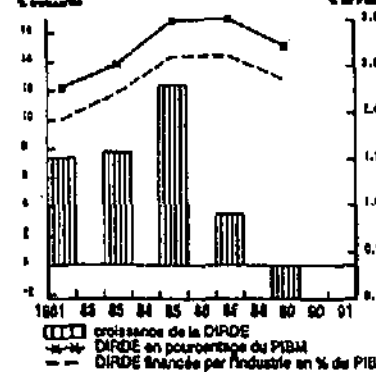
**DIRD par secteur d'exécution (%)**



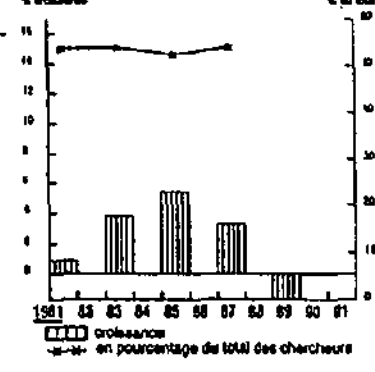
**Chercheurs par secteur**



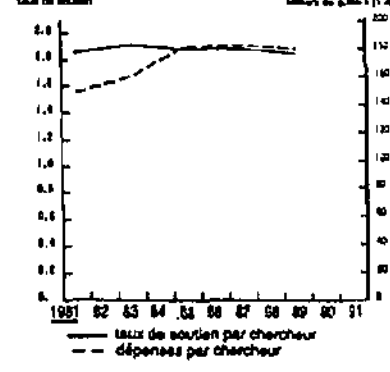
**Croissance de la DIRDE et % du PIBM**



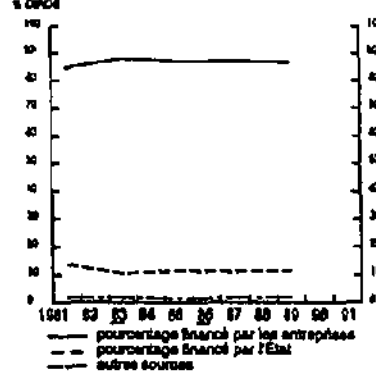
**Chercheurs dans les entreprises**



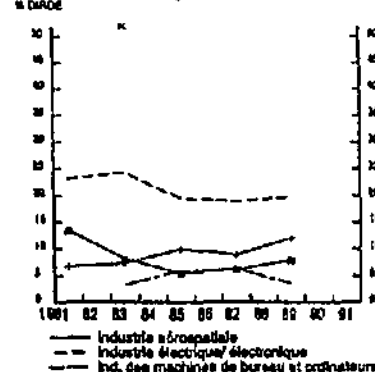
**Ressources des entreprises**



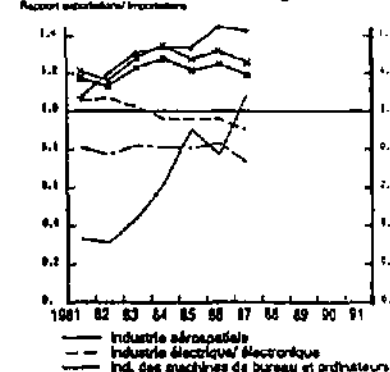
**DIRDE par source de financement**



**DIRDE par industrie**

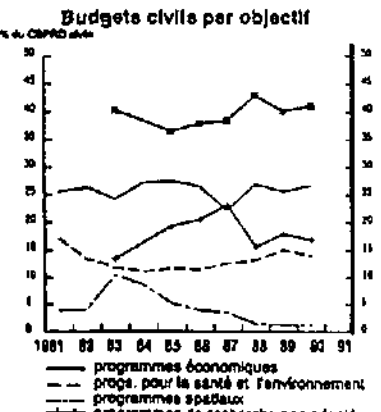
