

32 Étude de documentation  
pour le Conseil  
des sciences  
Canada

SER  
Q1

C21251

#32

1975

La diffusion  
des nouvelles  
techniques  
dans le secteur  
de la construction

par A. D. Boyd et A. H. Wilson

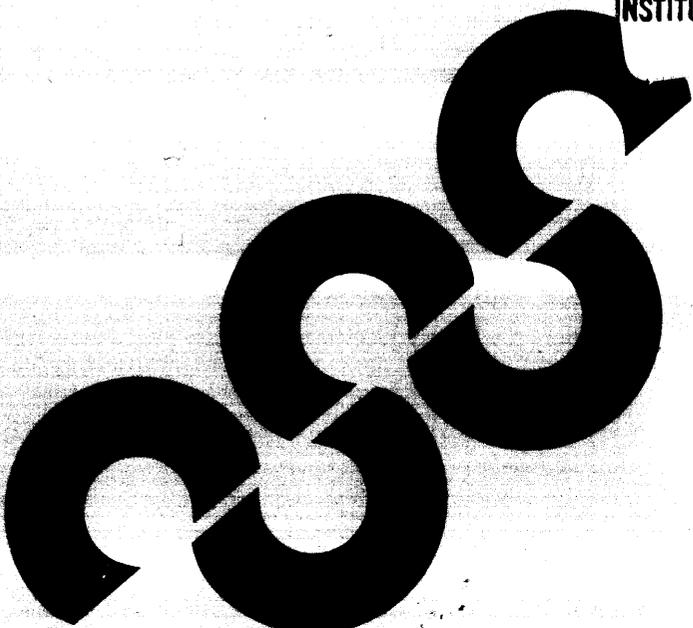
Janvier 1975

CANADA INSTITUTE FOR S.F.I.

SEP 27 1977

OTTAWA

INSTITUT CANADIEN DE L'I.S.T.



# La diffusion des nouvelles techniques dans le secteur de la construction

Conseil des sciences du Canada.  
7<sup>e</sup> étage,  
150, rue Kent,  
Ottawa, Ont.  
K1P 5P4

© Droits de la Couronne réservés

En vente chez Information Canada à Ottawa,  
et dans les librairies d'Information Canada :

Halifax – 1683, rue Barrington

Montréal – 640 ouest, rue S<sup>te</sup>-Catherine

Ottawa – 171, rue Slater

Toronto – 221, rue Yonge

Winnipeg – 393, avenue Portage

Vancouver – 800, rue Granville

ou chez votre libraire

Prix \$3.50

N° de catalogue SS21-1/32F

Prix sujet à changement sans avis préalable

Information Canada

Ottawa, 1974

Impression: Mercury Press, Montréal

0H025-74-3

# La diffusion des nouvelles techniques dans le secteur de la construction

par A. D. Boyd et A. H. Wilson



## **Archibald D. Boyd**

M. Boyd est né en Nouvelle-Écosse. Il a obtenu son B.A. de l'Université St. Francis Xavier (N.-É.) en 1949, et un diplôme en pédagogie en 1950. Puis il a reçu une Maîtrise en économique de l'Université de Toronto en 1952, et un Ph.D. en économique de l'Université d'Ottawa en 1967.

Il a été chargé de cours en économique à l'Université St. Francis Xavier de 1952 à 1955, puis il fut nommé, en 1955, conseiller économique en matière d'expansion industrielle régionale auprès du ministère du Commerce et de l'Industrie de la Nouvelle-Écosse. Il entra au ministère fédéral du Travail (aujourd'hui ministère de la Main-d'œuvre et de l'Immigration) en 1958, et devint directeur de la section de la recherche sur la main-d'œuvre hautement qualifiée. Pendant cette période, il a participé aux travaux de la Commission royale d'enquête sur les services de santé, et du Comité de l'OCDE sur l'investissement et la planification dans l'enseignement. En 1971, il fit partie de la délégation canadienne à la Conférence intergouvernementale sur l'utilisation de la main-d'œuvre hautement qualifiée. Il devint, en 1968, économiste principal, chargé des programmes d'énergie hydroélectrique et de l'eau à la Division des programmes du ministère de l'Expansion économique régionale. De 1969 à 1973, il a été conseiller scientifique auprès du Conseil des sciences du Canada. Il travaille actuellement pour la Division de politique de promotion sociale et de main-d'œuvre du ministère des Finances.

Il est l'auteur ou le co-auteur de nombre de monographies traitant de la formation et de l'emploi des scientifiques, y compris l'Étude de documentation n° 28, « Formation et emploi des scientifiques ».



## **Andrew H. Wilson**

M. Wilson naquit en 1928 en Écosse; il vit au Canada depuis 1957. Il reçut sa formation première au Collège George Watson d'Édimbourg. Il obtint un diplôme en génie mécanique à l'Université de Glasgow en 1949 et, en 1954, une Maîtrise en économie politique et économie sociale.

Après avoir reçu une formation pratique d'ingénieur maritime au cours d'un stage combiné de 1946 à 1949, il servit dans le corps des officiers techniciens de la Royal Air Force à partir de 1950 et devint, pour les 18 mois suivants, officier technicien d'État-major au Quartier général; il demeura membre en activité du cadre des officiers de la RAF jusqu'en 1954.

Il a acquis de l'expérience en conception du matériel hydraulique en 1949 et 1950, de l'expérience technique et commerciale dans l'industrie des roulements à billes de 1954 à 1957, et encore de l'expérience en conception de l'équipement de 1958 à 1960, surtout dans le domaine des instruments de physique nucléaire; il a également acquis de l'expérience en administration de la recherche fondamentale et appliquée, de 1960 à 1964.

De 1958 à 1964, il a travaillé dans les laboratoires de Chalk River de l'Énergie atomique du Canada, limitée; il se joignit ensuite au personnel du Conseil économique du Canada où il fut, pendant quatre ans, secrétaire et chargé de recherche en chef du Comité consultatif pour la recherche et la technologie industrielles.

M. Wilson se joignit au personnel du Conseil des sciences en 1968, et continua à s'intéresser particulièrement aux questions de politique scientifique posées par les relations entre l'industrie et l'État. Il a été chargé de coordonner le programme du Groupe d'étude de la R & D aéronautique au Canada, et il a participé aux activités du groupe de recherches adjoint au Comité de la recherche et de l'innovation industrielles; ensuite, il a été co-responsable du programme d'étude sur la diffusion des nouvelles techniques dans le secteur de la construction et, plus récemment, chargé du programme d'étude des possibilités de façonnage plus poussé par l'industrie des matières premières.

M. Wilson est membre de l'Institut canadien des ingénieurs, et d'une association-membre, la Société canadienne de génie mécanique, ainsi que l'Association professionnelle des ingénieurs de l'Ontario, de l'*American Society of Mechanical Engineers*, de l'*Institution of Mechanical Engineers (G.B.)*, et de l'Association canadienne de développement industriel.

Il est l'auteur de nombreux rapports de documentation et d'études réalisés pour le Conseil des sciences et le Conseil économique, ainsi que d'articles et d'exposés de politique scientifique et autres publiés ailleurs.

# Table des matières



Préface	10
Remerciements	11
Introduction	13
<b>I. Cadre de l'étude</b>	<b>15</b>
<b>II. Pouvoirs publics et construction</b>	<b>25</b>
<b>III. Associations et consultants du secteur de la construction</b>	<b>33</b>
<b>IV. Envergure actuelle de l'effort de R &amp; D en matière de construction</b>	<b>45</b>
<b>V. Aspects administratifs de l'activité de R &amp; D et de conception dans la construction</b>	<b>53</b>
<b>VI. Équipement et matériaux de construction</b>	<b>65</b>
<b>VII. Quelques exemples de diffusion des nouvelles techniques</b>	<b>73</b>
<b>VIII. Quelques problèmes restent à résoudre</b>	<b>87</b>
<b>Conclusions</b>	<b>93</b>
<b>Annexes:</b>	<b>101</b>
A. Les organismes fédéraux et la construction	102
B. Les activités des conseils de recherches provinciaux en matière de construction	108
C. Les associations canadiennes du secteur de la construction	114
D. Programmes de recherche et d'aide à l'industrie de la construction	121
E. Exemples de R & D universitaire sous contrat en matière de construction	123
F. Services d'information financés par l'État	128

G. Les firmes et la construction	132
H. Codes, normes et cahiers des charges dans la construction	135
J. Étude de cas de développement technique dans l'industrie de la construction	143
Publications du Conseil des sciences du Canada	165

## Liste des tableaux

Tableau I – Valeur des travaux de construction exécutés en 1973, selon le genre d'ouvrage	20
Tableau II – Répartition par catégories et destinations des matériaux utilisés en construction en 1961	23
Tableau III – Répartition pour 1971 des crédits de R & D interne, selon les branches industrielles à l'avantage desquelles les travaux sont entrepris	48
Tableau IV – Crédits à la R & D interne du secteur public en matières scientifiques pour 1974	49
Tableau V – Crédits fédéraux pour 1972-1974 à la R & D dont les bénéficiaires principaux et secondaires sont les firmes de construction, et répartition entre organismes de l'État en 1971	49
Tableau VI – Autres formes de soutien financier fédéral à la R & D en construction	50
Tableau VII – Nombre d'étudiants inscrits et de diplômes décernés en matière de construction par les collèges d'arts appliqués et de technologie de l'Ontario en 1970-1971.	62

## Préface

La présente étude de documentation avait été entreprise par le D<sup>r</sup> A. Boyd et par M. A.H. Wilson comme contribution à l'étude plus complète sur l'industrie de la construction, entreprise par le Conseil économique du Canada à la demande du gouvernement fédéral, laquelle a été publiée récemment. Un comité du Conseil des sciences, constitué de M. W.G. Leithead, président, du D<sup>r</sup> Kates et de M. R.F. Shaw, avait guidé les auteurs dans leur travail.

Ultérieurement, et avec la permission du D<sup>r</sup> André Raynauld, président du Conseil économique, les auteurs ont procédé à un examen critique de leurs données, conformément aux normes du Conseil des sciences en matière de révision et de publication dans la série des études de documentation.

Les données de cette étude sont à la fois descriptives et analytiques, et offrent des traits originaux. Par exemple, elles permettent une évaluation de l'effort de R & D en matière de construction, non seulement des branches du bâtiment et du génie civil, mais aussi des différents secteurs de l'industrie canadienne des laboratoires de l'État et des universités. Les auteurs ont également effectué un relevé des organismes canadiens jouant un rôle dans la diffusion des nouvelles techniques vers le secteur de la construction et en son sein. L'étude contient un grand nombre de renseignements d'ordre général concernant les problèmes posés à l'industrie. Il faut souligner que les auteurs n'ont eu qu'un délai restreint pour accomplir leur travail, qui devait être remis au Conseil économique à une date indiquée. J'estime qu'en dépit de cette presse, les auteurs ont contribué utilement à notre appréhension des activités techniques du secteur canadien de la construction.

Le D<sup>r</sup> Boyd est un économiste d'expérience, qui a été cadre scientifique du Conseil des sciences pendant quatre ans. Il travaille maintenant pour le ministère fédéral des Finances. M. Wilson, ingénieur et économiste, a fait des recherches en matière de politique scientifique pour le Conseil des sciences et pour le Conseil économique du Canada; il étudie particulièrement les problèmes gouvernementaux et industriels.

Comme toutes les autres études de documentation publiées par le Conseil des sciences, la présente étude exprime les opinions de ses auteurs, lesquelles ne sont pas nécessairement celles du Conseil des sciences ou du ministère des Finances.

P.D. McTaggart-Cowan,  
Directeur général,  
Conseil des sciences du Canada.

## **Remerciements**

De nombreuses personnes nous ont aidés et nous ont conseillés au cours de l'investigation qui a précédé la rédaction du présent rapport. Nous tenons à remercier en particulier les fonctionnaires des ministères et établissements de l'État, et les dirigeants des associations industrielles, des universités et des différentes entreprises et établissements de recherche qui nous ont cordialement reçus, ou qui ont pris le temps de réunir pour nous une documentation pertinente.

Nous remercions également M. Leithead, le D<sup>r</sup> Kates et M. Shaw, du Comité du Conseil des sciences chargé de nous aider, pour leurs encouragements et leurs conseils. Nous remercions tout spécialement ceux qui ont bien voulu faire l'analyse critique du présent rapport, en accord avec les normes de publication du Conseil, pour leurs remarques pertinentes et leurs avis. Nos remerciements vont aussi à Mlle F.R. Wark et au personnel du Conseil des sciences, qui ont participé aux diverses phases de la préparation du texte. En dernier lieu, nous tenons à remercier M. B.A. Keys, M. D.M. Caskie, du Conseil économique du Canada, et M. J.A. Dawson, du ministère de l'Industrie et du Commerce, pour leur collaboration et leur aide précieuse.

A.D. Boyd

A.H. Wilson

## Introduction

Il serait peut-être préférable de donner un titre plus long au présent rapport, pour en mieux décrire le contenu, l'envergure et les conclusions, comme par exemple: *Quelques observations au sujet des mécanismes de diffusion des nouvelles techniques dans l'industrie canadienne de la construction, et quelques remarques complémentaires sur le processus d'innovation.*

Au point de vue informatif, le présent rapport offre un tableau incomplet de l'activité du secteur canadien de la construction. Nous avons procédé à un examen sélectif, quoique de large envergure, des activités passées de diffusion des nouvelles techniques et d'innovation. Néanmoins, le rapport nous paraît offrir un tableau descriptif et analytique suffisamment complet et original pour contribuer valablement à une appréhension du fonctionnement réel de l'industrie canadienne de la construction.

Ce rapport découle d'un entretien entre les présidents du Conseil économique et du Conseil des sciences, en 1972. Il fut alors décidé que le Conseil des sciences envisagerait une étude technique complétant l'étude de documentation du Conseil économique sur les causes et les effets des fluctuations de l'activité de construction au Canada, et sur les remèdes à y apporter<sup>1</sup>.

Dans ce but, les cadres scientifiques des deux Conseils se concertèrent pour délimiter le champ d'étude, en fonction du potentiel technique des cadres du Conseil des sciences, et de l'horizon de ce dernier. Ils convinrent que le Conseil des sciences devrait effectuer une étude sur les processus de diffusion des nouvelles techniques dans le secteur canadien de la construction, y compris les activités de R & D, et analyser les obstacles et les encouragements à l'innovation et à la diffusion des nouvelles techniques dans cette industrie<sup>2</sup>. Le Conseil des sciences approuva cette proposition en octobre 1972. Il chargea certains de ses membres de former un comité restreint pour orienter l'étude et conseiller les cadres scientifiques qui la mèneraient à bien. Ces derniers (les présents auteurs), proposèrent un plan d'action au Comité, qui l'approuva, et les travaux commencèrent au début de décembre 1972.

Le projet conçu en octobre, et le plan subséquent de travail, tenaient compte de deux restrictions à la contribution éventuelle du Conseil des sciences. La première était que l'étude des aspects *économiques* des récents progrès techniques de construction serait réservée au Conseil économique. La seconde était la date de remise du rapport à ce dernier, qu'il désirait fixer au début d'avril 1973.

Après dix semaines d'investigations et d'entrevues, suivies de trois semaines de rédaction, les auteurs présentèrent au Comité du Conseil des

1. Cette étude a été publiée sous le titre: *Pour une croissance plus stable de la construction*, Rapport du Conseil économique du Canada, Information Canada, 1974.

2. Le mandat de l'étude sera reproduit au chapitre 1<sup>er</sup>.

sciences une version préliminaire du rapport. Ultérieurement, une version modifiée fut soumise au Conseil économique, conformément à ses stipulations.

Au mois de février 1974, le texte du rapport du Conseil économique étant définitif, le président de ce dernier accepta que le Conseil des sciences utilisât la documentation présentée comme base d'une autre publication. Le mécanisme habituel de révision et d'approbation fut mis en marche, et des modifications furent apportées pour que le rapport satisfasse aux normes du Conseil des sciences en matière d'études de documentation.

Le texte est divisé en deux parties. Les différentes analyses et études se trouvent dans les huit chapitres du début; les données étayant ou illustrant les premières analyses figurent dans les neuf annexes finales. Une brève série de conclusions tirées directement des chapitres précédents est intercalée entre ces deux parties; aucun commentaire n'y figure.

# I. Cadre de l'étude

Dans le présent chapitre, nous allons tracer le cadre général des chapitres qui suivent, et celui des conclusions auxquelles l'étude aboutit. Nous définirons les expressions « *industrie de la construction* », « *diffusion des nouvelles techniques* » et d'autres employées dans le rapport. On y trouvera des précisions sur l'envergure de l'étude, et sur les principales sources de documentation. Enfin, le secteur de la construction y est situé par rapport à l'économie canadienne. Mais, d'abord, il faut décrire le *mandat* fixé aux auteurs de l'étude, sous sa forme définitive. Ils devaient :

- identifier les modes et mécanismes particuliers de diffusion des nouvelles techniques;
- identifier les stimulants et les obstacles particuliers à la diffusion des nouvelles techniques et à l'innovation technologique;
- étudier les conséquences de l'utilisation de ces stimulants et de la présence de ces obstacles;
- découvrir les raisons et les effets de la diffusion des nouvelles techniques; et
- tenir compte dans cette étude :

1° des matériaux et des matériels nouveaux et améliorés utilisés en construction;

2° des techniques nouvelles et améliorées de fabrication de ces matériaux et matériels;

3° des méthodes nouvelles et améliorées de montage sur chantier des éléments préfabriqués;

4° des normes nouvelles et des exigences plus grandes des utilisateurs.

### **Qu'est-ce que « l'industrie de la construction » ?**

Dans le présent rapport, l'expression « *industrie, ou secteur de la construction* » englobe les activités de construction de bâtiments et d'ouvrages de génie civil. Au sens restreint, celles-ci ne comprennent que les opérations de montage exécutées par des entrepreneurs et sous-traitants sur des bâtiments et ouvrages de génie civil, et les études des architectes et des ingénieurs. Cependant, *dans le présent rapport, nous avons employé le terme « industrie, ou secteur de la construction » dans son sens élargi, c'est-à-dire qu'il embrasse non seulement les activités de montage et de conception, mais aussi la fabrication et la fourniture des éléments préfabriqués et des matériaux nécessaires à la construction, ainsi que des matériels utilisés sur les chantiers.*

En d'autres termes, l'industrie de la construction (dans son sens large) englobe les entreprises qui participent aux recettes et aux dépenses découlant d'activités relatives à la construction. C'est pourquoi cette industrie est peut-être la plus complexe de toute l'économie. De plus, parmi les activités relatives à la construction, on compte les travaux de R & D exécutés pour les entreprises englobées dans le secteur ci-dessus, ou réalisées par elles, ainsi que les services de renseignements techniques, d'essais, d'inspection et autres, offerts à l'industrie de la construction par les secteurs public et privé. L'application des réglementations imposées à l'industrie de la construction par les trois paliers de gouverne-

ment rentre également dans cet ensemble.

Il faut donc envisager l'industrie de la construction comme un *ensemble systémique* lequel comprend, outre les entrepreneurs et les autres spécialistes qui s'occupent de montage, des ingénieurs et des concepteurs, des fabricants d'éléments de construction, de matériaux et de matériels, des promoteurs-construteurs, des chefs d'organismes réglementaires, ainsi que les personnes ou les firmes qui possèdent ou utilisent le produit fini. Au Canada, cette industrie est vaste, hétérogène et morcelée. En fait, on peut même douter de l'exactitude du mot « industrie » pour décrire ses activités. On pourrait tout aussi bien utiliser le terme de « nébuleuse industrielle » pour y faire allusion.

Les limites de l'industrie de la construction ne sont pas précises; en fait, elles varient constamment. On ne peut pas non plus considérer que cette industrie consiste simplement en un certain nombre de firmes ayant des méthodes de production et des produits similaires; comme nous l'avons mentionné plus haut, il s'agit d'un ensemble systémique de firmes fournisseuses et acheteuses en interaction, utilisant de nombreux produits au cours de divers processus techniques, et dont les contributions au produit fini se chevauchent parfois<sup>1</sup>.

## **Autres définitions**

L'expression *technologie* désigne dans le présent rapport l'ensemble des connaissances et de l'expérience technique, ou « savoir-faire », qu'on peut utiliser pour la construction de bâtiments et d'ouvrages de génie civil.

L'expression *diffusion des nouvelles techniques* désigne la diffusion du savoir-faire technique nouveau ou déjà existant vers l'industrie de la construction, et dans son sein. Dans chaque cas, elle s'accompagne de l'une ou l'autre, ou des deux opérations suivantes: premièrement, la mise en œuvre d'un principe technique et, deuxièmement, le transfert d'un bloc de techniques d'un secteur à l'autre.

L'expression « *évolution technique* », utilisée dans la présente étude, s'applique au passage entre deux stades où les savoir-faire techniques sont différents. Le terme « *innovation* » désigne l'adoption, par la plupart des architectes, des ingénieurs et des autres spécialistes de la construction, d'un produit ou d'un procédé ayant bénéficié d'une évolution technique.

Tout au long de l'histoire du bâtiment et du génie civil, ce sont des stimulus économiques, sociaux, politiques et techniques qui ont provoqué une évolution technique continue, et la mise en œuvre d'innovations. Le hasard a parfois joué un grand rôle. Cette évolution ne s'est pas produite à la même vitesse dans les diverses spécialités du bâtiment ou du génie civil, ainsi que dans les disciplines scientifiques et techniques sur lesquelles elles s'appuient.

1. Voir, par exemple: D.A. Schon, *Technology and Change: The New Heraclitus*, New-York, Delacorte Press, 1967, p. 164.

Les *mutations techniques* ont été peu nombreuses et assez espacées jusqu'au dernier quart du XIX<sup>e</sup> siècle, et elles sont difficiles à distinguer de l'évolution technique. Un exemple de mutation technique qui s'est produite après la Seconde guerre mondiale a été l'introduction de la sapine (grue sur pylône) en Amérique du Nord, après sa réalisation et son utilisation pour la reconstruction du patrimoine immobilier de l'Europe. L'utilisation de matériaux plastiques serait un autre exemple de mutation, due beaucoup plus à l'industrie chimique qu'au secteur de la construction. L'invention de la voûte au III<sup>e</sup> millénaire avant notre ère, et la construction des gratte-ciel après 1880, en sont encore d'autres. La découverte du ciment hydraulique par les premiers Romains est un exemple de chance saisie à point nommé, dans un contexte d'évolution et de mutation.

Depuis environ 1800, *l'évolution technique* dans l'utilisation du ciment, du béton, du fer et de l'acier de charpente ne s'est pas déroulée uniformément; de temps en temps, on percevait clairement les changements. La mise au point du béton précontraint a suivi de près celle de l'acier à haute résistance. La construction des gratte-ciel a joué un rôle dans la conception et la conduite des ascenseurs. D'autre part, l'efficacité des transports par rail en Amérique du Nord a découragé l'organisation d'un réseau routier au début du XX<sup>e</sup> siècle, de même que l'élaboration des techniques de construction routière.

Depuis la Seconde guerre mondiale, l'évolution des techniques du bâtiment a été plus rapide que celles des ouvrages de génie civil, même si certains progrès ont été faits simultanément dans les deux branches. En général, le matériel de construction est devenu plus efficace, tout en croissant ou, au contraire, en diminuant de taille. Les nouveaux matériaux de construction ont proliféré. On a mis au point de nouvelles méthodes de construction, mais leur succès commercial s'est souvent montré moins grand que leurs avantages techniques ne le faisaient espérer.

### **Quelques précisions sur l'envergure de notre étude.**

*Dans le présent rapport, nous n'incluons pas la construction d'usines chimiques, pétrochimiques ou autres du même genre dans l'activité de l'« industrie de la construction ».* Nous n'avons pu, par manque de temps et de ressources, tenir compte de la branche chimique, en dépit de son importance technique et économique, semblable à celle des deux autres branches d'activité.

*Le présent rapport ne comporte pas d'analyse de l'influence des syndicats ouvriers sur l'adoption de nouvelles techniques dans l'industrie de la construction, car l'étude des activités syndicales dans cette industrie est l'une des préoccupations du Conseil économique.* C'est pour une raison similaire que nous n'avons qu'effleuré la question des répercussions économiques de l'introduction de nouvelles techniques de construction, et celle du rôle des entrepreneurs dans le processus de leur diffusion.

Nous n'essaierons pas d'évaluer les besoins futurs en nouvelles

techniques de l'industrie de la construction canadienne, ni d'examiner les problèmes futurs d'approvisionnement en équipements et matériaux de construction. Les récentes difficultés d'approvisionnement en carburant et en matériaux ont rendu les prévisions dans ce domaine encore plus difficiles qu'à l'ordinaire. En ce qui concerne la recherche en construction à l'avenir, nous n'avons fait que des remarques d'ordre général, plutôt que des recommandations précises; nous n'avons pas non plus essayé d'évaluer avec précision les besoins dans chaque branche<sup>2</sup>. On trouvera une étude détaillée des aspects économiques de l'industrie canadienne de la construction dans le rapport intitulé *Pour une croissance plus stable de la construction*, publié par le Conseil économique du Canada.

### Sources documentaires

Le présent rapport a été rédigé à partir de trois sources documentaires principales: articles, rapports et études publiés; études ou textes inédits obtenus sur demande; et série représentative d'entretiens. En raison des délais limités, nous avons préféré faire des études de cas plutôt que d'envoyer des questionnaires pour recueillir les données. Nous n'avons pu mener d'enquête dans toutes les provinces et, la plupart du temps, nous les avons faites séparément. Nous avons accordé une attention toute spéciale aux associations nationales et régionales dont le domaine d'activité touche à la construction. Par contre, nous avons accordé moins d'intérêt aux entrevues avec des entrepreneurs et sous-traitants, en raison des études très complètes effectuées par les cadres du Conseil économique du Canada.

Voici la répartition sectorielle et géographique des entretiens:

Ministères et établissements fédéraux (en Ontario)	25
Ministères et établissements provinciaux (Ontario et Manitoba)	13
Administrations locales (Ontario et Manitoba)	4
Associations nationales et régionales (Québec, Ontario et Manitoba)	21
Fabricants et fournisseurs d'équipements, de matériaux, etc. (Québec et Ontario)	6
Ingénieurs-conseils et architectes-conseils (Québec, Ontario et Colombie-Britannique)	7
Universités et autres établissements d'enseignement (Nouvelle-Écosse, Québec et Ontario)	13
Entrepreneurs et autres organismes privés (Ontario et Manitoba)	9
<b>Total</b>	<b>98</b>

2. Le Dr N.B. Hutcheon a publié un rapport beaucoup plus détaillé sur les futurs besoins en recherche en construction au Canada: *La recherche au service de la construction*, Conseil national de recherches du Canada, Ottawa, Rapport n° 14005, juillet 1974. (Le Dr Hutcheon vient de se retirer de son poste de directeur de la Division des recherches en bâtiment du CNRC).

## Envergure de l'industrie de la construction et facteurs économiques

L'industrie canadienne de la construction, telle que nous l'avons définie dans le présent rapport, est de grande envergure, à tous points de vue. On estime qu'en 1973 les immobilisations et frais de réparations du patrimoine construit ont atteint 18,1 milliards de \$, soit 15,2 pour cent des dépenses nationales brutes. Les entreprises en construction ont employé à elles seules 6,3 pour cent de la main-d'œuvre canadienne. Environ 58 pour cent de l'effort de construction a été accompli dans la branche du bâtiment et le reste, soit 42 pour cent, par la branche des travaux publics. Pour plus de détails, veuillez consulter le tableau I.

**Tableau I – Valeur des travaux de construction exécutés en 1973, selon le genre d'ouvrage.**

Genres d'ouvrages	Valeur en millions de \$	Pourcentage du total
<b>Bâtiments</b>		
domiciliaires	5 853	32,4
industriels	881	4,9
commerciaux	1 897	10,5
pour usage collectif	1 188	6,6
à autres destinations	579	3,2
<i>Total pour le Bâtiment</i>	<i>10 398</i>	<i>57,6</i>
<b>Travaux publics:</b>		
maritimes	184	1,0
vicinaux, routiers, aéroportuaires	1 692	9,4
adduction d'eaux, égouts	778	4,3
barrages et irrigation	67	0,4
réseau électrique	1 605	8,9
réseau ferré, téléphone	784	4,3
gaz et pétrole	1 502	8,3
autres spécialisations	1 048	5,8
<i>Total pour les travaux publics</i>	<i>7 660</i>	<i>42,4</i>
<b>Total pour l'ensemble de la construction</b>	<b>18 058</b>	<b>100</b>

*Source: Construction in Canada, 1971-73, Statistique Canada, Ottawa, 1974.*

L'industrie de la construction est non seulement de grande envergure, mais elle est aussi dispersée en de multiples unités sans lien organique, dont beaucoup sont de petite taille. Ainsi, le chiffre d'affaires de la branche du bâtiment, soit 10 milliards de \$, a découlé de l'activité de plus de 7 200 entrepreneurs et sous-traitants, qui employaient quelque 150 000 travailleurs. De même, d'autres travailleurs étaient employés dans les scieries, les ateliers d'usinage des métaux, etc., fournissant ces entrepreneurs. De plus, quelque 3 000 architectes et plus de 5 000 ingénieurs en génie civil travaillaient dans les bureaux d'étude du secteur de la construction, et des groupes encore plus nombreux s'occupaient du financement de la construction et du marché immobilier.

La description rapide des activités composant le processus de construction domiciliaire illustrera la complexité et l'envergure du secteur de la construction. Il existe tout d'abord une phase préparatoire: acquisition du terrain, planification et modifications de zonage; puis une phase productive: aménagement du terrain, construction et financement initial; puis une phase de commercialisation: vente et revente, ou financement

subséquent; et enfin une phase d'exploitation: entretien et administration, réparations, améliorations et rajouts<sup>3</sup>.

On pourra également se faire une idée de l'envergure et des critères économiques de l'industrie de la construction en consultant la *Classification des activités économiques*<sup>4</sup>, publiée par Statistique Canada, aux rubriques du Bâtiment, de la construction routière, des ponts et des rues (ainsi que les aéroports), des autres genres de construction et des entrepreneurs spécialisés. Les activités de construction industrielle, telle celles des maisons-remorques (*mobile homes*), sont classées dans les sections de l'industrie manufacturière.

L'envergure de l'industrie de la construction a deux conséquences importantes pour la diffusion des nouvelles techniques et l'efficacité économique de l'industrie. Premièrement, l'ampleur actuelle et éventuelle du marché de la construction encourage fortement les fabricants à y lancer de nouveaux produits. Ainsi, une légère amélioration de l'efficacité entraîne une importante réduction du montant des frais. Deuxièmement, il faut que les chercheurs tiennent compte du cadre matériel et du milieu social où seront utilisés les produits de l'industrie de la construction qu'ils inventent et mettent au point, ainsi que de leur mode d'utilisation.

Voici ce qu'en pensent David A. Crane et ses collègues: « Bien des urbanistes ont espéré que la technologie de l'ère spatiale pourrait résoudre les problèmes de l'extension et de la dégradation du cadre urbain. . . Ils n'ont pas songé que les techniques et le tracé du cadre de vie d'une communauté humaine doivent satisfaire des besoins et des préférences infiniment plus complexes et nombreux que ceux qui déterminent la conception des moyens de transport. Les citadins à l'esprit créateur, les spécialistes des questions urbaines et les utilisateurs s'intéressent de beaucoup plus près à la création du cadre collectif et des domiciles qu'à la production des automobiles ou des véhicules spatiaux. »<sup>5</sup>

Deux autres facteurs économiques déterminent l'utilisation des techniques dans l'industrie de la construction: la nature de ce qu'elle produit et la présence d'acheteurs. Voyons d'abord les produits. Il s'agit en général d'un bâtiment ou d'un ouvrage de génie le quel est immeuble. Dans l'industrie secondaire, on achemine les matériaux où les outils et les ouvriers se trouvent; par contre, en construction, ce sont les outils et les ouvriers qu'on amène à l'endroit où le produit sera élaboré. Très souvent, ce dernier est unique; il est généralement lourd, souvent composé de matériaux locaux volumineux, donc de transport malaisé. Le processus de production lui-même est complexe et nécessite un effort de planification. Les immobilisations sont fortes, accroissant l'incidence des frais de financement sur le coût total, et diminuant par conséquent celle

3. Edgar F. Kaiser et coll., *A Decent Home: The Report of the President's Committee on Urban Housing*, Washington, D.C., 1968.

4. Information Canada, Ottawa. (La première édition de la classification actuelle a été publiée en 1960 par l'Imprimeur de la Reine, pour le compte du Bureau fédéral de la statistique.)

5. D'après David A. Crane et coll., *Developing New Communities*. U.S. Department of Housing & Urban Development, Washington, D.C., 1968, p. 3.

des techniques. Il faut consentir de très gros investissements pour la mise en œuvre des techniques de production de masse et disposer d'un vaste marché pour l'écoulement de ses produits. C'est contre ces obstacles que bute l'industrialisation de la construction. De plus, la diversité des goûts des clients nécessite une diversification des produits, ce qui multiplie les problèmes de standardisation et de production en série. Ces facteurs accroissent de diverses façons l'immobilisme de l'industrie de la construction. En outre, il faut remarquer que son activité est celle de montage d'éléments en fonction des besoins de la société.

Ces facteurs régissent la diffusion des nouvelles techniques dans l'industrie de la construction. Tout comme les industries de l'alimentation et du vêtement, qui satisfont à des besoins primordiaux de l'Homme, la branche du bâtiment se développe au même rythme que la société en général. Les efforts du bureau d'étude de l'entreprise de construction sont surtout axés sur l'amélioration des processus de production, plutôt que sur celle des matériaux utilisés, ou du produit lui-même. En raison du caractère régional de l'effort de construction, celle-ci se modèle sur les usages et les critères locaux, qu'ils soient d'ordre juridique, social et politique, tout en tenant compte des stipulations nationales et locales exprimées par le biais de la politique fiscale, des codes du bâtiment et des règlements de zonage.

### **Liens entre l'activité de construction et le reste de l'économie**

L'industrie de la construction, au sens strictement statistique, nécessite la fabrication de nombreux matériaux et le montage d'équipements de genres différents dans diverses branches de l'économie; on utilise ainsi le sable, le ciment et les matières premières ligneuses, et l'on construit des appareils électriques et mécaniques perfectionnés telles les installations de climatisation pour le secteur de la construction, qui acquiert aussi divers services, tels le transport, le financement, la conception architecturale et l'étude technique, le remembrement et l'aménagement des terrains.

Le meilleur outil pour se représenter ce réseau complexe d'interdépendances est l'analyse entrées/sorties. Le tableau II montre la répartition de ces matériaux qui servent en construction. Il est évident que les principales matières premières de l'industrie de la construction sont les métaux usinés, les fers et aciers, les ciments et bétons, le bois d'œuvre, le contreplaqué et les autres matériaux ligneux, le pétrole, le charbon, les autres produits minéraux industriels, ainsi que l'équipement électrique. Les chiffres montrent que le Bâtiment utilise une plus grande proportion du fer, des aciers, des produits ligneux et métalliques que la construction de routes, par exemple, dans la branche des travaux publics. De même, le tableau II montre l'importance du ciment, du béton et des autres minéraux, outre les produits du pétrole et du charbon, dans cette dernière branche. Il révèle également que le Bâtiment non domiciliaire absorbe la plus grande partie des produits métalliques usinés et de l'équipement électrique.

**Tableau II – Répartition par catégories et destinations des matériaux utilisés en construction en 1961.**

Entrées	Genres de constructions							
	Logements	Autres bâtiments	Grandes routes	Gaz et pétrole	Barrages et irrigation	Voies ferrées et télécommunications	Ouvrages de génie	Réparations
	(en pourcentage)							
Produits d'usinage	21	25	18	11	28	14	11	11
Fers et aciers	4	7	1	39	1	4	20	3
Ciments et bétons	5	5	10	3	9	0	14	7
Bois d'œuvre et contreplaqués	9	4	2	0	2	7	4	9
Autres produits ligneux	11	3	0	0	1	3	2	7
Pétrole, charbon, et autres minéraux industriels	11	8	29	13	3	6	6	10
Équipement électrique	2	8	1	0	21	33		7
Services	10	8	11	7	7	9	7	10
Autres entrées	27	32	28	27	28	24	34	36
<b>Totaux</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Source: Conseil économique du Canada, *Pour une croissance plus stable de la construction*, Information Canada, Ottawa, 1974, tableau 5-7, p. 123.