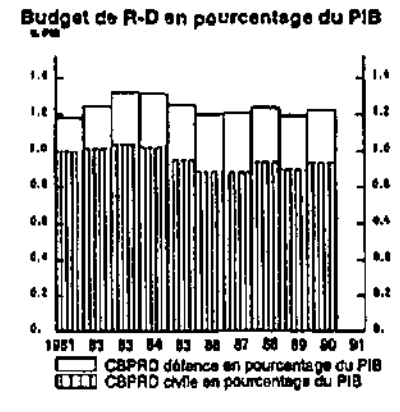
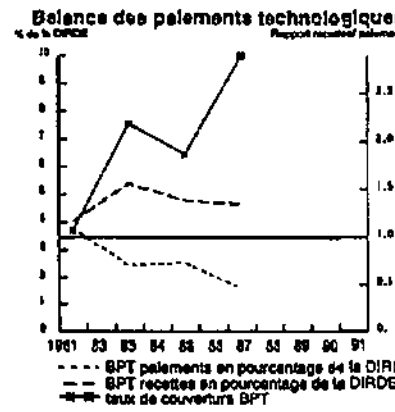
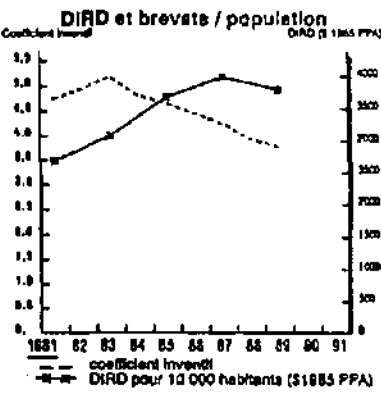
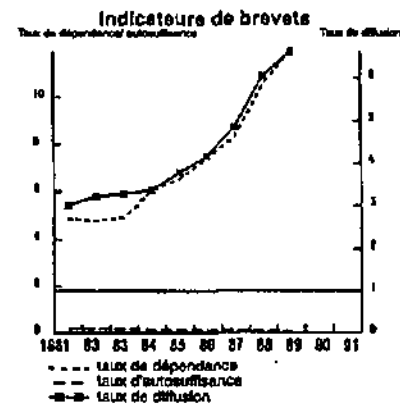
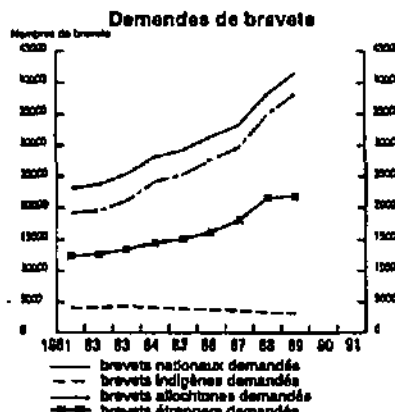
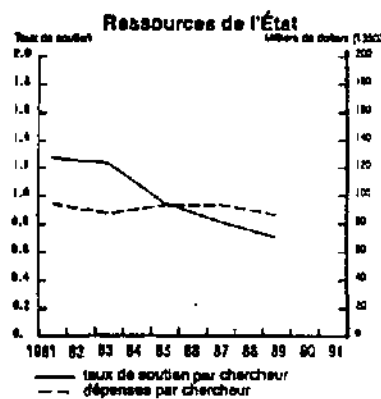
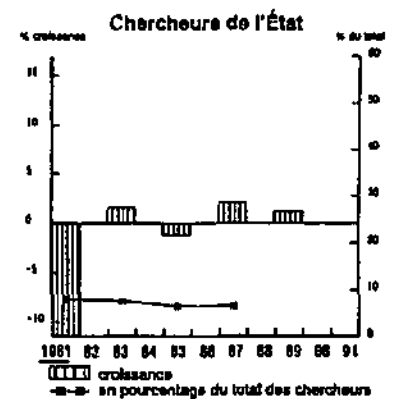
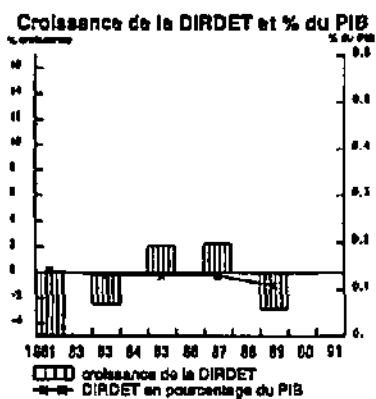
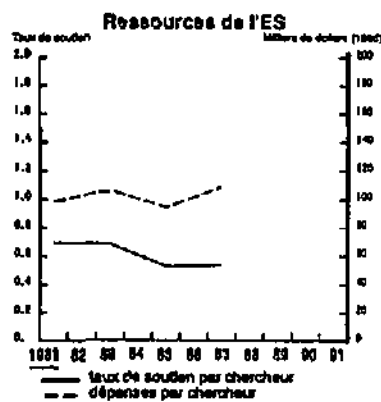
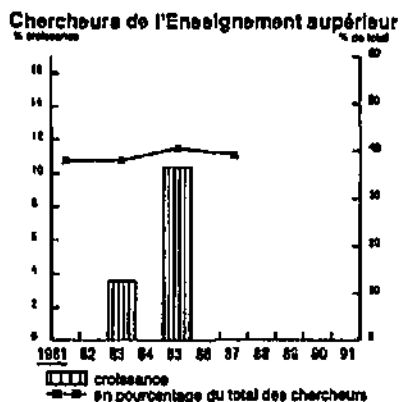
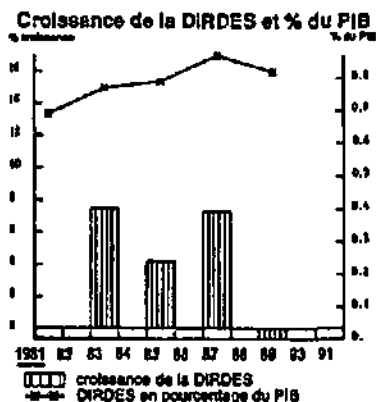