## II. Pouvoirs publics et construction

Les trois paliers de gouvernement du Canada appliquent tous des politiques, des programmes et des règlements, et leurs organismes accomplissent des travaux internes, dont l'ensemble permet d'influencer la diffusion des nouvelles techniques dans les différentes branches de l'industrie canadienne de la construction. Nous allons donner un aperçu de l'activité des différents paliers de gouvernement, et de leurs ministères et établissements qui s'intéressent à la construction, et nous indiquerons comment le secteur public peut favoriser la diffusion des nouvelles techniques de construction. *Les annexes A.B.D.E.F et H présentent des données complémentaires au sujet de l'activité de certains ministères et établissements de l'État; les politiques, les programmes et autres sujets plus restreints sont étudiés en détail aux Chapitres IV, V et VII.*

*L'administration fédérale, par exemple:*

- poursuit des travaux de R & D en construction, principalement par le truchement de la Division des recherches en bâtiment du Conseil national de recherches, mais aussi par celui du ministère des Travaux publics, du ministère des Transports et du Laboratoire des produits forestiers d'Environnement Canada; elle impartit des travaux de R & D à des firmes privées, à des établissements d'enseignement ou à d'autres organismes de l'État;
- fait l'étude de projets d'édifices publics et d'ouvrages de génie, principalement par l'entremise du ministère des Travaux publics et du ministère des Transports, et aussi par celle de la Commission de la Capitale nationale, de l'Énergie atomique du Canada, limitée et du ministère des Affaires indiennes et du Nord; elle peut aussi impartir des travaux à des firmes privées et à des établissements d'enseignement;
- fait l'étude de projets domiciliaires par le canal de la Société centrale d'hypothèques et de logement;
- fait réaliser des travaux de construction et de génie par des entrepreneurs privés sous contrat, principalement par l'entremise des ministères et organismes qui s'occupent de ce genre de travaux, mais peut aussi agir d'elle-même en entrepreneur;
- fait entretenir et réparer les édifices publics et ouvrages de génie par ses propres employés, ou accorde des contrats à l'extérieur pour l'exécution de ces travaux;
- établit des normes pour l'achat de matériaux de construction par le truchement de l'Office des normes du gouvernement canadien;
- prépare et publie régulièrement les éléments du Code national du bâtiment et du Code national de la prévention des incendies, et en laisse l'application aux gouvernements locaux ou provinciaux;
- publie des rapports de recherche et d'autres renseignements techniques se rapportant à la construction, surtout par l'entremise du Conseil national de recherches et de la Société centrale d'hypothèques et de logement;
- organise des colloques et des cours sur divers aspects de la construction, principalement par le truchement du Conseil national de recherches

- et du ministère de la Main-d'œuvre et de l'Immigration;
- fournit des services d'information technique à l'industrie de la construction, surtout par le canal du ministère de l'Industrie et du Commerce, du Conseil national de recherches et de la nouvelle Société canadienne d'information sur la construction;
  - met à la disposition des firmes de construction, par l'entremise du ministère de l'Industrie et du Commerce, des programmes de subvention de la recherche, du développement technique, de l'esthétique industrielle et de l'achat d'équipement;
  - participe avec les provinces à la protection du milieu ambiant, principalement par l'intermédiaire d'Environnement Canada;
  - fait des études de prospective sociale et de prospective d'ambiance déterminantes pour l'activité de construction, surtout par l'entremise d'Environnement Canada, du ministère d'État aux Affaires urbaines, du ministère de l'Expansion économique régionale et du Conseil national de l'esthétique industrielle;
  - parraine le Conseil de développement de l'industrie de la construction dans son rôle consultatif, par l'entremise du ministère de l'Industrie et du Commerce;
  - anime l'effort de prévention des incendies et gère l'équipement de lutte contre l'incendie des édifices fédéraux, par l'entremise du Commissaire fédéral des incendies.

Les autres ministères et établissements fédéraux ci-dessous jouent un rôle technique intéressant l'industrie de la construction: le Conseil canadien des normes, la Commission du système métrique, l'Organisation des mesures d'urgence du Canada, le ministère de la Consommation et des Corporations, le ministère des Approvisionnements et Services, Santé et Bien-être social Canada, le ministère du Travail, le ministère des Postes, l'Agence canadienne de développement international, le ministère d'État aux Sciences et à la Technologie et la Société canadienne des brevets et d'exploitation, limitée.

La législation fédérale concernant les adaptations aux changements technologiques ne concerne que les employés de l'État. Elle peut suspendre certains changements dont elle impose la négociation collective<sup>1</sup>.

*Les administrations provinciales, par exemple:*

- accomplissent le plus souvent certains travaux de R & D en construction et en génie civil par l'entremise de conseils de recherche ou de ministères d'exécution;
- établissent des plans de construction ou agréent les plans que les experts-conseils ont préparés pour elles;
- financent ou soutiennent la réalisation de certains projets domiciliaires privés ou publics;
- construisent des édifices, des routes, des centrales énergétiques ou tout

1. Cette législation a été analysée en détail dans *Les pouvoirs publics et l'innovation industrielle*, par Andrew H. Wilson, Conseil des sciences du Canada, Étude de documentation n° 26, Information Canada, Ottawa, 1973, pp. 226-234.

autre genre d'ouvrage de génie civil, ou impartissent ces travaux à l'entreprise privée;

- entretiennent leurs édifices et ouvrages de génie civil;
- influencent les modes d'élaboration et d'application des règlements municipaux de construction, et par ce biais le Code national du bâtiment et le Code national de prévention des incendies;
- appliquent les lois régissant la sécurité dans la construction; l'utilisation des hydrocarbures, du gaz et de l'électricité; la prévention des incendies dans certains édifices publics; et les caractéristiques des chaudières, des récipients sous pression et des ascenseurs;
- font exécuter, par leurs conseils de recherche, si ceux-ci disposent des installations nécessaires, des travaux de R & D et des essais sous contrat pour le compte d'associations, et de firmes s'intéressant à la construction;
- fournissent, par l'entremise des conseils de recherche, de l'information technique et des services d'organisation industrielle;
- assument la plus grande partie de la responsabilité publique en matière de réglementation sanitaire de la construction et partagent avec l'administration fédérale la responsabilité des études sur les risques sanitaires;
- et, dans certains cas, fournissent une aide directe aux fabricants locaux de matériaux et d'éléments de construction, destinés tant au Bâtiment qu'aux travaux publics.

Le Manitoba, la Saskatchewan et la Colombie-Britannique ont, tout comme l'État fédéral, une législation régissant l'adaptation aux changements technologiques.

*Les administrations locales, par exemple:*

- exécutent, si elles disposent des spécialistes nécessaires, des plans de bâtiments et d'ouvrages de génie civil; dans le cas contraire, le travail est fait par des consultants;
- si elles en ont les moyens, elles construisent des édifices, des rues, des centrales énergétiques, des aqueducs et autres ouvrages de génie civil; sinon, elles impartissent ces travaux à l'entreprise privée;
- exécutent tous les travaux d'entretien de leurs édifices et ouvrages de génie civil;
- élaborent et appliquent, sous les auspices de leur administration provinciale, des règlements de planification, de zonage, de construction et de prévention des incendies dans le territoire qu'elles administrent;
- et partagent avec l'administration provinciale, l'application des règlements sanitaires et autres, touchant à la construction.

### **Quelques remarques sur l'activité des secteurs publics**

Les exemples précédents ont clairement montré que les trois paliers de gouvernement effectuent un grand nombre d'activités concernant la construction, et exercent une influence considérable sur l'industrie de la construction, globalement et en détail. Mais l'action des pouvoirs publics peut gêner aussi bien qu'encourager la diffusion des nouvelles techniques vers cette industrie et en son sein. Voici quelques exemples: Alors que

les laboratoires de l'État font beaucoup de recherches en construction, cet effort peut n'intéresser que certaines branches de l'industrie de la construction. La masse de documents techniques sur la construction, publiés par les organismes de l'État, peuvent n'être intelligibles qu'aux architectes et ingénieurs et aux entrepreneurs s'intéressant à la technique. Et quand les gouvernements prennent des mesures adéquates pour protéger le milieu ambiant, ils suivent parfois des méthodes peu respectueuses des compétences d'autres autorités.

Les revendications de compétence et leurs conséquences pour le processus décisionnel posent les problèmes les plus ardues auxquels l'industrie de la construction doit faire face au cours de ses négociations avec les pouvoirs publics. Par exemple, trois pouvoirs fiscaux interviennent dans des domaines l'intéressant. Là où existe une administration régionale, elle peut partager la compétence avec les autorités municipales; il en est ainsi pour Winnipeg, Toronto et Ottawa. Ce sont ces autorités municipales, leur conseil et leur commission d'urbanisme, qui élaborent la réglementation de la construction; mais les autorités provinciales sont normalement chargées de sanctionner les règlements originaux et les modifications. Le zonage, l'émission des permis de construction et l'inspection des bâtiments sont normalement à la charge des autorités municipales; mais les répercussions de ces constructions dans une municipalité adjacente peuvent provoquer des revendications de compétence. L'entretien des routes et la construction des ponts relèvent de l'administration provinciale, sauf dans les endroits qui sont de compétence fédérale. L'entretien des rues, par contre, est la responsabilité des municipalités et relève de l'autorité technique de l'ingénieur en chef de la ville. Les Commissions hydroélectriques ont autorité sur la conception, la construction et l'inspection des centrales et des réseaux d'électricité. La sécurité sur les chantiers de construction relève surtout des autorités provinciales, mais les municipalités ont aussi des responsabilités en vertu de la loi.

La région de la Capitale nationale relève de la compétence du gouvernement fédéral, de deux gouvernements provinciaux, d'une administration régionale et de quelques administrations municipales. Et, même au palier fédéral, les compétences à l'égard de cette région sont divisées entre plusieurs ministères, sans qu'un d'entre eux soit responsable en particulier de l'action fédérale. C'est le ministère des Travaux publics qui est responsable de tous les édifices fédéraux en dehors de la région de la Capitale nationale mais, par courtoisie, ce Ministère fait une demande normale de permis de construire et laisse les inspecteurs locaux accomplir leur travail. De même, le Commissaire fédéral des incendies travaille de concert avec les autorités locales concernées. Les provinces et les municipalités ont compétence à propos de leurs propres édifices publics.

Les propriétaires, les promoteurs-constructeurs, les architectes, les ingénieurs, les fournisseurs et les entrepreneurs du secteur de la construction doivent tenir compte des lois et des règlements qui régissent les

questions techniques ou non. Les responsables du *Canadian Institute of Steel Construction*, par exemple, ont souligné que la première démarche à faire lors des études préliminaires était de déterminer les exigences du propriétaire; la seconde consiste à découvrir les lois et règlements pertinents, y compris les règlements de zonage et de prévention des incendies, les règlements de construction, et plus particulièrement les stipulations du Code national du bâtiment en matière d'utilisation et de destination. La troisième concerne les aspects techniques et économiques à prendre en considération<sup>2</sup>.

Au cours des entrevues ayant servi à recueillir les données du présent rapport, il est apparu que les règlements de zonage n'empêchaient guère l'innovation en matière de bâtiment, sauf en cas de stipulations esthétiques ou d'intervention d'une compétence voisine. Par contre, l'émission des permis de construction peut être une source de difficultés s'ils exigent de nombreuses approbations, et de longs délais d'obtention. Dans les grandes municipalités, où les projets soumis sont examinés soigneusement, ces facteurs encouragent, selon certains critiques, une certaine négligence de la part des ingénieurs et des architectes, qui laissent aux services municipaux le soin de parachever leur travail. Dans les villes de moindre importance, l'estampille d'un architecte agréé sur un plan de bâtiment suffit souvent à garantir l'émission du permis. On a également critiqué cette situation, car les spécialistes peuvent faire des erreurs, difficilement décelables par le service d'émission des permis, moins compétent en la matière.

Les questions fiscales sont également le sujet des préoccupations de nombreuses personnes nous ayant accordé des entrevues. Elles nous ont fait remarquer que la taxe de vente sur l'équipement et les matériaux de construction change d'une province à l'autre, que les impôts fonciers ont des taux différents selon les municipalités, et que la taxe fédérale de vente s'ajoute aux taxes provinciales. En construction industrialisée, les éléments de logement et les éléments de construction montés en usine subissent une taxe de vente plus élevée que s'ils étaient montés sur le chantier. Ce facteur freine l'industrialisation du bâtiment. D'autre part, les ressources des entreprises de construction, et l'attitude timorée de leurs responsables, dépendent souvent du taux permis d'amortissement de l'équipement et des bâtiments, aux fins du calcul de l'impôt sur les bénéfices des sociétés.

Par contre, les stipulations sécuritaires des réglementations provinciales causent moins de préoccupations aux dirigeants de l'industrie de la construction, bien qu'elles soient coûteuses en temps et en argent. Ils évaluent le poids financier des mesures de sécurité, non en fonction de la perte de bénéfices subie par la firme qui prend les précautions nécessaires, mais en fonction de l'amende qu'elle devrait payer en cas de négligence. D'autre part, la surveillance des chantiers de construction

2. Voir, par exemple, le *Handbook of Steel Construction*, *Canadian Institute of Steel Construction*, 1814 Yonge St., Toronto, Ont.

peut nécessiter tout le temps du personnel des ministères ou des établissements de l'État intéressés, spécialement au cours des périodes de grande activité. Mais, même durant les périodes creuses, où les entrepreneurs se disputent les contrats, ces organismes officiels doivent veiller à ce qu'ils ne lésinent pas en matière de sécurité.

Nous ne pouvons négliger ici l'influence de certains ministres, hommes politiques et hauts fonctionnaires dans l'adjudication des contrats d'étude ou de construction. Les administrations publiques sont collectivement d'importants clients des firmes de construction, mais elles accomplissent aussi certains de leurs propres travaux. Il n'est donc pas surprenant que le processus décisionnel au sein de la direction politique ait un effet déterminant en matière de construction.

De plus, il faut noter que les programmes provinciaux et fédéraux de travaux d'hiver ont joué un rôle dans le progrès des techniques hivernales du bâtiment; de même, plusieurs organismes de l'État ont acquis une large expérience en matière de construction; citons les exemples suivants, et bien connus:

– la Division des recherches en bâtiment du Conseil national de recherches accomplit un travail sans égal dans ses domaines d'intérêt, et elle est chargée des responsabilités d'élaboration et de promulgation des codes du bâtiment et de la prévention des incendies; la Société centrale d'hypothèques et de logement construit des maisons partout au pays; l'Énergie atomique du Canada, limitée, a ouvert la voie à l'étude des blindages de réacteurs nucléaires; le ministère des Transports a une compétence particulière en matière de pistes d'atterrissage et d'aménagements portuaires;

– certains organismes provinciaux ont acquis des compétences en études et en construction, tels la Commission hydroélectrique de l'Ontario et l'ancien ministère de la Voirie de l'Ontario (maintenant incorporé au ministère ontarien des Transports et Communications), lesquels ont attiré l'attention internationale; de plus, les dépenses de recherche et d'autres activités de la Fondation de recherche de l'Ontario en matière de construction (telle que nous l'avons définie au sens large) ont atteint récemment 1 million de \$ par année.

En résumé, les trois paliers d'administration du Canada accomplissent un grand nombre de travaux intéressant l'industrie de la construction; ces activités, essentiellement techniques, permettent d'amasser de nouvelles connaissances, et de favoriser leur mise en œuvre. Les organismes publics accomplissent également un grand nombre de fonctions non techniques et assument des responsabilités intéressant l'industrie de la construction, et ils influencent ainsi cette dernière dans ses entreprises, réalisées pour les secteurs tant public que privé. Selon les circonstances, cette action favorise certaines branches de l'industrie de la construction, ou ce secteur tout entier. C'est ainsi que les administrations publiques participent à la diffusion des techniques de construction, et l'encouragent ou la découragent par leurs actions et leurs politiques.

### III. Associations et consultants du secteur de la construction

Nous avons réparti les organismes et les particuliers dont les activités sont décrites dans le présent chapitre en deux catégories principales:

1° Les associations nationales et régionales du secteur de la construction, subdivisées en quatre groupes:

a) les associations nationales axées surtout sur les problèmes techniques ou professionnels, tel le Conseil canadien du bois;

b) les associations nationales axées sur les questions commerciales, telle l'Association canadienne de la construction;

c) les associations régionales à caractère surtout technique ou professionnel, telles les sections locales et les filiales des corporations d'ingénieurs; et

d) les associations régionales à caractère commercial, par exemple la *Roadbuilders and Heavy Construction Association* du Manitoba.

2° Les ingénieurs-conseils et les architectes-conseils.

Le présent chapitre vise à décrire les activités des organismes et des particuliers, de même que leur influence sur la diffusion et sur l'utilisation des nouvelles techniques dans la construction. Les associations mentionnées dans les différentes catégories ou groupes ne sont cependant pas les seules pouvant en faire partie. *Les annexes C et H fournissent des renseignements additionnels sur quelques-uns des organismes concernés.*

### **Associations nationales techniques et professionnelles**

Ce premier groupe comprend les associations dont les membres œuvrent dans un domaine technique spécialisé. L'une d'entre elles, le Conseil canadien du bois est, en réalité, une fédération nationale d'associations de l'industrie du bois; elle favorise l'utilisation des produits ligneux en construction, mais elle fournit aussi divers services, techniques ou autres, que ses membres ne pourraient obtenir autrement. L'Association du ciment Portland du Canada est une filiale de l'association étatsunienne *Portland Cement Association*. L'*American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers* est une association étatsunienne s'intéressant aux questions techniques, et possédant des sections locales au Canada. L'Association des routes et transports du Canada (ARTC), appelée autrefois la *Canadian Good Roads Association*, recrute ses membres dans l'administration publique, dans l'industrie et dans les professions libérales. La nouvelle *Canadian Fire Safety Association*, très active dans les régions du centre du Canada, s'occupe de former des spécialistes de la protection contre les incendies. Les *Associations of Fire Marshals and Fire Chiefs* s'occupent de questions juridiques et techniques relatives à leur métier, ainsi que des conditions d'exercice de la profession.

Le groupe comprend également des associations professionnelles, tels l'Institut canadien des ingénieurs et l'Institut de chimie du Canada et leurs sociétés constituantes, dont certains membres ont des contacts ou des rapports directs avec le secteur de la construction, alors que d'autres ne s'intéressent qu'indirectement à cette industrie. L'Institut royal

d'architecture du Canada, la *Specifications Writers Association of Canada* et le *Canadian Institute of Quantity Surveyors* sont axés exclusivement sur les problèmes de la construction; ils s'occupent des normes de la profession et aussi des questions juridiques et techniques qui s'y rapportent. L'Association des ingénieurs-conseils du Canada et le Conseil canadien des ingénieurs sont deux groupes qui s'occupent un peu moins de technique, mais plus de problèmes juridiques et de normes professionnelles. Toutes ces associations ont des filiales provinciales ou des sections régionales.

Enfin, ce groupe comprend l'Association canadienne de normalisation, qui se distingue des autres organismes par ses fonctions particulières, qui sont la rédaction de normes et l'homologation.

De façon générale, ces associations nationales techniques et professionnelles ont de nombreux points communs, outre leur intérêt technique pour la construction; ainsi:

- chacune possède son propre réseau de renseignements et ses propres moyens de diffusion de l'information technique;
- chacune, par l'intermédiaire de ses membres, est prête à collaborer avec les administrations publiques, pour la rédaction de codes et de normes; chacune peut conseiller ses membres en matière de législation nouvelle ou à l'étude, aider les services publics de renseignements et contribuer ainsi à l'efficacité du processus de diffusion de l'information;
- chacune d'elles s'occupe sérieusement de la formation spécialisée, et y contribue en parrainant des séminaires, des cours et des conférences, et également en y participant;
- chacune peut faire des recommandations sur les normes de la profession, y apporter des améliorations et aider à l'harmonisation des activités commerciales et techniques;
- toutes s'intéressent aux plus récents travaux de recherches dans leur domaine de spécialisation, même si elles ne participent, ni ne contribuent pas toutes à des activités de R & D;
- chacune entretient des rapports avec les universités canadiennes;
- chacune peut faire des recommandations préliminaires en matière technique et peut, si les circonstances l'exigent, consulter ou aviser ses membres au sujet des progrès à venir, telle la conversion au Système international d'unités;
- chaque association favorise l'utilisation de l'objet de son activité, qu'il s'agisse du bois, de l'acier ou du béton, ou encore de services spécialisés.

Certaines associations, telle la *Specification Writers Association of Canada*, sont de nouvelles venues, prouvant qu'il est possible d'améliorer des disciplines récentes et relativement peu développées au Canada, et d'en répandre l'utilisation. Quelques-unes, comme l'Association ci-dessus encore, prennent l'initiative de la normalisation, de la coordination et de la classification en matière d'emploi de l'information technique dans le bâtiment. D'autres, comme l'Association canadienne de normalisation, s'occupent de la rédaction de normes, et constituent une tribune nationale pour les débats techniques entre spécialistes de forma-

tions différentes, et une passerelle pour l'échange international de données techniques.