**Balace des échanges**



Source: OCDE, Banque de données de la DISTI, octobre 1991.

SUEDE



Source : OCDE, Banque de données de la DISTI, octobre 1991.

## **ANNEXE 4: La convention-cadre BENEFRRI du 28 janvier 1993**

### **Art.1: But**

Les Universités de Berne, Neuchâtel et Fribourg (BENEFRRI) prennent toute mesure susceptible de favoriser la coordination et la répartition des tâches, des enseignements et de la recherche. La coordination tend à une utilisation optimale des ressources, notamment par:

- l'augmentation des prestations dans le cadre des moyens disponibles,
- la réalisation d'économie de moyens,
- l'harmonisation des développements.

### **Art.2: Information**

Les organes de planification des trois universités s'informent de leurs travaux et de leurs intentions de répartition. Ils coordonnent leurs projets.

### **Art.3: Principe**

La coordination s'effectuera, en principe, par branche (convention de branche). Les conventions de branche sont élaborées par les unités concernées (facultés, instituts, départements, etc.). La répartition s'effectuera en accord avec les partenaires.

### **Art.4: Nature de la coordination**

La coordination concernant une branche est réalisée de la façon suivante:

#### **a) dans le domaine de l'enseignement**

- par l'harmonisation des programmes d'études;
- par l'admission d'étudiants des autres universités à des enseignements existants;
- par la mise à disposition d'un professeur pour un enseignement à donner dans une des autres universités;
- par l'organisation d'enseignements accessibles aux étudiants des trois universités;
- par l'organisation en commun de conférences ou de séminaires;

b) dans le domaine de la recherche

- par la coordination des achats des équipements lourds;
- par la répartition des domaines de recherche;

c) dans le domaine du renouvellement, de la création d'un enseignement ou d'une chaire;

- par l'échange d'information avant toute décision relative à la création, au maintien ou à la suppression d'un enseignement ou d'une chaire;
- par la participation d'un représentant de chaque université dans les commissions de structure et de nomination relatives aux domaines de coordination.

#### **Art.5: Reconnaissance des examens**

Les enseignements qui peuvent être suivis dans une autre université sont fixés, à l'avance, par les responsables des conventions de branche. Les étudiants qui suivent un enseignement dans une des universités qui n'est pas celle où ils sont immatriculés peuvent le faire valider par un examen qui est reconnu.

#### **Art.6: Cycle de base**

Les enseignements donnés dans les universités de BENEFRRI durant la première et la deuxième année d'études sont considérés comme étant de même niveau. La mobilité entre les universités de BENEFRRI est réglée par les conventions de branche.

#### **Art.7: Cours de deuxième et troisième cycle**

La liste des enseignements coordonnés dans le cadre du 2ème cycle (à partir de la troisième année d'études) est établie par les commissions de branche. Le troisième cycle est organisé en principe dans le cadre de la Conférence universitaire romande (CUR).