Au cours de nos entretiens avec des représentants de ces associations nationales techniques et professionnelles, ceux-ci nous ont communiqué un certain nombre d'observations intéressantes au sujet des techniques empruntées à l'étranger. Ils ont souligné plusieurs fois que l'on surestime les possibilités d'application des techniques européennes (en particulier des techniques *peu avancées*) à la construction au Canada. D'autre part, ils ont signalé que la plupart des techniques américaines peuvent être appliquées directement au Canada. Il est évident que le secteur canadien de la construction a un accès aisé à toutes les techniques *nord-américaines* spécialisées. Cependant l'accès à ces techniques ne garantit nullement leur *utilisation*.

On doit remarquer que les membres des diverses associations étatsuniennes de l'industrie se livrent une plus forte concurrence que leurs homologues du Canada. Ils sont en conséquence moins enclins à la communication et à la collaboration, et ils entretiennent de moins bons rapports avec les administrations publiques. On a aussi indiqué que les techniques et les normes professionnelles de la construction au Canada peuvent se trouver en avance sur celles des États-Unis; cependant l'expérience montre que quand ce pays se trouve en retard en certains domaines, il s'efforce de le rattraper rapidement.

Bien que la situation de ces associations nationales techniques et professionnelles soit encourageante, elle suscite cependant quelques inquiétudes. Leur financement pose partout des problèmes. Un supplément de revenus leur permettrait, selon elles, d'étendre notablement leurs activités, et d'améliorer les services offerts à leurs membres. Leurs dirigeants recherchent continuellement de nouveaux moyens de financement, y compris un soutien accru dans le cadre des programmes de l'État. Mais, comme certains dirigeants l'expliquent, bien des sociétés-membres acquittent des cotisations nombreuses aux associations dont elles estiment devoir faire partie; cette charge financière est à la source du problème.

Les associations de ce groupe font aussi face aux difficultés suivantes:

- leur personnel, souvent sans certaines connaissances spécialisées, n'accomplit que de faibles efforts, trop dispersés;
- il existe une diversité de vues des diverses associations à l'égard de l'ampleur de la couverture de leur domaine technique;
- les sociétés-membres ont des compétences techniques et des capacités d'adaptation intellectuelle fort diverses;
- bien souvent les sociétés admissibles les plus petites ne sont pas membres de ces associations; cependant, cette participation profiterait à certaines d'entre elles, non à toutes évidemment, en leur permettant d'acquérir des compétences les aidant à rester solvables.

### **Associations nationales axées sur les questions commerciales**

Un nombre notable de ces associations ont leur siège social à Ottawa, car elles veulent surveiller l'évolution de la législation fédérale, et maintenir des contacts avec les hommes politiques et les fonctionnaires du secteur fédéral.

L'Association canadienne de la construction fait partie de ce groupe. Ses membres sont les entrepreneurs et leurs associations régionales ou professionnelles, les fabricants de matériaux de construction, les fournisseurs et les intéressés de toutes les régions du pays. D'autres membres du groupe, par exemple la *Canadian Association of Equipment Distributors*, la *Mechanical Contractors Association of Canada* et la *Canadian Home Manufacturers Association* représentent des sections particulières de l'industrie de la construction. Le *Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Institute* n'est pas axé sur les questions techniques, comme son nom le suggère, mais plutôt sur les problèmes commerciaux. Il groupe des associations professionnelles du bâtiment et aussi des fabricants, des fournisseurs et d'autres membres indépendants. Toutefois, en 1972, l'Institut avait un Conseil technique parmi ses neuf comités permanents. Il faudrait inclure l'Association des manufacturiers canadiens dans le groupe des associations nationales s'intéressant aux questions commerciales, même si elle ne joue aucun rôle particulier à l'égard des intérêts de ses membres en matière de construction.

Plusieurs associations de ce second groupe ont des intérêts et des activités techniques, en plus d'être axées sur les questions commerciales. Il en est ainsi du *Canadian Institute of Steel Construction* (CISC) et du *Canadian Prestressed Concrete Institute* (CPCI). Ces deux associations ont publié des manuels et des aide-mémoire de valeur, et ont apporté leur contribution aux travaux des bureaux d'étude. Les membres du CISC sont les fabricants de charpentes métalliques qui satisfont aux normes de compétence de l'Institut et qui adhèrent à son code de déontologie. Le CISC admet aussi des aciéries du Canada, des États-Unis et du Royaume-Uni comme membres associés, mais ne compte pas de membre individuel appartenant au secteur de la construction. Par contre, le CPCI comprend des membres appartenant aux secteurs spécialisés de la construction, à l'ingénierie et aux métiers. On y retrouve aussi des fournisseurs et des fabricants d'équipement et de matériel, et des entrepreneurs.

L'Association canadienne des manufacturiers d'habitations (A.C.M.H.) s'occupe de questions commerciales et techniques, ainsi que de réglementation<sup>2</sup>. Elle veut:

- faire connaître aux acheteurs et aux constructeurs d'habitations les avantages des produits fabriqués;
- servir de truchement à l'industrie du bâtiment auprès des services pu-

1. Le *Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Institute* (HRA) n'est pas affilié à l'*American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers* dont on a parlé précédemment.

2. Tel qu'indiqué à la 1<sup>re</sup> page du rapport annuel de l'A.C.M.H. pour 1972. À date 73, disponible au siège social de l'Association, 27, avenue Goulburn, Ottawa.

blics et d'autres organismes, lorsqu'il s'agit de questions touchant l'ensemble de l'industrie;

- encourager la recherche en vue d'améliorer les méthodes de construction du gros œuvre et de favoriser l'emploi des nouveaux matériaux;
- fournir un cadre pour l'échange d'information entre ses membres désireux d'améliorer leurs techniques industrielles;
- élaborer des normes et un code de la profession pour la protection des intérêts du public;
- unifier les codes de la construction dans tout le Canada;
- aider et encourager l'industrie, dans son ensemble, à étendre la vente de ses produits, y compris leur exportation.

Concernant l'échange de données, l'A.C.M.H. déclare<sup>3</sup>: « La communication est la note dominante de l'existence de l'Association. Sans elle, il y aurait très peu de progrès pour l'industrie. Par le biais d'un échange d'idées favorisé par des moyens tels que des bulletins réguliers, des conférences, des séminaires, et d'une mise en commun des talents favorisée par des moyens tels que le travail continu au sein des comités et les visites industrielles, l'Association ainsi rend possible une plus grande prospérité au bénéfice de l'industrie ».

En 1972, l'A.C.M.H. groupait les constructeurs de maisons préfabriquées, les fournisseurs d'éléments préfabriqués, et en outre six membres associés, y compris la *National Association of Building Manufacturers* de Washington, D.C., contrepartie étatsunienne de l'A.C.M.H., la *Housing and Urban Development Association of Canada* et deux firmes-conseils.

Les membres des associations nationales à buts commerciaux collaborent avec de nombreux ministères et organismes fédéraux et souvent, en particulier, avec le ministère de l'Industrie et du Commerce. Ils travaillent aussi avec la Société pour l'expansion des exportations, les ministères du Travail, de la Main-d'œuvre, du Revenu national, avec la Société centrale d'hypothèques et de logement et le ministère d'État aux Affaires urbaines.

Les filiales régionales des associations nationales, lorsqu'il en existe, s'intéressent aux lois provinciales, et elles collaborent avec les ministères et organismes provinciaux. Elles informent régulièrement leur association nationale de leurs activités. Toutes ces associations s'intéressent de près aux questions fiscales.

Les associations nationales à buts commerciaux collaborent aussi avec les organismes de normalisation publics et privés. Elles collaborent très souvent avec l'Association canadienne de normalisation, principalement par le truchement du personnel des sociétés-membres, plutôt que directement.

Voici quelques remarques additionnelles, faites à propos des associations du second groupe, lors des entretiens:

3. *Ibid.*, p. 2.

- le domaine d'intérêts de certains membres ne se limite pas au seul secteur de la construction;
- ces associations déplorent le manque d'activité d'information en matière de construction qui caractérise les organismes de l'État; les travaux des bureaux d'études tant techniques que commerciales sont rendus fort difficiles par cette absence d'information;
- quelques associations collaborent avec les syndicats, en particulier en matière de méthodes et conditions de l'apprentissage, qui ont une incidence sur la diffusion des nouvelles techniques dans la construction;
- la composition de certaines de ces associations ne reflète pas suffisamment la grande activité de construction au Québec;
- en général, les associations n'englobent qu'un nombre insuffisant de petites firmes; ces associations pourraient soutenir qu'elles ne peuvent faire que peu de choses pour ces dernières; comme nous l'avons déjà souligné, les associations nationales à buts techniques et professionnels ont le même problème.

### **Les associations régionales à buts techniques et professionnels**

Nous devons mentionner l'existence de ces associations et leurs activités, bien que nous n'ayons eu aucune entrevue avec leurs dirigeants. Leurs principaux membres sont les régionales et les sections locales des associations et des corporations techniques et professionnelles. Elles comptent aussi un petit nombre d'associations régionales spécialisées comme par exemple la *Western Canada Water and Sewage Conference*.

Les régionales et les sections locales, tout comme leurs correspondants nationaux, s'intéressent diversement aux questions techniques et à l'agrément, aux méthodes, à la formation, à la législation et aux réglementations qui peuvent concerner leurs membres. Les associations de ce troisième groupe n'accordent pas toutes la priorité à l'industrie de la construction. Dans le passé, cependant, les corporations d'architectes et d'ingénieurs ont influencé l'attitude et la ligne de conduite des administrations provinciales en matière de code, de normes et de méthodes dans l'industrie.

### **Les associations régionales à buts commerciaux**

Ce groupe comprend les associations de la construction et les syndicats d'entrepreneurs des villes canadiennes. On y joint aussi les associations de constructeurs de routes et de machinerie lourde, du béton prêt à couler, des routes et transports, ainsi que de la construction des différentes provinces. Il comprend aussi les associations spécialisées de la plomberie, de l'équipement électrique et mécanique, et d'autres métiers. Les associations de ce quatrième groupe peuvent aussi faire partie des fédérations nationales correspondantes, et de l'Association canadienne de la construction.

Nous n'avons eu que quelques entrevues avec les membres de ce groupe, et nous ne pouvons donc tracer que les grandes lignes de leur action.

Chaque association a pour tâche principale de promouvoir les intérêts de ses membres dans les régions qu'elle couvre. Par exemple en Ontario, la *Ready-Mix Concrete Association* a élaboré et lancé un programme pour l'agrément des usines fabriquant du béton prêt à couler. L'*Hamilton Construction Association* est un organisme polyvalent dont les membres sont des entrepreneurs généraux, des fabricants et des fournisseurs, des installateurs d'équipements mécaniques et électriques, des entrepreneurs en tôlerie et aussi, dans sa section des métiers, des entreprises de pose de briques, de maçonnerie, de vitrerie, de peinture, de couverture, de plâtrerie, de travaux d'isolation, de montage de charpentes métalliques, d'installation d'égouts et de conduites d'eau, et de produits réfractaires. Dans la région d'Hamilton, cette Association constitue une tribune où l'on débat les problèmes et l'élaboration d'une ligne de conduite générale pour la construction aux alentours. Elle possède une salle de dessin, où les entrepreneurs admissibles peuvent préparer leurs soumissions pour les travaux locaux de construction. Elle dispose aussi d'un bureau des appels d'offres pour les travaux de mécanique et d'électricité.

Les associations à buts commerciaux, affiliées dans le cadre d'une province, surveillent les projets de lois et de réglementation, et leur promulgation. Elles peuvent aussi conseiller leurs membres et l'administration provinciale en matière de travaux de construction.

Peu d'associations régionales à buts commerciaux disposent de comités techniques, mais elles offrent parfois les moyens de discuter de sujets techniques. Dans certains cas, les membres peuvent déjà obtenir une aide technique pour leurs travaux. Par exemple, la *Ready-Mix Concrete Association* peut demander des conseils techniques à l'Association du ciment Portland, ou directement aux cimenteries; les associations de constructeurs de routes et celles des routes et transports peuvent s'adresser à l'Association des routes et transports du Canada; les associations régionales, tout comme leurs correspondantes nationales, peuvent bénéficier de l'aide technique de la Division des recherches en bâtiment du Conseil national de recherches.

Les associations de ce groupe s'intéressent à des activités qui influencent la diffusion des nouvelles techniques, telles les relations industrielles et de travail; les méthodes de construction et les normes de sécurité; l'enseignement et la formation. Elles peuvent aussi collaborer, dans différents domaines, avec les établissements d'enseignement appropriés et les syndicats ouvriers (par exemple en vue de créer des cours d'apprentissage et des cours de perfectionnement). Ces associations s'occupent aussi des méthodes approuvées utilisables par leurs membres dans leurs activités. Ces méthodes approuvées ont peut-être peu de rapport avec la diffusion des nouvelles techniques, mais si elles sont simples et efficaces, elles peuvent procurer des avantages *indirects* importants, et ouvrir la voie aux échanges d'idées entre les associations et les architectes, les ingénieurs et les rédacteurs de prescriptions techniques. Les membres des associations régionales s'intéressent beaucoup aux codes

et aux normes. Leur activité en ces domaines favorise les contacts et les échanges d'idées avec les hauts fonctionnaires et les hommes politiques.

### **Ingénieurs-conseils et architectes-conseils**

Nos entrevues avec les membres de bureaux privés d'architectes-conseils et d'ingénieurs-conseils ayant été peu nombreuses, ce qui suit est plutôt une indication de leurs préoccupations à l'égard de l'industrie de la construction et de la diffusion des techniques, qu'une analyse statistique véritable. Ces remarques ne correspondent pas toujours avec les idées des spécialistes de la construction travaillant pour les entrepreneurs, ou des associations nationales et régionales. Nous avons demandé à connaître l'opinion des ingénieurs-conseils et des architectes-conseils en matière de diffusion des nouvelles techniques, car ils jouent un rôle déterminant dans l'élaboration des nouveaux concepts de construction et dans le processus décisionnel concernant la conception et la supervision des entreprises de construction.

Les possibilités de travail des ingénieurs et des architectes, soit dans le secteur de la construction soit dans des bureaux d'experts-conseils, varient d'une région à l'autre. Les ressources matérielles et les conditions géographiques et climatiques dont ils doivent tenir compte diffèrent aussi. À l'heure actuelle, il semble que les avantages du travail dans les grands centres industriels et démographiques attirent particulièrement les ingénieurs et les architectes nouvellement diplômés, comme cela se produit pour d'autres spécialistes.

Chaque année, par exemple, le tiers environ des étudiants finissants en architecture de l'Université du Manitoba quitte la province, et beaucoup se dirigent vers Toronto, Montréal et Vancouver. D'un autre côté, on ne peut guère les encourager à entreprendre des travaux dans le nord du Manitoba, où ils entreraient en concurrence avec les gens de Winnipeg et du sud de la province.

La création de bureaux d'experts-conseils, particulièrement en ingénierie, était naguère aisée, et il en a découlé trois effets regrettables. Premièrement, il est difficile d'évaluer la qualité de ces nouveaux bureaux. Deuxièmement, selon quelques membres des bureaux d'ingénieurs-conseils, leur travail s'est morcelé et souffre d'une trop grande concurrence. Les fluctuations de leur activité ont été telles que, durant les périodes creuses, seulement la moitié des 600 bureaux en concurrence avaient du travail. Troisièmement, parce qu'ils doivent soigner leur réputation et ménager leur avenir, ils ne cherchent guère à mettre en œuvre de nouveaux matériaux ou de nouvelles techniques par peur d'un échec, maintenant ainsi en vie des méthodes périmées.

Dernièrement, les bureaux d'experts-conseils en gestion des travaux, plus nombreux, ont fait face aux mêmes difficultés. Bien que ces services soient en général souhaitables, quand ils sont offerts par des grands bureaux d'experts-conseils établis depuis longtemps, d'autres s'en chargent aussi, qui n'ont pas une compétence suffisante.

Certains bureaux ont une renommée internationale et s'occupent de

travaux de construction à l'étranger; mais il n'y en a pas assez, ce qui découle en partie de l'excès de concurrence au Canada même. D'autre part, le gouvernement ne favorise pas assez l'activité de ces bureaux à l'étranger. Elle aurait cependant des retombées avantageuses pour les entrepreneurs canadiens et les fournisseurs de matériaux, et secondairement pour les propriétaires ici même.

Les bureaux privés, et bien assis, d'ingénieurs-conseils et d'architectes-conseils savent fort bien qu'au cours des années ils ont acquis une grande expérience; et ils sont consternés par l'action des organismes publics qui emploient des experts-conseils dans des domaines où ils n'ont guère d'expérience. Les bureaux d'ingénieurs-conseils évaluent la compétence professionnelle d'une personne en fonction de l'expérience qu'elle a acquise en plus de sa formation scolaire.

Au cours de nos entrevues, nous avons remarqué que les opinions des architectes-conseils et celles des ingénieurs-conseils différaient sur plusieurs points importants. Par exemple, si ingénieurs et architectes reconnaissent la nécessité des codes et des normes en construction, les derniers cités les considèrent comme des entraves. De même, les dirigeants des bureaux d'ingénieurs-conseils considèrent que chaque spécialiste doit individuellement se tenir au courant des progrès techniques dans son domaine. Par contre, les dirigeants des bureaux d'architectes préfèrent qu'on étende la couverture et l'accessibilité des réseaux d'information technique; ils estiment que la diffusion de nouvelles techniques dépend en permanence de l'efficacité des réseaux. Les architectes, plus que les ingénieurs, favorisent la formation de rédacteurs de prescriptions techniques et de métreurs. Ils sont moins satisfaits que les ingénieurs-conseils au sujet de la qualité technique des travaux de la Division des recherches en bâtiment du CNRC, de l'Association canadienne de normalisation, et des associations nationales telles que le *Canadian Institute of Steel Construction*. D'un autre côté, les ingénieurs ont proposé que la Division des recherches en bâtiment, en particulier, réalise ses programmes de recherche plus rapidement et participe activement à la solution d'un plus grand nombre de problèmes pratiques, que les experts-conseils ne peuvent résoudre faute de moyens. En même temps, les ingénieurs-conseils et les architectes-conseils interrogés soutiennent que les subventions de l'État à la recherche universitaire en matières concernant la construction devraient soutenir des travaux utilitaires.

Nous avons constaté que les bureaux d'experts-conseils différaient beaucoup d'ardeur pour réaliser des recherches pendant ou après la construction. Les recherches postérieures aux travaux, en particulier, permettent d'améliorer les nouvelles méthodes et les nouveaux matériaux, et contribuent à l'optimisation des projets. Le plus grand effort de recherche de ces bureaux visait à découvrir des données utiles dans la littérature technique et à juxtaposer les informations techniques, d'ambiance, de comportement, etc.