#### **Art.8: Equivalence de diplômes et licences**

L'équivalence des diplômes et licences délivrés par les universités de BENEFRRI est reconnue et garantit l'accès au doctorat et à toutes les spécialisations de troisième cycle.

#### **Art.9: Comité de coordination**

Les recteurs des universités de BENEFRRI forment le Comité de coordination. Ce dernier se réunit au moins trois fois par année. Il choisit les branches à coordonner et établit les domaines spécifiques (spécialités) à chaque université. Il contrôle

l'application des conventions de branche. Il veille à l'application de l'art.4 et à une contribution équitable des professeurs des trois universités. Il adopte les conventions de branche qui sont ratifiées par les conseillers d'Etat, chefs des Départements de l'instruction publique des cantons de Berne, Neuchâtel et Fribourg.

**Art.10: Commission de branche**

Les commissions de branche sont chargées d'assurer la coordination de divers enseignements des branches concernées. Les commissions sont formées de deux membres par université. Les membres sont désignés par les rectorats sur proposition des facultés. Ils sont nommés pour deux ans et rééligibles. Les commissions choisissent elles-mêmes leur président et fixent les modalités de leur organisation interne. Elles se réunissent au moins deux fois par années et présentent un rapport annuel au Comité de coordination.

**Art.11: Statuts des enseignants**

La contribution des professeurs à plein temps dans le cadre des conventions de branche fait partie de leur charge ordinaire.

**Art.12: Frais**

Les frais de déplacement des enseignants et des étudiants sont remboursés par l'université d'origine.

**Art.13: Autres partenaires**

La présente convention peut être étendue à d'autres partenaires.

**Art.14: Durée**

La présente convention est conclue pour une durée de 6 ans. Elle est reconduite tacitement pour une durée égale, sauf dénonciation 2 ans avant son expiration.

**Art.15: Entrée en vigueur**

La présente convention entre en vigueur dès son approbation par les conseils d'Etat des cantons de Berne, Neuchâtel et Fribourg.

## **BIBLIOGRAPHIE**

- BANK OF BOSTON, 1989, "MIT: Growing Businesses for the Future", Boston: Economics Department, Bank of Boston, 1989, p 1-17
- BEGG D., FISCHER S., DORNBUSCH R., 1989a, Microéconomie, McGraw-Hill, p. 389-391, 355-378
- BEGG D., Fischer S., DORNBUSCH R., 1989b, Macroéconomie, McGraw-Hill, p. 353, 358-360
- BEOBACHTER, 1991, "Vom High-Tech zum Schrott: Topprojekt auf Eis", der schweizerische Beobachter, Nr.14, 5. Juli 1991, p. 15-19
- BUSINESS WEEK, 1992, "High-Tech Heaven", 25 mai 1992, p. 42-46
- BUSINESS WEEK, 1993, "The Virtual Corporations", 8 février 1993, p. 36-40
- CAST, 1991, "Rapport d'activité 1991"
- CCE, 1990, "Les Programmes communautaires de recherche", la Commission des communautés européennes, 1990, p. 1-208,
- CF, 1991, "Message concernant l'encouragement de la recherche scientifique durant la période de 1992 à 1995 et un programme d'actions concerté en microélectronique", Conseil fédéral, 9 janvier 1991, 89.048
- CF, 1992, "Message relatif au financement de la participation de la Suisse aux programmes de recherche et d'éducation des Communautés européennes pour la période de 1993 à 1996, Conseil fédéral, 20 mai 1992
- COMETT, 1992, "Les conséquences du refus de l'EEE sur COMETT en Suisse", communiqué de presse de SwissCOMETT c/o CAST-EPFL, 8 décembre 1992
- COMTESSE X., 1992a, "De la compétition des nations à la mondialisation, les quatre âges de la politique scientifique", Le Nouveau Quotidien, 30 avril 1993
- COMTESSE X., 1992b, "Politique de la science: Education, Recherche, Technologie, Schéma", communication personnelle