On s'entend en général (mais non unanimement) pour reconnaître la compétence administrative et technique des grands entrepreneurs en

bâtiment et en génie civil, mais on a une opinion moins favorable à l'égard des petits entrepreneurs. Internationalement, on apprécie hautement l'efficacité de l'industrie canadienne de la construction. Cependant, on lui adresse deux critiques: Premièrement, l'échange de données techniques entre entrepreneurs et consultants a été jusqu'ici insuffisante. Deuxièmement, même chez les plus grand entrepreneurs, la haute direction est formée d'ingénieurs de chantier et de cadres financiers travaillant depuis longtemps pour la firme, mais dont les connaissances techniques et la capacité d'innovation sont vraisemblablement assez limitées.

### **En résumé . . .**

Les associations nationales et régionales du secteur de la construction ont un rôle important à jouer dans la diffusion des nouvelles techniques vers les industries, et en leur sein. Dans la mesure où leurs statuts le permettent, la plupart de ces associations remplissent leur rôle efficacement. En effet, l'une de leurs tâches principales est la communication d'une information diversifiée, qu'elles rassemblent à partir de nombreuses sources, et diffusent ensuite. Les associations nationales et régionales du Canada maintiennent des contacts entre elles, et avec les associations homologues des États-Unis, dans le cadre général ou spécialisé tracé par leurs statuts. Jusqu'à un certain point, certaines se font concurrence, mais il ne peut en résulter que des effets favorables pour la diffusion des techniques.

L'activité de diffusion des nouvelles techniques par les bureaux d'architectes-conseils et d'ingénieurs-conseils est à la fois encourageante et décourageante. La taille et la compétence des firmes sont très variables, et certaines spécialisations sont parfois encombrées. Ingénieurs et architectes ne conçoivent pas toujours les problèmes particuliers, et leurs solutions, de la même façon. Il faudrait que les bureaux d'ingénieurs-conseils et d'architectes-conseils du Canada contribuent plus largement à la diffusion des nouvelles techniques.

## IV. Envergure actuelle de l'effort de R & D en matière de construction

Nous allons passer en revue les travaux de R & D en cours en matière de construction. Nous tracerons ainsi le cadre de l'étude de certains facteurs de la recherche, du développement technique et de l'établissement des plans, que nous réaliserons dans le chapitre V.

Au chapitre premier, nous avons donné une définition assez étroite de l'industrie de la construction, qui n'inclurait alors que les spécialistes des bureaux d'étude et les entrepreneurs montant les ouvrages; par contre, au sens large, l'industrie engloberait toutes les firmes s'intéressant à la construction, que ce soit par le canal de la communication technique ou par celui du commerce, soit les fabricants de matériaux et d'équipement de chantier, les fournisseurs, les maîtres d'ouvrage, les promoteurs-constructeurs, les agents immobiliers, ainsi que les entrepreneurs, les architectes, les ingénieurs et autres concepteurs. C'est pourquoi nous tiendrons compte des travaux de R & D sur le montage des éléments, sur les matériaux, sur l'équipement de chantier et sur les services accomplis par les entreprises et les établissements de recherche consacrant tout leur temps, ou une partie seulement, à l'industrie de la construction.

### **Activité actuelle de R & D intéressant l'industrie de la construction**

L'accumulation des connaissances et leur utilisation fructueuse constituent l'essence même de l'effort de R & D. Il serait utile de connaître son envergure et sa répartition dans les secteurs industriel, public et universitaire.

Mais la pénurie de statistiques, dont il sera question plus loin, a donné naissance à des opinions fort diverses en cette matière. Il est cependant possible de tirer certaines conclusions utiles des données à notre disposition, lesquelles non seulement montrent la répartition l'effort de R & D, mais aussi quelles sont certaines lacunes.

### **Évaluation de l'effort de R & D en construction**

Il faut distinguer entre la R & D réalisée *au sein* de l'industrie de la construction et celle entreprise *pour son compte*. La complexité structurale de cette industrie rend difficile une évaluation quantitative des travaux de R & D.

Si l'on envisage l'industrie de la construction au sens restreint, on trouve que son effort de R & D est négligeable. Il est équivalent, pécutiairement, à celui des départements de montage des grands constructeurs automobiles. On peut également comparer le progrès des techniques agricoles à celui des techniques de construction. Tout comme les firmes de ce secteur, les exploitations agricoles sont petites et dispersées dans tout le pays. Les exploitants agricoles et les entrepreneurs ne peuvent que rarement effectuer des travaux de R & D. Le gouvernement fédéral soutient donc la recherche agricole, comme il a subventionné la recherche en bâtiment.

Au cours de ces dernières années, Statistique Canada a restreint le cadre de ses données statistiques sur la construction pour le rendre plus maniable, et a regroupé les entreprises industrielles sur la base de leur

*production principale*, ou des services qu'elles offrent<sup>1</sup>. Ainsi une firme fabriquant surtout des éléments en ciment ou d'autres matériaux de construction est classée dans l'industrie manufacturière, et non dans celle de la construction; l'effort de R & D pour l'amélioration de ses produits est donc évalué pour incorporation dans les statistiques des industries de fabrication. De plus, un grand nombre d'innovations techniques en matière de construction sont d'ordre pratique, ou ont servi à la fabrication d'équipement acheté à l'étranger; il en résulte que les données relatives à la R & D accomplie par l'industrie canadienne de la construction, dans son sens restreint, ne donnent qu'un tableau incomplet de la diffusion des nouvelles techniques, dont une bonne part n'apparaît d'ailleurs même pas. Jusqu'ici l'effort de R & D en construction relevé par Statistique Canada est apparu négligeable, et n'a pas été comptabilisé séparément.

Il faut aussi noter que les ingénieurs, à l'encontre des scientifiques, n'aiment guère consigner leurs observations par écrit, et préfèrent se renseigner verbalement plutôt que d'analyser un rapport de R & D. Comme le secteur de la construction emploie beaucoup plus d'ingénieurs que de scientifiques, on ne peut évaluer l'ampleur de la diffusion des nouvelles techniques par le moyen habituel, soit le dénombrement des articles techniques.

### **Panorama sur l'effort de R & D en construction**

On ne dispose pas de statistiques globales sur l'effort de R & D en construction. Il faudrait y inclure les efforts de l'industrie privée et ceux des administrations fédérale, provinciales et locales et y ajouter les travaux des organismes parapublics, des laboratoires universitaires et des autres établissements techniques. Comme nous l'avons dit précédemment, la plupart des travaux de R & D en construction sont comptabilisés dans les statistiques de l'industrie secondaire.

Au palier fédéral, le principal organe de recherche en bâtiment est la Division des recherches en bâtiment du Conseil national de recherches<sup>2</sup>. Le ministère des Travaux publics et d'autres ministères s'intéressent particulièrement aux travaux publics et aux gros œuvres effectuent certains travaux de R & D ou les impartissent à l'extérieur.

Les ministères et organismes provinciaux, de même que les administrations locales, effectuent ou financent des programmes de recherche,

1. Si l'on définit l'activité de construction comme comprenant « l'érection de tout ouvrage (et sa réparation) ou toute modification de la topographie naturelle d'un terrain », on voit que les agents d'exécution sont: 1) des entrepreneurs en construction; 2) un grand nombre de firmes travaillant pour leur propre compte et ne faisant pas partie de l'industrie de la construction au sens restreint ou de l'administration publique; 3) des firmes travaillant sous contrat, mais non classées comme « entreprises de construction ». Statistique Canada donne le nom d'*industrie de la construction* à 1) et d'*activités de construction* à 2) et 3).

2. Pour une description complète du rôle de la Division, voir: *Bilan d'un quart de siècle: 1947 à 1972*, Division des recherches en bâtiment, Conseil national de recherches, Ottawa, juillet 1973. L'Annexe A du présent rapport en fait une description beaucoup plus concise.

surtout en travaux publics et en gros œuvres. Les universités qui mènent aussi des travaux de recherche en ce domaine sont en grande partie subventionnées par le Conseil national de recherches. De plus, l'État fédéral finance des programmes de R & D en construction dans le cadre de ses programmes d'aide à la recherche industrielle: PARI, administré par le CNRC, et PAIT, géré par le ministère de l'Industrie et du Commerce<sup>3</sup>.

### La R & D dans l'industrie

Jusqu'à récemment, Statistique Canada ne recueillait pas systématiquement les données sur la R & D en construction. Cet office a maintenant entrepris de publier des statistiques sur l'effort de R & D de l'industrie et du secteur public. Le tableau III montre que, sur un total de 371 millions de \$ consacrés à la R & D en 1971, 6,3 millions de \$ (soit 1,7 pour cent du total) ont servi à financer la R & D en construction. Cette évaluation est très approximative, car le questionnaire ayant servi à la compilation ne donnait pas de définition précise du secteur de la construction. On constate, par contre, que la plus grande partie des travaux de R & D sont réalisés par les industries du bois, du matériel électrique et des produits chimiques, mais non par la branche de l'industrie s'occupant d'ériger les bâtiments; les industries d'usinage des métaux, et de construction de matériels et d'équipement, y prennent part sur une moins grande échelle.

**Tableau III – Répartition pour 1971 des crédits de R & D interne, selon les branches industrielles à l'avantage desquelles les travaux sont entrepris.**

Branche industrielle	Part de la construction en millions de \$	Total en millions de \$	Pourcentage de la R & D en construction
Mines et puits	–	17,4	–
Produits chimiques	1,0	79,7	1,3
Produits ligneux	1,4	19,9	7,0
Produits métalliques	0,8	35,5	2,3
Machines et équipement	0,7	66,1	1,1
Matériel électrique	1,4	120,4	1,2
Divers	0,6	8,3	7,2
Services publics	0,3	23,5	1,3
<b>Total</b>	<b>6,3</b>	<b>370,9</b>	<b>1,7</b>

Sources: Statistique Canada. *Dépenses au titre de la recherche et du développement industriels au Canada, 1971*, Information Canada, 1974.

3. Pour plus de détails sur ces programmes, voir l'Annexe D.

## La R & D dans le secteur fédéral

Le tableau IV montre que les activités de R & D internes du secteur fédéral dont l'objet principal était la construction ont coûté 9,8 millions de \$ en 1974, soit 1,7 pour cent des crédits à la R & D interne. Si l'on ajoute à cette somme les crédits de la R & D dont la construction était l'objet secondaire, on voit que le total atteint 14,7 millions de \$, ainsi qu'en témoigne le tableau V. La ventilation des crédits accordés en 1971 montre que le Conseil national de recherches finançait un peu plus de la moitié des travaux de R & D en construction entrepris par les organismes d'État. Le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources et Environnement Canada y ont alloué environ 15 pour cent, le ministère des Travaux publics environ 8 pour cent et la Société d'hypothèques et de logement un peu moins de 1 pour cent du total.

**Tableau IV – Crédits à la R & D interne du secteur public en matières scientifiques pour 1974.**

Champ d'application principal	R & D en millions de \$	en pourcentage du total	Autres activités en millions de \$	en pourcentage du total	Ensemble des activités en millions de \$	en pourcentage du total
Construction	7,4	2,1	2,4	1,1	9,8	1,7
<b>Total</b>	<b>354,8</b>	<b>100</b>	<b>219,9</b>	<b>100</b>	<b>574,7</b>	<b>100</b>

Source: Statistique Canada, *Activités de l'administration fédérale en sciences naturelles, 1972-1974*, Information Canada, 1974.

**Tableau V – Crédits fédéraux pour 1972-1974 à la R & D dont les bénéficiaires principaux et secondaires sont les firmes de construction, et répartition entre organismes de l'État en 1971.**

Construction (en millions de \$)	R & D interne		R & D externe	Ensemble de la R & D
	en millions de \$	en pourcentage du total	en millions de \$	en pourcentage du total
1972	11,7		0,5	12,2
1974	13,7		1,0	14,7
Répartition par organismes de l'État en 1971				
Organisme public	en millions de \$		en pourcentage du total	
SCHL	42		0,7	
Énergie, Mines et Ressources	1 151		17,9	
Environnement Canada	1 188		18,5	
Santé et Bien-être social Canada	53		0,8	
CNRC	3 431		53,5	
Travaux publics	513		8,0	
Transports	41		0,6	
<b>Total</b>	<b>6 419</b>		<b>100</b>	

Source: Statistique Canada, *Activités de l'administration fédérale en sciences naturelles, 1972-1974*, Information Canada, 1974; ventilation spéciale pour 1971, par Statistique Canada.

## Les autres programmes fédéraux

Le gouvernement fédéral a, de plus, donné un soutien financier à la construction par l'intermédiaire des subventions aux universités et des programmes d'aide à l'industrie (programmes PARI et PAIT: Voir le tableau VI et l'Annexe D). On estime que leur montant atteint de 3 à 4 millions de \$. Cependant, les subventions accordées dans le cadre des programmes PARI et PAIT sont aussi comptabilisées dans les montants indiqués au tableau III.

**Tableau VI – Autres formes de soutien financier fédéral à la R & D en construction.**

Programmes	R & D concernant la construction en millions de \$	Ensemble de la R & D en millions de \$	Pourcentage de la R & D en construction
Subventions aux universités (1971-1972)	2,9	132,9	2,2
PAITa (1972-1973) <sup>b</sup>	1,8	36,9	4,9
PARIa (1972-1973) <sup>c,d</sup>	0,277	10,9	2,5

a Ces montants sont inclus dans le total industriel indiqué au tableau III.

b Jusqu'au 31 décembre 1972.

c Données préliminaires.

d La Loi stimulant la recherche et le développement scientifiques accorde un financement supplémentaire à la R & D en construction, mais on ne dispose d'aucune statistique.

Sources: Conseil national de recherches et ministère de l'Industrie et du Commerce.

### L'activité de R & D dans les provinces

Certains travaux de R & D en construction sont aussi réalisés par les Conseils provinciaux des recherches, et au sein des administrations provinciales et locales. Statistique Canada ne communique pas, pour le moment, les montants dépensés par ces organismes, ni les sommes qu'ils allouent aux universités et aux autres organismes pour la R & D en construction. On a estimé récemment que les Conseils des recherches de l'Ontario et de l'Alberta ont dépensé environ 1,5 million de \$ pour la R & D en construction au cours de l'exercice 1971-1972 (surtout en bâtiment pour le premier, et en travaux publics pour le second)<sup>4</sup>.

### L'activité de R & D des universités

Les universités exécutent aussi des travaux de R & D en construction, et une analyse particulière de la répartition des subventions fédérales à la recherche universitaire montre que de 1,5 à 2,9 millions de \$ ont servi entièrement ou partiellement à la R & D en construction<sup>5</sup>. De plus, les universités effectuent certains travaux de R & D financés par des subventions, ou dans le cadre de contrats alloués par d'autres paliers de gouvernement, par l'industrie ou par des associations techniques comme le *Canadian Institute of Steel Construction*. Le Centre de la construction industrialisée de l'Université de Toronto, par exemple, coordonne les travaux réalisés sous contrat par les professeurs et les étudiants de la faculté des sciences appliquées et du génie, à l'avantage de l'industrie de la construction. En même temps, les chercheurs-enseignants (en particulier ceux des départements de génie civil) agissent en consultants auprès de l'administration ou des industries, et font des études sur les problèmes de construction, lesquelles peuvent conduire à un programme de R & D. L'Annexe E décrit deux exemples de recherche universitaire en construction: des essais de modèles de bâtiments en soufflerie, réalisés par l'Institut des études aérospatiales de l'Université de Toronto, et une étude coordonnée par l'Institut des recherches de l'Université de Water-

4. Voir l'Annexe B.

5. Communication personnelle de la Division des recherches en bâtiment, Conseil national de recherches, Ottawa.

loo sur la pollution des nappes phréatiques et des eaux de ruissellement par les décharges sanitaires. Mais ce sont les grands départements universitaires de génie civil qui accomplissent le plus de R & D en construction.

### **Vue d'ensemble sur la R & D**

La juxtaposition des statistiques disponibles indique qu'au Canada les crédits à la R & D en sciences naturelles et en génie s'élèveraient à 25 millions de \$ par an, à tout le moins.

En 1966, la Division des recherches en bâtiment, de concert avec Statistique Canada, effectua un sondage sur l'effort de R & D en construction dans toutes les branches de l'industrie; il montra que cet effort coûtait 0,1 pour cent du chiffre d'affaires du secteur de la construction<sup>6</sup>. Le coût total de l'effort de R & D intéressant la construction accompli dans tous les secteurs (industrie, secteur public et universités) atteignait 0,3 pour cent de ce même chiffre d'affaires. Si l'on applique ces pourcentages au chiffre d'affaires de l'industrie de la construction en 1972, soit 18,1 milliards de \$, on voit que la R & D a coûté au plus 50 millions de \$. Ainsi, si l'on doublait l'effort de R & D en construction qui a été relevé, son coût ne représenterait que 0,3 pour cent du chiffre d'affaires de l'industrie de la construction, alors que le coût de l'ensemble de la R & D atteint 1,1 pour cent des dépenses nationales brutes.

On peut résumer comme suit les caractéristiques de l'effort de R & D en construction: il paraît faible en comparaison du chiffre d'affaires du secteur de la construction et des industries secondaires actives, même si l'on tient compte des travaux de R & D non comptabilisés dans les statistiques. Ce sont le secteur de la construction et le secteur public qui accomplissent la plus grande partie de cet effort, dont le reste est réalisé par les universités, les organismes provinciaux, les associations techniques et autres institutions. Au sein du secteur de la construction, ce sont les fabricants de matériaux qui sont les plus actifs en recherche. Au sein du secteur public, l'effort de R & D est accompli par la Division des recherches en bâtiment, ou dans le cadre des programmes de subventions aux universités.

Statistique Canada a pris récemment des mesures pour mieux couvrir les activités de R & D en construction, qui jusqu'à maintenant manquaient de précision.

6. N.B. Hutcheon, La recherche au service de la construction, Conseil national de recherches, Ottawa, octobre 1973.

## V. Aspects administratifs de l'activité de R & D et de conception dans la construction

Outre les travaux de R & D effectués par les entreprises de construction, ou à leur avantage, il existe un ensemble d'établissements, de programmes et de rapports dans les secteurs public et privé, qui modèle les activités de R & D et de conception. Nous allons étudier certains de ces organismes et de ces programmes.

Il faut dès l'abord mentionner les progrès des recherches et des nouvelles techniques. Comme le dit M. N.B. Hutcheon, ancien directeur de la Division des recherches en bâtiment du Conseil national de recherches :

« Les progrès techniques entraînent la création de nouveaux produits et l'évolution des conditions industrielles de plus en plus rapidement; l'industrie, qui est encore loin d'avoir abandonné entièrement les méthodes traditionnelles pour les méthodes scientifiques, ne peut les évaluer aussi vite. Il lui faut de nouvelles techniques d'essai perfectionnées, des techniques d'essai de comportement, des normes et des codes actualisés et améliorés; et il n'est possible de les élaborer que grâce à une connaissance adéquate du sujet. Il est donc nécessaire de développer constamment la technologie de la construction pour favoriser la bonne marche de l'industrie concernée.

Mais il ne suffit pas de développer cette technologie; il faut aussi l'appliquer dans toute l'industrie de la construction, là où se prennent les décisions techniques en matière de bâtiment; elle doit être introduite dans les programmes de formation de tous ceux qui sont en mesure de l'utiliser ».<sup>1</sup>

### **Le réseau d'information**

Nous avons pu rencontrer des personnes s'occupant de R & D et de conception en matière de construction au cours de la plupart des entrevues menées pour les besoins du présent rapport; elles ont fait les remarques suivantes :

- il existe évidemment un « réseau » très étendu de personnes et d'organismes effectuant la diffusion de l'information technique en construction;
- ce réseau fonctionne de façon officielle ou officieuse;
- en dépit du morcellement et de la régionalisation de l'industrie de la construction, il existe encore un important courant d'échanges bilatéraux d'information entre le Canada et les États-Unis, et aussi d'autres pays;
- l'un des facteurs favorisant le fonctionnement de ce réseau est l'existence des sociétés multinationales; celle des sociétés techniques nationales et internationales en est un autre;
- en parrainant la R & D (par exemple, à la Division de la recherche en bâtiment du CNRC), l'administration publique, principale utilisatrice des services de l'industrie de la construction, favorise la diffusion de l'information technique et facilite son accès; elle améliore ainsi les échanges techniques;

1. N.B. Hutcheon, *The Utility of Building Science*, Division des recherches en bâtiment, Conseil national de recherches, Ottawa, octobre 1971.

- en dépit de l'envergure des échanges d'information, la diffusion des nouvelles techniques au sein de l'industrie se heurte à de nombreux obstacles; on recherche actuellement comment les réduire ou les supprimer;
- les programmes d'information technique en construction, tels ceux créés ou parrainés par le ministère fédéral de l'Industrie et du Commerce, visent à surmonter ces obstacles<sup>2</sup>;
- cependant, il faut noter qu'il ne suffit pas de recueillir les résultats de la recherche; il faut les appliquer.

### **Utilisation de l'informatique dans l'industrie de la construction**

Le ministère de l'Industrie et du Commerce a récemment commandité une étude sur le rôle de l'informatique dans l'industrie canadienne de la construction, en vue de faire des recommandations pour augmenter son efficacité<sup>3</sup>.

Il semble que l'industrie de la construction oppose une certaine résistance à l'utilisation de l'informatique dans son travail. Il se peut que les membres de l'industrie soient mal renseignés sur le potentiel de l'ordinateur, et que son utilisation et le langage informatique leur paraissent mystérieux. Cependant, il faut aussi noter le manque de programmes conçus pour leurs besoins particuliers.

La réticence des entreprises s'explique aussi par les fluctuations de leur activité. Elles éprouvent des difficultés à planifier à long terme et à développer les utilisations de l'ordinateur. On comprendra qu'elles hésitent à consacrer des fonds à des travaux dont il est peu probable qu'elles tireraient parti.

Les ordinateurs servent surtout à l'élaboration des plans, à la préparation du budget des travaux et au contrôle des coûts, ainsi qu'à la comptabilité générale et à la préparation des feuilles de paye. Les sociétés de travaux publics, et spécialement celles qui s'occupent de calcul des gros œuvres, utilisent plus largement l'informatique que les autres entreprises. Les architectes l'emploient surtout pour la comptabilité et pour la planification des travaux; cependant, certains cabinets d'architectes ont consacré de fortes sommes à l'élaboration de nouveaux programmes ou à la modification des programmes existants pour réaliser les travaux d'études architecturales.

Les entrepreneurs généraux et les promoteurs-constructeurs utilisent l'informatique surtout pour planifier les travaux et pour effectuer diverses opérations comptables. Les métieurs se servent de l'ordinateur comme d'un catalogue des prix courants. Cependant, on n'a entrepris aucune recherche pour comparer prix et prescriptions techniques grâce à l'ordinateur. On y procède encore manuellement.

2. Nous étudierons, un peu plus loin, les programmes et les obstacles, et on trouvera d'autres détails à l'Annexe F.

3. *A Study of Computer Utilization in the Canadian Construction Industry*, réalisée pour le ministère de l'Industrie et du Commerce par Demers, Gordon, Baby Limited, février 1972.

On a proposé d'étendre l'utilisation des ordinateurs dans l'industrie; par exemple:

- on pourrait utiliser l'informatique pour accroître la productivité et l'efficacité de l'industrie, mais il faudrait circonscrire les domaines d'emploi, grâce à des études poussées;
- les autorités pourraient favoriser l'interchangeabilité générale des programmes informatiques;
- il faudrait faire une analyse des coûts, afin de déterminer les avantages éventuels de l'informatique pour l'industrie de la construction, à la lumière des récents progrès de l'informatique et des techniques des télécommunications;
- quelques associations industrielles s'efforcent d'améliorer l'efficacité de l'informatique en construction; mais il faudrait étendre ces études à toutes les branches de cette industrie;
- et il faudrait élaborer un langage étimologique et normaliser les modes opératoires, afin de faciliter l'utilisation des ordinateurs pour la résolution des problèmes.

L'utilisation des ordinateurs pour la diffusion de l'information se développe, et l'on élabore de nouveaux mécanismes pour utiliser toutes ses possibilités<sup>4</sup>. Cependant, il faut assurer la rentabilité de ces nouvelles techniques et épargner le temps des utilisateurs, et donc concevoir les mécanismes pour que leur complexité interne n'amoindrisse pas leur aisance d'emploi. L'usage de l'ordinateur se généralisera quand on pourra l'utiliser aussi aisément qu'une règle à calcul, une calculatrice ou un téléphone.

### **Programmes intéressant la R & D**

Dans les établissements d'enseignement, les organismes publics et les firmes industrielles, il existe une trame de programmes, de méthodes et de rapports qui détermine l'envergure et la qualité de l'effort de R & D et de conception. Nous étudierons ici la diffusion des nouvelles techniques, en vue de décrire exactement le fonctionnement d'un mécanisme d'information en techniques de la construction, et les obstacles éventuels gênant la diffusion de l'information. En général, l'industrie estime qu'il faut améliorer les mécanismes de diffusion des connaissances techniques. Il semble que la grande difficulté soit l'établissement de passerelles plus directes entre les activités de recherche, de développement technique et de mise en pratique.

On pourrait qualifier certaines entraves de « cloisonnement longitudinal », lequel existe, par exemple, entre les différentes disciplines scientifiques dans les établissements d'enseignement, et entre les spécialisations dans l'industrie de la construction elle-même. Les opinions sont partagées: doit-on mettre l'accent sur l'extension de l'effort de R & D pour répondre aux besoins toujours nouveaux de la société et du cadre technologique, ou doit-on améliorer la diffusion de l'informa-

4. Voir l'Annexe G pour plus de détails.

tion acquise? Ce sont les chercheurs et les utilisateurs de l'information qui divergent le plus d'opinions. Les premiers estiment en général qu'il faut accroître l'effort de R & D pour résoudre les problèmes actuels. Par contre, les utilisateurs croient que la masse des données acquises est trop grande, ou qu'une trop grande partie n'est pas utile. Il faut donc communiquer plus efficacement les connaissances qui existent, et mieux les appliquer. Pour faire face à cette surabondance d'information disponible, il faudra sélectionner celle à inclure dans le courant informatif parvenant aux utilisateurs. De même, on devrait déterminer la pertinence des projets de recherche proposés.

Un autre cloisonnement longitudinal est dû à l'accent mis par divers organismes – administrations, entreprises de lotissement – construction, etc. – sur la communication des réactions des utilisateurs aux firmes industrielles. Les concepteurs en tireraient grand avantage, car ils pourraient préciser les besoins des utilisateurs avant d'entreprendre les études techniques pertinentes. Bref, il faut mettre l'accent sur « ce qui devrait être fait » plutôt que sur « ce qui peut être fait »<sup>5</sup>. Ce problème montre l'existence d'un cloisonnement à l'intérieur du secteur de la construction.

Un certain nombre de remarques, faites au cours des entrevues, suggèrent que le secteur public devrait s'occuper plus largement d'essais et de travaux expérimentaux voisins. L'État devrait fournir des capitaux d'entreprise pour soutenir les coûteux travaux d'essais et d'essais-pilotes en grandeur réelle. Actuellement, les entreprises ne sont guère encouragées à prendre des initiatives en cette matière, en dépit des grands avantages sociaux qui pourraient en découler. Il faudrait que l'État crée un service d'essais agissant rapidement. La Division des recherches en bâtiment ne peut remplir cette fonction, car elle ne dispose ni des installations ni des crédits nécessaires pour cette tâche.

### **Soutien financier fédéral**

Le gouvernement fédéral aide directement l'activité de R & D de l'industrie en allouant des subventions, des prêts et des contrats, et indirectement par la diligence de ses laboratoires et de ses services d'information. Une partie de cette aide va à l'industrie de la construction. Le chapitre VII donne plus de détails sur l'aide fédérale aux essais et aux autres activités de ce genre.

La plus grande partie du soutien fédéral à la R & D industrielle est donnée dans le cadre de programmes spéciaux destinés à accroître le potentiel et les ressources de R & D de l'industrie canadienne. Ceux qui concernent l'industrie de la construction sont PARI, PAIT et IRDIA<sup>6</sup>.

*Le Programme d'aide à la recherche industrielle (PARI)* a été mis en œuvre en 1962. Il vise à favoriser la création ou l'extension des labo-

5. Voir, par exemple: R. Ian Clapperton, « Developing a Technology Transfer System », *Building International*, nov.-déc. 1972, p. 338.

6. Voir à l'Annexe D des renseignements complémentaires sur les programmes PARI et PAIT.

ratoires de R & D, et à faciliter les communications entre les chercheurs et l'administration publique. Dans le cadre de ce programme, le Conseil national de recherches paie directement les traitements des scientifiques, des ingénieurs et des techniciens travaillant à des programmes de recherche approuvés de l'industrie; de leur côté, les firmes industrielles paient le matériel et les frais généraux. L'aide financière est axée sur la recherche à assez long terme en sciences appliquées, en ingénierie, en création de prototypes et en élaboration de techniques de laboratoire. En gros, environ 2,5 pour cent des crédits accordés dans le cadre du PARI sont allés à des programmes de recherche en construction. En 1972-1973, par exemple, une somme de 277 000 \$, sur un total de 10,8 millions de \$, a été allouée à ces travaux.

Le *Programme pour l'avancement de la technologie (PAIT)*, mis en œuvre par le ministère de l'Industrie et du Commerce, a été créé en 1965. Il vise à l'amélioration du potentiel technique de l'industrie, et à l'extension de son activité d'innovation. Il permet de financer la mise au point et le perfectionnement de produits et de méthodes de fabrication qui font appel aux nouvelles techniques, et qui offrent de bonnes perspectives commerciales tant sur le marché intérieur qu'à l'étranger. En règle générale, le ministère accorde des subventions payant jusqu'à 50 pour cent du coût prévu des projets approuvés. En 1973, par exemple, il a alloué, dans le cadre de ce programme, une somme d'environ 36,6 millions de \$, dont 1,8 million (soit 4,9%) concernaient des projets relatifs à la construction. Ainsi, on favorise les travaux de développement technique grâce au PAIT, et la recherche appliquée (autre phase du processus d'innovation) par le truchement du PARI.

Un autre programme dépendant du ministère de l'Industrie et du Commerce, la *Loi stimulant la recherche et le développement scientifique (IRDIA)*, permet de fournir une aide financière à l'effort de R & D. Il ne nous a malheureusement pas été possible d'évaluer quelle proportion des crédits de ce programme a servi à des travaux de R & D en construction.

### **Aide fédérale indirecte à l'industrie de la construction**

Outre l'aide financière dont il a été question précédemment, les ministères et les établissements fédéraux accordent une aide scientifique à l'industrie, grâce à l'activité de leurs laboratoires et de leurs services d'information à l'industrie. Les services de la *Division des recherches en bâtiment* du Conseil national de recherches en sont un exemple éloquent<sup>7</sup>. Cette Division a été créée en 1947 par le Conseil national de recherches, en vue d'aider le secteur de la construction. Elle exploite des services de recherche centralisés qui couvrent les divers aspects de la recherche en bâtiment, de l'étude du comportement des matériaux jusqu'à l'élaboration des techniques de construction hivernale. Ces travaux sont

7. Voir à l'Annexe A des renseignements supplémentaires sur la Division des recherches en bâtiment.

les tâches les plus importantes de la Division, et elles donnent le ton à ses autres activités. La Division assure également un soutien technique à la Société centrale d'hypothèques et de logement, et elle assiste les comités associés du CNRC pour les Codes nationaux du bâtiment et de la prévention des incendies; elle assiste également les autres comités techniques et de normalisation, tant sur le plan canadien qu'international. De plus, elle fournit des renseignements détaillés et des services de consultation à l'industrie de la construction. Elle effectue aussi certains essais pour des entreprises, surtout quand elle dispose pour ces travaux d'installations spéciales qui ne sont pas disponibles ailleurs.

Les spécialistes des bureaux d'études de l'industrie de la construction savent qu'il faut établir des liaisons plus étroites entre les laboratoires de l'État effectuant de la R & D (y compris ceux de la DRB) et les services de mise en œuvre au sein des entreprises privées. Il faudrait qu'on crée un service d'intervention qui diffuserait rapidement les données requises par les concepteurs au sein de l'industrie de la construction. Certains estiment que la DRB n'a pas réussi à agir de la sorte. Notons que les critiques ne se rendent pas toujours compte des limitations de l'action de la DRB, qui ne dispose que de 220 employés, dont 70 spécialistes, et d'un budget annuel qui n'atteint que 4 millions de \$ environ. C'est pourquoi la Division ne peut assurer ce service que partiellement.

Le Conseil national de recherches exploite également le *Service d'information technique* (SIT) pour l'aide aux industriels canadiens. Ce service comporte trois sections: l'organisation industrielle (génie industriel), les renseignements techniques et les progrès techniques. Bien que les agents régionaux du SIT n'aient pas coutume de visiter les constructeurs ou les entrepreneurs, ce service répond à toute demande de renseignements d'une firme, association ou personne canadienne, y compris les entrepreneurs, les architectes, les industriels ou encore l'utilisateur éventuel de matériaux ou de services.

On estime que 19 firmes de construction ont reçu de l'aide de la section d'organisation industrielle en 1972, ce qui représente environ 3,3 pour cent d'une clientèle de 575. Sur un total de 3 000 réponses rédigées par le personnel du SIT en 1972, on évalue à 121 le nombre des demandes de renseignements relatifs à des bâtiments et à des ouvrages que la Division des recherches en bâtiment avaient satisfaites au nom du SIT. De plus, de 400 à 500 autres demandes de renseignements sur les matériaux, le matériel de construction, etc., ont été acheminées par le personnel du SIT. La section des progrès techniques exploite un service signalant la parution d'articles à 300 ou 400 firmes sur les 4 ou 5 000 ayant communiqué leur profil d'intérêts dans des domaines comme les revêtements routiers, les matériaux de construction plastiques, etc.<sup>8</sup>.

En 1967, le ministère de l'Industrie et du Commerce a mis en

8. Voir à l'Annexe F qui fournit des renseignements supplémentaires sur le SIT.

œuvre le programme *Bâtiment, équipement, accessoires et matériaux* (REAM), spécialement conçu pour aider l'industrie de la construction. Son objectif principal était la recherche, le classement et la diffusion de renseignements techniques. La mise sur pied de ces services n'est pas encore terminée, et c'est maintenant la Société canadienne de l'information sur la construction (SCIC), fondée récemment, qui en est chargée<sup>9</sup>.

### **L'effort de R & D des organismes provinciaux**

Un certain effort de recherche est accompli par les ministères provinciaux, par les compagnies d'énergie hydroélectrique et autres services au public, surtout dans les domaines des travaux publics et du gros œuvre. D'après les statistiques canadiennes portant sur la recherche routière, ces organismes auraient réalisé, en 1972, 282 projets se rapportant directement à la construction. De ce total, 31 pour cent étaient parrainés par le Conseil national de recherches et 36 pour cent par les ministères provinciaux de la Voirie. Pour ce qui est de l'exécution, 41 pour cent des travaux ont été effectués par les universités, alors que les ministères provinciaux de la Voirie en ont accompli 26 pour cent<sup>10</sup>. Les ministères et les services publics provinciaux ont généralement un large accès aux sources techniques étrangères, dans les domaines qui les intéressent. Le ministère des Transports et Communications de l'Ontario, par exemple, maintient des rapports étroits avec les organismes étatsuniens et européens (britanniques inclus), chargés de la recherche et de l'information technique en matière de grandes routes. Ces organismes procèdent régulièrement à des échanges bilatéraux d'information, et permettent ainsi aux services publics et aux ministères provinciaux d'actualiser leur potentiel en matière d'ouvrages d'art et de gros œuvre.

### **Établissements d'enseignement**

Comme nous l'avons indiqué précédemment, certains établissements d'enseignement effectuent la diffusion de l'information et des nouvelles techniques en construction par le truchement de la formation qu'ils donnent aux étudiants, de leurs publications techniques et des séminaires, et enfin de l'activité de recherche et de consultation de leurs professeurs.

La plupart des professeurs interrogés estiment que les projets de recherche réalisés dans les universités doivent avoir une valeur formative pour les étudiants, en accord avec la fonction première de ces établissements. Cependant, certains professeurs acceptent des travaux courants de consultation en matière de construction; il paraît maintenant normal que les professeurs d'ingénierie et d'architecture consacrent une partie de leur temps et de leurs talents aux problèmes de l'industrie. Il

9. Voir à l'Annexe F qui fournit les renseignements supplémentaires sur la SCIC.

10. Voir *Road Research in Canada, 1972*, Association des routes et transports du Canada, 875 avenue Carling, Ottawa.

arrive qu'une université particulière soit la seule à disposer d'un potentiel technique ou d'un équipement expérimental dans un domaine spécialisé. Le professeur qui effectue de la recherche sous contrat joue alors le rôle de super-expert, par exemple en conseillant une firme-conseils<sup>11</sup>.

Un certain nombre d'universités canadiennes offrent des programmes d'enseignement en matière de construction, telles les universités de Waterloo, de Toronto, de Montréal et Sir George Williams. Il en est d'autres dans l'Ouest canadien et dans les Maritimes, mais le manque de temps ne nous a pas permis de passer en revue les programmes des universités de ces régions.

Le programme *Construction Management Option*, offert depuis 1971 à l'Université de Waterloo, de concert avec l'industrie canadienne de la construction, est un exemple intéressant de programmes de deuxième cycle permettant d'obtenir une maîtrise en sciences appliquées. Pour s'inscrire à ce programme, l'étudiant doit avoir au moins deux ans d'expérience dans l'industrie et un baccalauréat en génie, en science, en architecture ou en économique. Les étudiants non diplômés peuvent s'inscrire à un cours conduisant à un diplôme technique. Ce cours de deuxième cycle dure un an, et porte sur l'organisation des travaux de construction, l'économique et le financement en matière de construction, le droit et les relations de travail, les méthodes et le matériel de construction; il comporte aussi des options particulières et un projet de recherche. Ce cours a reçu un accueil chaleureux auprès des étudiants, dont la plupart sont parrainés par leur employeur, auprès duquel ils retourneront après obtention de leur diplôme technique. Toutefois, ce programme limite le nombre des étudiants à neuf ou dix chaque année. L'industrie a offert son plein concours à l'Université, et elle fournit des conférenciers pour les séminaires et l'enseignement. Un certain nombre de firmes ont également offert un appui financier.