- CSS, 1989a, "La place scientifique suisse - Horizon 1995", Conseil suisse de la science, Berne
- CSS, 1989b, "La place universitaire suisse - Horizon 1995", Conseil suisse de la science, Berne
- CSS, 1992, "Grandes orientations pour le développement des universités suisses: Horizon 2000", FU, 7b/1992
- CSS, 1993, "Liste des publications du CSS"
- CUR, 1980, "Convention-cadre" relative à la coordination universitaire romande
- DANIEL H.-D., FISH R., 1988, "Evaluation von Forschung", Universitätsverlag Konstanz GmbH, Konstanz
- DOC, 1990, "Emerging Technologies, A survey of technical and economic Opportunities (1990), Department of Commerce, Washington, D.C.
- DUCREY P., 1992, "L'Université romande est un mythe. Les vrais problèmes sont ailleurs", Le nouveau Quotidien, 18 décembre 1992
- DUCREY P., 1993, "Lettre ouverte à Mme Dreifuss sur les universités romandes", Journal 24h, 24 mars 1993
- EPFL, 1991, "Rapport d'activité 1991"
- EPFL, 1992, "Manuel d'information EPGL, 1992-1993", publication interne de l'EPFL p. 195
- ERASMUS, 1992, "Le NEIN à l'EEE n'a pas d'influence directe sur ERASMUS" communiqué de presse du bureau ERASMUS Suisse, du 8 décembre 1992
- FREEMAN C. 1982, "Recent developments in science and technology indicators - A review", SPRU, Université de Sussex, Royaume-Uni
- FREIBURGHANUS D., BALTHASAR A., ZIMMERMANN W., KNÖPFEL C., 1991, "Technik-Standort Schweiz, von der Forschungs- zur Technologiepolitik", Haupt, Bern, Stuttgart
- IREC, 1991, "Métropole lémanique: une nouvelle dynamique urbaine", J.P. Leresche et M. Bassand, rapport de recherche no 92, 1991
- IREC, 1992, "Métropole Lémanique, l'EPFL et l'Innovation Technologique", J.P. Leresche, rapport de recherche no 96, 1992

- JOURNAL DE GENEVE, 1993a, "Universités romandes: la survie à quel prix?" no 55, 8 mars 1993
- KBF, 1992, Bulletin KBF, no.16, décembre 1992
- KOHLER C. 1992, "La Qualité totale - ou le chemin vers l'excellence", séminaire CDP, EPFL, 21.04.92
- LAU, 1968, "Loi fédérale sur l'aide aux universités", RS 414.20
- L'HEBDO, 1992, "Universités, unissez-vous!" L'Hebdo, 16 avril 1992
- LR, 1983, "Loi fédérale sur la recherche", 420.1
- MAILLAT D. 1988, "Vers une nouvelle étape de la politique régionale", bulletin CS 4/88
- MAILLAT D. 1993, "La marche en avant de la coordination entre universités", Université Neuchâtel Information, no 115, juin 1993
- McQUEEN, D.H., 1991, "Spin-offs der ETH Zürich, Hochschul-Ablegerfirmen bewirken Technologie-Transfer", Bulletin der ETHZ, Nr.234 April 1991
- MIT, 1983, "MIT History" HowToGAMIT XV, 1983, p. 255-257
- MOED H.F., BURGER W.J.M., FRANKFORT J.G. et VAN RAAN A.F.J., 1985, "The use of bibliometric data for the measurement of university research performance", Research Policy, no.14, p. 131-149
- MORAVCSIK M.J. 1985, "The assessment of scientific output", Séminaire de l'OCDE sur les indicateurs de la science et de la technologie dans le secteur de l'enseignement supérieur, OCDE, Paris, 10-13 juin 1985
- MULLER A., BEDNORZ G., 1987, "Nobel Prize Winners, Physics 1987", Springer Newsletter, Physics, no.4, 1987
- OCDE, 1971, "Politiques nationales de la science : Suisse
- OCDE, 1987a, "Evaluation de la recherche : Un choix de pratiques en vigueur"
- OCDE, 1987b, "Politique nationale de la science et de la technologie: Suède"
- OCDE, 1989a, "Politiques nationales de la science et de la technologie : Suisse" ,p. 11-150
- OCDE, 1989c, "Les mécanismes de la création d'emplois, l'exemple américain"

- OCDE, 1990, "Matériaux avancés, les politiques face aux défis technologiques"
- OCDE, 1991, "Choosing priorities in science and technology"
- OCDE, 1992, "Politique scientifique et technologique", Bilan et perspectives 1991, p. 223-273
- OFES, 1991, "Les structures de la politique de la recherche en Suisse", état avril 1991, p. 1-24
- OFS, 1992, "Recherche et développement en Suisse 1989, Finances et personnel, Off. féd. de la statistique, ISBN 3-303-15065-6
- PINSKI, G. et NARIN, F., 1976, "Citation influence for journal aggregates of scientific publications: Theory, with application to the literature of physics", Information processing and management, vol. 12, n° 5, p. 297-312
- PNR, 1990, "Etat d'avancement des programmes nationaux de recherche - Décembre 1990", Fonds national, p. 43
- PNR, 1991, "Matériaux pour les besoins de demain", PNR 19, Juin 1991, p. 6
- POLYRAMA, 1990, "Collaboration Uni de Neuchâtel - EPFL", mai 1990, p. 27
- POLYRAMA, 1993, "Dossier coordination universitaire", EPFL, Juin 1993
- ROBERTS E.B., 1991, "Entrepreneurs in high technology, lessons from MIT and beyond", Oxford University Press, New York Oxford, p. 359-375
- SEGAL N., QUINCE, WICKSTEED, 1985, "The Cambridge Phenomenon", Cambridge, 1985
- THOM N. 1992, "Le management de l'innovation", bulletin BPS, L'information no 100
- TSCHOPP P., 1993, "Peter Tschopp dénonce le temps perdu", Polyrama, EPFL, juin 1993
- VON WILLISEN K.F., 1990, "Revue des efforts déployés en Europe et en Suisse dans le domaine des matériaux", cycle "Les nouveaux Matériaux", ASRH-FSRM, 21.06.90
- WALLMARK J.T., McQUEEN D.H., 1988, "The university viewed as an underutilized social and economic resource", Technology Companies & Global Markets, D.V. Gibson, ed. 1991

WEINGART, 1988, "Der Stand der schweizerischen Grundlagen- forschung in internationalen Vergleich", Universität Bielefeld

WEINGART P, STRATE J, Winterhager M., 1992, "Forschungs- landkarte Schweiz 1990", Forschungs Politik FOP 11/1992

## LISTE DES FIGURES

	PAGES
1. Allocation socialement efficiente de ressource consacrée à la R/D, au sens de Pareto.....	4
2. Recherche et développement en Suisse en 1989, en milliards de francs [OFS, 1992].....	24
3. R/D de la Confédération en 1989, financement et exécution [OFS, 1992].....	27
4. Organigramme de la politique suisse de la science et de la technologie [COMTESSE, 1992b].....	29
5. Les structures fédérales et cantonales de la recherche en Suisse [VON WILLISEN, 1990].....	30
6. Dépenses de recherche et développement dans la CEE [CCE, 1990].....	41
7. Le système suédois de R/D [OCDE, 1987].....	59
8. Nombre de publications suisses en biologie, en 1990, d'après le "Science Citation Index" [WEINGART, STRATE, WINTERHAGER, 1992].....	89
9. Nombre de publications suisses en chimie, en 1990, d'après le "Science Citation Index" [WEINGART, STRATE, WINTERHAGER, 1992].....	90
10. Nombre de publications suisses en physique, en 1990, d'après le "Science Citation Index" [WEINGART, STRATE, WINTERHAGER, 1992].....	91
11. Nombre de publications suisses en sciences de la Terre, en 1990, d'après le "Science Citation Index" [WEINGART, STRATE, WINTERHAGER, 1992].....	92
12. Nombre de publications suisses en sciences de l'ingénieur, en 1990, d'après le "Science Citation Index" [WEINGART, STRATE, WINTERHAGER, 1992].....	93