Au cours des dernières années, on a fait de grands efforts pour mettre en œuvre des programmes de formation avec stages pratiques pour les architectes et les ingénieurs. Ceux-ci, au cours de quatre ou cinq années de premier cycle, alternent la formation théorique avec l'expérience professionnelle.

Les universités ont en général quelques caractéristiques communes, tels la spécialisation étroite sur le plan scientifique et professionnel, le cloisonnement interdisciplinaire, et des polarisations assez éloignées des problèmes de l'industrie de la construction. Il faudrait leur souligner le manque de spécialistes en gestion des chantiers ou de diplômés de formation interdisciplinaire. Cette pénurie est connue des universités et de l'industrie; il faudrait qu'elles enrichissent leurs cours et leurs programmes concernant la construction pour donner une meilleure formation de base aux étudiants.

Tout comme les universités, les nouveaux établissements d'ensei-

11. Le Conseil des sciences a préconisé ce type de relations universitaires-industrielles dans ses rapports et ses études.

gnement collégial, tels les *Colleges of Applied Arts and Technology* (CAAT) en Ontario et les Collèges d'enseignement général et professionnel (CEGEP) au Québec, ont pour mission de former des diplômés, dont certains entreront dans l'industrie de la construction. Ainsi se trouvera résolu un problème mentionné par certains informateurs, soit la formation insuffisante des cadres moyens de l'industrie, qui empêche celle-ci d'assimiler aisément les nouvelles techniques. Les établissements d'enseignement collégial ont déjà fait une contribution importante. Comme l'indique le tableau VII, en Ontario 894 étudiants se sont inscrits aux programmes des CAAT concernant la construction au cours de la période 1970-1971, et 190 diplômés ont été décernés. Les établissements d'enseignement collégial des diverses régions du Canada offrent des programmes et des cours en ce domaine. Certains établissements, tel le Collège Algonquin à Ottawa, disposent de comités consultatifs locaux pour l'élaboration des programmes d'enseignement en construction.

**Tableau VII – Nombre d'étudiants inscrits et de diplômes décernés en matière de construction par les collèges d'arts appliqués et de technologie de l'Ontario en 1970-1971.**

Programme	Inscriptions	Diplômes décernés
Technologue (3 ans) <sup>a</sup>	353	73
Technicien (2 ans) <sup>b</sup>	541	117
<b>Totaux</b>	<b>894</b>	<b>190</b>

a Y compris les techniques de la construction, de l'architecture et des ossatures.

b Y compris les techniciens en construction, en architecture, en béton armé, en dessin industriel et en ossatures.

Source: *Ontario Ministry of Colleges and Universities*, communication personnelle, 16 février 1973.

Le *Construction Industry Development Council* (CIDC)<sup>12</sup> a effectué dernièrement une étude sur les besoins en diplômés administratifs, spécialisés et techniques dans l'industrie de la construction, ainsi que sur les ressources pédagogiques correspondantes<sup>13</sup>. Si dans son ensemble l'industrie estime qu'il faut pousser l'enseignement des techniques de gestion et donner une formation de base interdisciplinaire, individuellement les entreprises de construction ne se sentent guère obligées de l'encourager. Les professeurs considèrent que l'industrie de la construction a une structure simple et instable, et ils n'encouragent guère leurs étudiants à envisager une carrière en ce domaine. Nous recommandons la création d'un Institut national de formation en construction pour pallier cette absence de contacts effectifs entre l'industrie et les établissements d'enseignement.

12. Le CIDC a été créé en 1970, pour conseiller le ministre de l'Industrie et du Commerce en matière d'industrie de la construction. Il comprend des dirigeants des secteurs industriel et public, et du monde du travail. Le CIDC a fortement recommandé l'étude sur l'industrie que le gouvernement fédéral a ultérieurement confiée au Conseil économique du Canada.

13. Urwick, Currie et Partners Limited, *Construction Industry Management Education Needs: The Construction Industry Education Institute*, réalisé pour le *Construction Industry Development Council*, octobre 1973.

## **L'effort de l'industrie de la construction**

Les architectes et ingénieurs que nous avons interrogés ont unanimement souligné que la nature cyclique de l'activité de construction a été l'un des principaux obstacles à la diffusion des nouvelles techniques au Canada. Il en est résulté des fluctuations de l'embauche du personnel technique dans leur branche. Dans un cas décrit, le personnel technique d'une firme-conseils a été réduit de 65 à 15 techniciens en une seule année, à cause d'un manque de projets. Bien des firmes ont mis à pied (ou perdu) des bons techniciens au cours de ces périodes de vaches maigres, et ils ne sont pas revenus dans leur branche. Certaines de ces firmes ont survécu et ont recommencé au bas de l'échelle quand les affaires ont repris, mais d'autres ont disparu. Nous avons constaté, grâce à nos entretiens, que ces fluctuations se produisaient dans d'autres branches de la construction ne s'occupant pas spécialement de conception et de consultation.

Ces faits suggèrent que si les fluctuations de l'activité de construction ne sont pas dues aux caractéristiques de la diffusion des nouvelles techniques, celle-ci par contre a été fortement gênée par l'instabilité cyclique des affaires. Nous n'avons pas constaté qu'une partie du cycle d'instabilité nuirait plus qu'une autre à la diffusion des nouvelles techniques. Il faut distinguer entre les gens qui se contentent d'accomplir leur ouvrage et ceux qui s'occupent du processus de diffusion, même au cours des périodes prospères. Ceux qui travaillent beaucoup ne sont pas nécessairement ceux qui communiquent le plus.

Les spécialistes de la construction que nous avons interrogés nous ont tous dit que l'immobilisme en matière d'utilisation de nouvelles méthodes et de nouveaux matériaux était motivé par la peur du risque. Il arrive souvent que cet immobilisme s'étende à l'utilisation concomitante de nouveaux matériaux, ou encore à l'utilisation de nouveaux matériaux agencés grâce à de nouvelles méthodes. En effet, l'évaluation des méthodes et des matériaux à l'échelle pratique entraînerait des frais peu attrayants pour la firme. Les ministères et les établissements de l'État qui en ont les moyens sont mieux placés pour surmonter cette difficulté, et ils en profitent parfois pour leurs propres travaux. Bien des membres de l'industrie estiment que les programmes des organismes publics ne traitent pas suffisamment de l'évolution des techniques, et que l'État devrait y consacrer d'autres ressources financières, matérielles et techniques.

Le problème de la responsabilité civile des architectes, ingénieurs et gestionnaires est aussi fortement influencé par l'immobilisme de l'industrie de la construction. Normalement, le spécialiste est personnellement responsable, et il ne peut créer une société qui endosserait sa responsabilité. Cependant, il doit s'accommoder d'une responsabilité solidaire et indivise, alors que les entrepreneurs n'assument qu'une responsabilité limitée. Selon certains observateurs, cette conjoncture juridique a tué dans l'œuf plus d'une innovation. Cependant, il ne nous a pas été possible d'étudier cet aspect de la responsabilité civile, car il

nous restait trop peu de temps pour passer soigneusement en revue la législation pertinente.

### **Remarques complémentaires**

Dans leurs grandes lignes, les points de vue des chercheurs, architectes et ingénieurs de l'industrie de la construction étayent plus ou moins la thèse selon laquelle celle-ci n'a guère besoin qu'on invente des techniques toujours nouvelles; il lui faudrait plutôt assimiler, étendre et appliquer plus efficacement les techniques existantes. Il est clair qu'il faut améliorer les communications pour faire un meilleur usage de l'*information* déjà recueillie sur les méthodes et les matériaux. Cette tâche nécessite l'aide des instituts de recherche, et également celle des organismes publics, des entrepreneurs, des concepteurs, des universités, des instituts de technologie et de beaucoup d'autres organismes<sup>14</sup>. Il faut améliorer le processus de diffusion des nouvelles techniques par le biais des mécanismes, des organismes, des personnes, des programmes et de leur concertation. Il faudra ultérieurement développer les activités d'importance particulière pour la diffusion plus efficace de l'information (y compris la recherche), afin de rendre les rapports entre laboratoires de recherche, industrie et enseignement plus productifs.

La qualité des données introduites dans le réseau d'information de la construction, par les fabricants de matériaux et autres, détermine son efficacité. Les architectes et autres spécialistes de la conception ont mentionné un autre facteur au cours de nos entretiens, soit le recueil de données plus nombreuses dans leur branche particulière. Il faut noter que certains spécialistes de cette branche sont peu disposés à échanger librement des données techniques. D'autres estiment que l'information technique seule est insuffisante. Le concepteur a aussi besoin de données sur les aspects économiques, sociologiques, psychologiques et réglementaires de la construction. Il faut donc introduire soigneusement ces données dans le réseau d'information pour combler les lacunes qui existent, de l'avis des concepteurs.

La masse des données techniques et leur complexité gênent les recherches effectuées par le concepteur isolé. Il lui arrive d'avoir besoin d'un collègue pour trouver ce qui l'intéresse dans la masse d'information, et même pour lui traduire ou lui éclaircir les textes techniques. L'utilisation du réseau d'information est compliquée par l'amélioration des normes de sécurité, et par les restrictions d'environnement et autres imposées aux constructions, et qu'il faut concilier avec les exigences des utilisateurs.

14. Voir aussi N.B. Hutcheon, *Utility of Building Science*, op. cit.

## VI. Équipement et matériaux de construction

Nous allons examiner ici la diffusion des nouvelles techniques qui s'effectue par l'entremise de l'approvisionnement en équipement et en matériaux de construction. Les données ont été recueillies au cours de tous les entretiens, et non des seules rencontres avec les représentants des industries de fabrication et d'usinage, des firmes d'approvisionnement et des entrepreneurs.

La plus grande partie du matériel de construction utilisé au Canada a été conçu, mis au point et fabriqué à l'étranger, surtout aux États-Unis, mais aussi dans des pays comme l'Angleterre et le Japon. Par contre, les *matériaux* de construction employés ici sont extraits, exploités, œuvrés et transformés en produits finis au Canada.

### **Le matériel de construction**

Certains fabricants canadiens de matériels de construction ont quand même réussi à s'assurer un débouché intérieur. Par exemple, la plupart des niveleuses, des déneigeuses et une bonne partie du matériel de revêtement routier, des sapines, des compresseurs pneumatiques et des pompes utilisés ici, ont été construits au Canada, même s'ils sont parfois de conception étrangère. L'industrie canadienne exporte aussi d'assez notables quantités de matériels spéciaux, de niveleuses notamment, conçus et fabriqués au Canada<sup>1</sup>.

Les producteurs canadiens, au cours des dernières années, ont dû fournir les divers matériels à des prix concurrentiels. Avant la crise économique d'entre les deux guerres, une bonne partie du matériel de construction employé au Canada y était fabriqué. Pendant les années 1930, l'activité de construction en Amérique du Nord était réduite; la Seconde guerre mondiale déclencha une forte demande d'équipements de toutes sortes et de toutes dimensions; elle permit aux fabricants, usiniers et fournisseurs étatsuniens d'établir leur suprématie commerciale après la guerre. Sauf exception, les firmes canadiennes n'ont pu reprendre une place prédominante, car elles devaient aussi obtenir des économies de dimension par une production de masse, et effectuer des progrès techniques dont leurs concurrents bénéficiaient déjà. Même les exigences rigoureuses de la construction hivernale n'ont pu avantager les fabricants canadiens, car l'hiver des États septentrionaux des États-Unis ressemble à celui que nous connaissons, et beaucoup d'industriels étatsuniens y sont installés.

La fabrication du matériel de construction de grande dimension, très spécialisé et perfectionné, a causé des difficultés aux firmes canadiennes: le marché nord-américain est trop restreint pour cet équipement et, de plus, les fabricants, usiniers et fournisseurs étatsuniens monopolisent la production actuelle, en raison du développement et de la con-

1. Voir, par exemple, les remarques concernant la firme *Dominion Road Machinery Company Ltd.*, à l'Annexe G.

centration du potentiel technique aux États-Unis<sup>2</sup>. L'étroitesse relative des débouchés canadiens au sein du marché nord-américain, et sa faible importance en comparaison du Marché Commun européen, ont aussi gêné les entreprises canadiennes qui devaient produire et fournir, à prix concurrentiels, des éléments complexes, des organes mécaniques et des pièces d'équipement de construction. Parmi ces organes mécaniques, on note en particulier les transmissions et les moteurs. Il arrive cependant que certains organes soient fabriqués ici, expédiés aux États-Unis pour le montage de l'équipement, qui est renvoyé au Canada. On monte ainsi les grues automotrices; le camion est construit au Canada et la grue aux États-Unis.

La vie utile de l'équipement de construction est d'environ sept ans au Canada. Au cours de cette période, il peut changer plusieurs fois de propriétaire, pour diverses raisons; par exemple, il arrive qu'un grand entrepreneur laisse sur place le matériel utilisé sur un chantier de construction éloigné, à cause du coût et de la difficulté de son transport vers une autre région, surtout s'il s'agit d'un matériel conçu ou adapté spécialement pour utilisation dans un chantier peu accessible. Ainsi, l'entreprise ou l'organisme public chargé de l'entretien de l'ouvrage peut se procurer un matériel utile, souvent gratuitement ou à bas prix. D'autre part, les petits entrepreneurs généraux des régions urbaines achètent rarement un matériel neuf et préfèrent un matériel d'occasion ou de location.

Les entrepreneurs ne choisissent pas à la légère le matériel à acheter ou à louer. Ce choix prend du temps et nécessite des rencontres avec les constructeurs et les vendeurs, et la consultation d'autres entrepreneurs<sup>3</sup>. Le prix, et le coût de location, ne sont pas les seuls facteurs dont ces entrepreneurs tiennent compte pour l'achat de leur équipement de construction. Ils doivent, entre autres, considérer sa fiabilité, son coût d'entretien, l'aisance d'obtention des pièces de rechange, et la sécurité du conducteur. Les concepteurs bénéficient partiellement des observations pratiques de l'entrepreneur, grâce aux contacts que ce dernier entretient avec les concessionnaires et les constructeurs. Il n'est cependant guère possible d'évaluer l'efficacité réelle de ce courant inverse d'idées.

En construction, on préfère perfectionner les anciens matériels. Dans le cas de l'équipement automoteur, le perfectionnement résulte des

2. Par contre, les constructeurs canadiens de gros équipement forestier, spécialisé et perfectionné, ont subi une moindre concurrence de la part des constructeurs étrangers. Il semble que cette heureuse conjoncture soit due à la spécialisation du matériel forestier utilisé en Colombie-Britannique; au contraire, presque tout le matériel spécial de construction fabriqué aux États-Unis peut être utilisé partout en Amérique du Nord. En second lieu, les constructeurs canadiens d'équipement forestier ont pu garder l'avance sur leurs concurrents étrangers.

3. Les concessionnaires en matériel de construction doivent faire preuve de connaissances techniques et d'expérience avant d'obtenir leur concession. Mais ils peuvent s'appuyer sur le potentiel technique et l'expérience des constructeurs qu'ils représentent, que ces derniers soient aux États-Unis, au Canada ou ailleurs.

progrès réalisés par l'industrie des véhicules et par celle du matériel porté. Le perfectionnement des modèles se fait chaque année, gênant parfois l'obtention des pièces de rechange à la fin d'une série. Cependant, la vie utile relativement courte de l'équipement utilisé en construction, en comparaison de celle qui est la sienne dans des travaux d'entretien, fait que l'éphémérisation technique ne pose pas de grand problème.

L'imposition de normes officielles de sécurité, de conception et d'emploi de l'équipement de construction peut causer des difficultés plus sérieuses, surtout si elles s'appliquent rétroactivement au matériel utilisé ou au matériel neuf, et que les délais soient insuffisants. Cette situation est rendue encore plus compliquée si ces normes ne sont pas appliquées partout au Canada et dans les États frontaliers des États-Unis. Dans ce cas, on se débarrasse du matériel non réglementaire en l'envoyant vers les États ou les provinces où les normes ne sont pas en vigueur, à condition que les coûts de transport, ou autres, ne soient pas trop élevés. L'imposition d'une charge d'essieu maximale pour les véhicules utilisant les diverses catégories de routes et de ponts dans les provinces canadiennes et les États américains constitue un obstacle de plus en plus gênant pour les constructeurs désirant fabriquer des équipements plus grands et plus efficaces. Ces restrictions ne sont raisonnables que si elles ne diffèrent guère de celles imposées dans les provinces voisines.

L'administration fédérale se rend compte que les entrepreneurs canadiens ont besoin d'un équipement perfectionné et efficace, mais que les constructeurs locaux ont un potentiel technique insuffisant. Le ministère de l'Industrie et du Commerce est chargé d'encourager la fabrication du matériel de construction et autre au Canada, et son utilisation efficace. Il met en œuvre le Programme des machines (programme MACH), qui permet de rembourser aux firmes importatrices les droits de douane qu'elles ont payés en vertu de l'article 42700-1 du Tarif douanier; elles peuvent ainsi acquérir, à un prix intéressant, un matériel non disponible au Canada<sup>4</sup>. Ce programme est aussi valable, en partie, pour la location de matériel et, à cette fin, le ministère du Revenu National, après consultation de l'Association canadienne de la construction, a compilé un barème douanier spécial. Le programme vise, en outre, à encourager et à soutenir les constructeurs canadiens de matériel en leur accordant une protection douanière dès qu'ils peuvent alimenter le marché intérieur. Bien entendu, les filiales canadiennes des sociétés étrangères qui fabriquent au Canada sont incluses dans la catégorie des « fabricants canadiens de machines ».

### **Les matériaux**

Comme nous l'avons indiqué précédemment, les conditions de la construction et de la fourniture d'équipement diffèrent de celles qui entourent

4. L'article 42000-1 du barème douanier s'applique à des machines très diverses, y compris les machines d'usage général, les machines d'usinage du métal et de travail du bois, l'équipement de manutention, diverses machines spéciales employées dans l'industrie des pâtes et papiers et dans celles des plastiques, et le matériel de construction.

l'approvisionnement en matériaux de construction. La fourniture en vrac de ces matériaux, par les producteurs locaux, leur assure l'avantage de coûts plus faibles. Par exemple, les entrepreneurs se procurent les granulats (*aggregates*) dans des carrières situés aux alentours du chantier où ils construisent, pour éviter des frais élevés de transport à distance plus grande. D'autre part, les entreprises canadiennes ont su maintenir leur compétence technique et conserver leurs débouchés, parfois dans tout le pays, comme les fabricants de contreplaqués de la Colombie-Britannique et les usines d'explosifs du Québec.

Il existe des firmes de natures et de tailles très diverses qui fabriquent, œuvrent, et fournissent des matériaux de construction au Canada. Quelques-unes approvisionnent efficacement les marchés locaux, tant sur le plan technique que commercial. D'autres entreprises, plus grandes, approvisionnent les marchés régionaux ou tout le pays. Les plus grandes firmes bénéficient normalement de certains avantages, par exemple:

- avant et après les appels d'offres, elles peuvent offrir des services de renseignements techniques et de soutien aux entrepreneurs-soumissionnaires;

- si elles sont affiliées à des sociétés étrangères, elles bénéficient de leur expérience; de même, si elles ont une activité à l'étranger, leurs spécialistes peuvent y acquérir une expérience complémentaire;

- elles peuvent réaliser des programmes de R & D et d'essais plus complets et de plus d'envergure;

- si leur production est diversifiée, certaines de leurs divisions, celle des produits chimiques, par exemple, peuvent faire progresser les techniques de construction, même si ce domaine ne constitue pas leur principal débouché; et

- elles peuvent plus aisément faire face aux fluctuations de l'activité de construction, comme cela s'est produit au cours des dernières années.