13.	Nombre de publications suisses en mathématiques, en 1990, d'après le "Science Citation Index" [WEINGART, STRATE, WINTERHAGER, 1992].....	94
14.	Pourcentage des publications suisses des universités, de 1977 à 1991, d'après le "Science Citation Index" [WEINGART, STRATE, WINTERHAGER, 1992].....	95
15.	Pourcentage des publications suisses des écoles polytechniques, de 1977 à 1991, d'après le "Science Citation Index" [WEINGART, STRATE, WINTERHAGER, 1992].....	96
16.	Création de spin-offs à l'ETHZ, de 1971 à 1990 [McQUEEN, 1991].....	102
17.	Chiffre d'affaire des spin-offs en fonction du nombre d'employés [McQUEEN, 1991].....	102
18.	Pourcentage de créations d'entreprises en fonction du nombre d'années écoulées après graduation [BANK OF BOSTON, 1989].....	109
19.	Nombre moyen de création d'entreprises, annuellement, au Massachusetts, par des diplômés du MIT [BANK OF BOSTON, 1989].....	109
20.	Nombre d'emplois, au Massachusetts, générés par des compagnies créées par les diplômés du MIT [BANK OF BOSTON, 1989].....	110
21.	Nombre de compagnies spin-offs créées annuellement à partir de l'Université technologique de Chalmers, de 1940 à 1987 [WALLMARK, McQUEEN, 1988].....	112
22.	Nombre annuel de brevets issus de l'Université technologique de Chalmers, de 1955 à 1983, [WALLMARK, McQUEEN, 1991].....	115
23.	Distribution du nombre de collaborateurs des spin-offs de l'Université technologique de Chalmers, basée sur le nombre observé en 1988 [WALLMARK, McQUEEN, 1988].....	116
24.	Le nombre de collaborateurs de spin-offs de l'Université de Chalmers impliqués dans la production, la consultance et l'informatique [WALLMARK, McQUEEN, 1991].....	117
25.	Age et statut des créateurs de spin-offs de l'Université technologique de Chalmers [WALLMARK, McQUEEN, 1988].....	118

26.	Les spin-offs produits annuellement à partir d'universités suédoises [WALLMARK, McQUEEN, 1988].....	119
27.	Domaine du développement technologique en harmonie avec l'économie et la qualité de la vie.....	136
28.	Création d'une nouvelle catégorie de politicien de formation scientifique.....	137
29.	Il ne suffit pas de créer un parc technologique pour engendrer un développement technologique.....	141
30.	Les éléments principaux du réseau d'innovation dans leur champ d'interaction.....	145
31.	La nouvelle structure de la politique de la science et de la technologie en Suisse.....	151
32.	Formulaire d'évaluation des professeurs par les étudiants, au MIT (recto).....	160
33.	Formulaire d'évaluation des professeurs par les étudiants, au MIT (verso).....	161

## **LISTE DES TABLEAUX**

	<b>PAGES</b>
1. Quelques indicateurs de l'intensité de R/D dans les pays Membres de l'OCDE - 1986, [OCDE, 1989a].....	23
2. Dépenses de la Confédération dans des domaines où la part consacrée à la recherche est particulièrement importante [CF, 1991].....	25
3. Dépenses de la Confédération dans des domaines où la part consacrée à la recherche est particulièrement importante (suite).[CF, 1991].....	26
4. Position relative dans les technologies naissantes: Etats-Unis vis-à-vis du Japon et de la Communauté européenne [OCDE, 1992].....	52
5. Citations des publications suisses en 1990, en fonction des domaines scientifiques [WEINGART, STRATE, WINTERHAGER, 1992].....	98
6. Citations des publications suisses en 1990, en fonction des institutions [WEINBERG, STRATE, WINTERHAGER, 1992].....	98
7. Les cours d'innovation enseignés à l'Université technologique de Chalmers, en 1988 [WALLMARK, McQUEEN, 1988].....	120
8. Evaluation, d'après le critère "spin-offs", d'institutions suisses et étrangères, entre 1980 et 1990.....	122
9. Taux d'entrepreneurs en fonction du statut du père [ROBERTS, 1991].....	174
10. Impact de la profession des parents sur les entrepreneurs [ROBERTS, 1991].....	174
11. Distribution de l'âge des entrepreneurs à l'origine de spin-offs du MIT, au moment où ils ont créé la nouvelle entreprise (nombre d'échantillons = 119) [ROBERTS, 1991].....	177
12. Nombre de cofondateurs par entreprises créées (nombre d'échantillons n = 118), [ROBERTS, 1991].....	177