D'un autre côté, toute petite firme qui retire de solides profits de la vente de produits courants pourrait fournir bien des services offerts par les plus grandes sociétés.

Le prix unitaire est souvent l'élément le plus important pris en considération par le rédacteur d'un cahier des charges ou l'acheteur de matériaux, contrairement à ce qui se produit pour l'équipement. En pratique, ce sont les fabricants, façonneurs et fournisseurs de matériaux offrant des produits de bonne qualité, à prix intéressant, tout en procurant d'autres services, comme la livraison, qui font ordinairement le plus d'affaires. Les fournisseurs vendant simplement un produit de bonne qualité, mais ni moins cher ni plus efficace que d'autres, ne pourront conserver longtemps leurs débouchés. Cependant, il est d'autres moyens que d'acheter ces matériaux à prix intéressant pour faire des économies. L'emploi d'un nouveau matériau peut réduire le coût d'entretien de l'ouvrage.

La pénétration du marché étatsunien semble être l'une des étapes cruciales de la réussite commerciale des matériaux de construction fabriqués au Canada. Pour conquérir ce marché, le produit doit satisfaire

aux normes, aux codes et aux autres exigences de l'Administration fédérale et des divers États, et ne doit pas entraîner de frais de transport trop élevés. La qualité de fournisseur attiré de firmes ou d'organismes publics étatsuniens aide également à la conquête du marché des É.-U. Il faut cependant noter que cette qualité nécessite la fabrication aux É.-U. d'une partie ou de la totalité des produits fournis.

Il reste encore à déterminer si le constructeur réalise plus de bénéfices en utilisant des matériaux bon marché, dont le prix augmente moins rapidement que le coût de la main-d'œuvre et des autres charges de la construction d'une maison ou d'un immeuble locatif. Si les économies réalisées par l'emploi de ces matériaux sont trop faibles, l'innovation à leur propos ne sera guère encouragée. On peut soutenir qu'il y a maintenant une trop grande diversité de matériaux pour le *bâtiment*, qu'on cherche à les démoder trop rapidement, et qu'on gaspille, à des fins plus décoratives que structurales, l'acier et les autres métaux, le béton, le bois et les plastiques.

Le ministère de l'Industrie et du Commerce est l'organisme fédéral qui a la charge principale d'encourager l'emploi des matériaux de construction fabriqués au Canada, tant dans le pays qu'à l'étranger. Au palier provincial, les ministères de l'Industrie et du Commerce, ou leurs équivalents, favorisent l'utilisation des matériaux courants de fabrication locale, et encouragent la fabrication de nouveaux produits lorsqu'ils paraissent rentables.

Tous ces ministères, et quelques autres, désirent vivement que la diffusion de la technologie des matériaux de construction au sein de l'industrie se réalise efficacement. L'Administration fédérale a mis en œuvre un certain nombre de programmes pour encourager la R & D en matière de matériaux, et pour faciliter la diffusion des techniques correspondantes. Nous avons parlé de ces programmes dans les chapitres IV et V. Au Manitoba, où l'on doit se procurer près des trois quarts des matériaux et des fournitures de construction à l'extérieur, le gouvernement provincial a chargé des comités spéciaux d'analyser la situation.

Malgré l'aide de l'État et un succès commercial dû aux avantages de coût et d'aisance d'emploi des nouveaux matériaux, les fabricants, les firmes de façonnage, les fournisseurs et les associations formulent certaines critiques. Selon eux, les administrations fédérale et provinciales n'utilisent pas leur pouvoir d'achat pour encourager le progrès technique de la fabrication des matériaux, et l'utilisation de leurs avantages par le bureau d'étude, les travaux de construction et ceux d'entretien. De nombreux critiques soulignent l'absence de soutien de l'État aux progrès de la construction industrialisée<sup>5</sup>.

Pour terminer, voici quelques mécanismes de diffusion des nouvelles techniques en matière de matériaux de construction:

– Les progrès techniques et l'évolution de l'industrie ont été favorisés par la concurrence existant entre les producteurs des trois principaux maté-

5. L'Annexe J expose plus en détail les méthodes de la construction industrialisée.

riaux de construction (acier, béton et bois); cette concurrence est bien vue des associations nationales et autres promoteurs de ces matériaux, et aussi des ingénieurs-conseils;

- un quatrième matériau de construction, le plastique, est de plus en plus utilisé dans les éléments non porteurs depuis vingt ans; cette croissance a cependant été gênée par l'absence d'une association nationale qui encouragerait la recherche sur les matériaux plastiques, et qui ferait mieux connaître leurs possibilités d'emploi en construction (comme le CISC, l'ACP et le CCB le font maintenant pour les trois autres matériaux)<sup>6</sup>;
- les progrès des branches autres que celle des matériaux, par exemple, de la chimie des plastiques et des adhésifs, et de la mécanique de l'ancrage des éléments, peuvent accroître notablement l'éventail des productions et multiplier les choix accessibles aux maîtres d'ouvrage, architectes et ingénieurs;
- les récents événements en matière d'énergie, tout comme l'évolution du mode de vie et des critères de qualité de la construction, entraîneront d'importantes modifications des caractéristiques des matériaux employés dans le bâtiment;
- la mode est un facteur d'importance pour le choix des matériaux; les architectes, tout comme les maîtres d'ouvrage et d'autres peuvent l'orienter; notons que l'influence des États-Unis sur le style de construction au Canada est très marquée;
- les fabricants, les firmes de façonnage et les fournisseurs ne désirent pas commercialiser un nouveau matériau, s'ils prévoient des réactions défavorables de leurs clients;
- c'est le propriétaire d'un bâtiment ou d'une installation, ou son représentant, qui a généralement le dernier mot en matière de choix des matériaux; mais d'autres facteurs entrent en ligne de compte: il peut être mal vu des citoyens, par exemple, d'ériger une ossature de béton dans une « ville de la sidérurgie »;
- la multiplicité des entrepreneurs et la concurrence acharnée entre les consultants gênent l'innovation à propos de matériaux de construction et les progrès techniques;
- et enfin, les entrepreneurs travaillant dans les régions situées à l'extérieur du couloir urbanisé Québec-Windsor doivent acquitter des frais d'appels interurbains pour demander des renseignements techniques aux fabricants, usines de façonnage et fournisseurs.

Concluons brièvement ce chapitre en soulignant la faiblesse de l'effort canadien en fabrication d'équipement de construction. Les fabricants canadiens n'ont guère l'occasion de bénéficier de la diffusion des nouvelles techniques et méthodes de production, hors de leur domaine de spécialisation. Il semble peu probable que la situation puisse s'améliorer dans un avenir proche. Par contre, la diffusion des nouvelles techniques et l'activité productrice dans la branche des matériaux et des

6. Cependant, les progrès des matériaux plastiques se ralentiront encore à l'avenir, à cause des problèmes d'approvisionnement et de leur comportement en cas d'incendie.

éléments de construction ont atteint un haut niveau, et ne diminueront pas notablement, sauf si la conjoncture s'assombrissait considérablement. Il faut que les maîtres d'ouvrage, les fournisseurs, les architectes, les entrepreneurs et les autres intéressés n'ayant pas de contacts avec la construction de l'équipement et la fabrication des matériaux, puissent se procurer l'information technique utile, quelle que soit sa provenance.

## VII. Quelques exemples de diffusion des nouvelles techniques

Le présent chapitre est constitué en grande partie par une série de remarques illustrant les mécanismes pratiques de diffusion des nouvelles techniques vers le secteur de la construction, et en son sein. Ces remarques portent sur des sujets très divers, et se fondent sur les renseignements recueillis au cours des entrevues. Elles attireront l'attention sur certains obstacles et stimulants à la diffusion de nouvelles techniques.

Dans ce chapitre figurent aussi quelques exemples de circonstances et de facteurs qui ont influencé l'élaboration et la diffusion des techniques employées par le secteur canadien de la construction. L'Annexe J contient un historique et un exposé des faits servant de fondement à l'analyse de ces facteurs.

### **Codes et normes**

L'industrie, les organismes publics, les universités et des particuliers prennent part à l'élaboration des codes, à la rédaction des normes et à leur mise en œuvre dans l'industrie canadienne de la construction. Aux yeux du profane, ce domaine paraît très complexe à cause de son évolution, de sa nature technique, des conflits de compétence, etc. Il a l'aspect d'un maquis technique et juridique. C'est pourquoi nous avons tracé une perspective générale des opinions à l'égard de la situation actuelle et future des codes du bâtiment et des ouvrages de génie civil, et des problèmes qu'ils soulèvent. L'Annexe H donne quelques renseignements complémentaires sur les Codes nationaux du bâtiment et de prévention des incendies, et sur le développement et les travaux de l'Association canadienne de normalisation, de l'Office des normes du gouvernement canadien et du Conseil canadien des normes<sup>1</sup>.

Les divers entretiens préliminaires ont montré l'unanimité des intéressés en faveur d'une application généralisée du Code national du bâtiment, du Code de prévention des incendies, du Code de l'électricité, du Code de la soudure, et d'autres codes réglementant certains aspects de la construction. Cette faveur s'est exprimée avec quelques réserves, à savoir que les codes devraient tenir compte de la diversité climatique et physique des régions, et de la nature de leurs ressources, ce qui, selon certains, n'est pas encore le cas. De plus, on a souligné la nécessité d'actualiser les codes au point de vue technique, et d'en remettre l'application et l'administration aux organismes provinciaux, comme c'est le cas actuellement pour le Code de l'électricité, plutôt qu'aux municipalités.

Les critiques ont surtout porté sur le Code national du bâtiment, que certains estiment impossible à appliquer équitablement; ce fait constituerait une entrave la diffusion des nouvelles techniques dans le secteur de la construction. Le Code du bâtiment apparaît comme une série minimale de normes qui n'obligent pas à fabriquer des produits de qualité; celle-ci doit être améliorée par l'action des autorités chargées de

1. L'étude des normes et des codes canadiens a été entreprise par le Dr Robert F. Legget, pour le compte du Conseil économique du Canada et du Conseil des sciences du Canada. Le rapport de M. Legget a été publié par Information Canada sous le titre *Normes au Canada*, Ottawa, 1972.

l'application du Code, en fonction de leurs besoins particuliers. On a soutenu que le Code, qu'il soit appliqué par les municipalités, ou éventuellement par des organismes provinciaux, constitue un parapluie protégeant les bureaux d'étude paresseux ou incompetents.

La mise en œuvre du Code national du bâtiment n'est guère uniforme. Comme le gouvernement fédéral considère que son utilisation est facultative, elle dépend de l'initiative provinciale. À l'époque de nos entretiens, nos interlocuteurs estimaient que l'utilisation du Code deviendrait obligatoire, et qu'il serait appliqué uniformément dans chaque province. En fait, plusieurs versions provinciales pourraient ultérieurement coexister, le Code national en formant l'élément principal. Pour l'instant, les municipalités sont toujours responsables de sa mise en œuvre.

Les dangers d'incendie, les défauts des installations électriques et des bâtiments, et les considérations sanitaires sont les principaux facteurs motivant l'adoption d'un Code en matière de *bâtiment*. Nombre de personnes estiment que les codes devraient être plus sévères, qu'ils devraient accorder plus d'importance au contrôle et à l'encouragement de la qualité, et aussi empêcher l'endommagement inutile du milieu environnant. D'autres souhaitent que les codes restent assez souples pour incorporer rapidement les nouvelles techniques. En d'autres mots, ce qu'une personne attend des codes et des normes peut être en contradiction avec ce qu'en attend une autre.

La branche du génie civil n'est pas assujettie aux mêmes codes et normes de sécurité et de construction que celle du bâtiment. Certains groupes de normes s'appliquent à l'échelle de la province; c'est le cas, par exemple, pour les techniques et la construction routières. D'autres normes sont utilisées dans tout le Canada et visent les aménagements, tels les aéroports et les ports, dont l'étude revient à l'administration fédérale. Il existe une série de normes publiée par l'Association canadienne de normalisation, qui concernent à la fois le bâtiment et le génie civil.

La création, en 1970, du Conseil canadien des normes sous forme d'une société de la Couronne, a offert une tribune pour débattre, étudier et remanier le texte et l'application des normes au Canada. Les membres du Conseil sont nombreux et proviennent de secteurs très divers, mais peu avaient une expérience valable des travaux de normalisation. Le personnel du Conseil est compétent, mais encore restreint. Le Conseil ne rédige pas de normes; il agréé les organismes de rédaction de normes, homologue certaines, qui deviennent ainsi nationales, identifie et évalue les besoins de nouvelles normes. Il encourage la coopération entre les organismes canadiens œuvrant à la normalisation facultative, ainsi qu'avec les ministères et établissements de l'État, et il assume des responsabilités, tant sur le plan national qu'international. Il est aussi chargé de coordonner l'introduction du Système international d'unités dans l'industrie canadienne<sup>2</sup>. Son budget a atteint environ 500 000 \$ pour l'exercice

2. C'est la Commission du système métrique qui est chargée de préparer la conversion du Canada au SI. Voir p. 77.

financier 1972-1973; le Conseil canadien des normes peut donc jouer un rôle déterminant dans la diffusion des nouvelles techniques au sein de l'industrie canadienne de la construction. Il est apparu clairement, au cours de nos entretiens, que nos interlocuteurs différaient d'opinion au sujet de l'efficacité future du Conseil, étant donné les moyens dont il disposait à l'époque et sa réserve à l'égard du public.

Nos entretiens ont aussi mis en lumière une série de problèmes posés par les codes et les normes; ils nécessitent une étude détaillée, et ont une importance considérable pour l'amélioration de la diffusion des nouvelles techniques. Voici quelques mesures indispensables:

- il faudrait évaluer l'incidence économique qui résulterait du maintien de la diversité actuelle des codes et des normes concernant les plans, les méthodes, les matériaux et l'équipement de construction;
- il faudrait étudier comment accélérer la rédaction de nouvelles normes, et supprimer les contradictions entre les différents codes ou à l'intérieur d'un même code;
- il faudrait élaborer des normes efficaces et pratiques, des garanties et d'autres mesures assurant un bon comportement des constructions et de leurs éléments.

Nos interlocuteurs estiment unanimement qu'il devrait exister un seul ouvrage de référence, qui renfermerait les renseignements sur *tous* les codes et *toutes* les normes concernant les branches du bâtiment et du génie civil. Il ne semble pas que beaucoup d'intéressés connaissent l'existence d'un tel ouvrage en matière de bâtiment<sup>3</sup>.

### **Inspections et essais**

Deux problèmes ont été cités fréquemment au cours de nos entretiens; ce sont: le manque d'uniformité et de technicité des inspections exigées par les divers codes et la pénurie d'installations techniques, pour les réalisations des essais et l'homologation des matériaux dans certaines régions du pays. Nos interlocuteurs leur ont attribué un certain freinage de la diffusion des techniques nouvelles et des innovations.

Ce sont les municipalités qui ont la charge de l'inspection des bâtiments et elles pourraient continuer à l'assumer même après l'entrée en vigueur d'un Code provincial. Il y a plus de 4 000 municipalités dans tout le Canada, et cette multiplicité illustre l'ampleur du double problème d'une inspection uniforme et compétente. Par contre, c'est le secteur privé qui est le principal responsable des essais et de l'homologation. Il faut que ceux qui effectuent ces essais soient persuadés que leurs efforts en valent la peine.

Jusqu'à présent, en pratique, ce sont des inspecteurs compétents qui ont effectué des inspections uniformes des bâtiments dans les villes,

3. Le Building Standards Index a été publié en octobre 1969 par la Commission des normes du gouvernement canadien. Une seconde version doit être publiée fin 1974. Le premier index avait été compilé par M. Isadore Kalin, de la Direction des matériaux du Ministère de l'Industrie et du Commerce. Le second est compilé sous contrat du Ministère.

grandes et moyennes, des diverses régions administratives. Mais les techniques de construction deviennent de plus en plus complexes, en particulier dans le cas des édifices-tours; les responsabilités et les qualifications exigées des inspecteurs ont donc augmenté surtout dans les grandes villes. Les petites villes et les régions rurales présentent d'autres problèmes: s'il n'existe pas de réglementation du bâtiment, le contrôle de la construction est pratiquement absent; d'autre part, le personnel engagé n'est pas de premier ordre, à cause de la difficulté de recruter des inspecteurs compétents. Par contre, dans ces endroits, l'évolution technique s'est produite beaucoup plus lentement qu'en ville, et on n'y a pas construit d'édifice-tour, de sorte que les charges des inspecteurs ont été beaucoup moins lourdes.

Il existe bien des laboratoires d'essais au Canada: par exemple, les *Underwriters' Laboratories of Canada* à Scarborough (Ont.). Certains membres de la *Canadian Testing Association*<sup>4</sup> disposent des installations nécessaires pour effectuer des essais sur les matériaux de construction, et il existe d'autres laboratoires privés dont l'équipement permet certains types d'essais. Les laboratoires de l'Association canadienne de normalisation s'occupent en général de mettre au point des méthodes d'essai et d'agréer les fabricants; ils ne font pas d'essais suivis. Certains ministères fédéraux ou provinciaux disposent aussi de laboratoires qui ont la possibilité, mais pas nécessairement la charge, d'effectuer des essais sur des matériaux de construction. Par contre, les conseils de recherches provinciaux sont chargés de faire sous contrat des essais sur les matériaux, et ils disposent habituellement des moyens nécessaires.

L'amélioration de l'inspection des bâtiments dans l'ensemble du pays est une décision d'ordre politique, qui relève des provinces et des municipalités. De même, l'extension des installations d'essai et d'homologation est une décision politique jusqu'à un certain point, mais elle relève de l'administration fédérale, en plus des deux autres paliers. Certains de nos interlocuteurs ont cependant déclaré que le Conseil national de recherches, la Société centrale d'hypothèques et de logement ou le Conseil des normes du Canada devraient étudier en profondeur le double problème des inspections et des essais.

### **Conversion au Système international d'unités**

Il revient au Conseil des normes du Canada d'assurer la coordination de la conversion de notre industrie au Système international d'unités (SI), mais son rôle en matière de préparatifs à l'échelle nationale est limité. C'est la Commission du système métrique, créée en juin 1971 et active six mois plus tard, qui joue le rôle moteur à ce propos. L'Association canadienne de normalisation et les associations techniques et commerciales de l'industrie de la construction s'intéressent activement aux problèmes de la conversion au SI.

4. Voir, par exemple, la cinquième édition du *Directory of the Canadian Testing Association*, publié en 1971 par l'Association, 20 Carlton Street, Toronto (Ont.).

Peu de nos interlocuteurs connaissaient la Commission du système métrique au moment de notre enquête, mais nombre d'entre eux étaient favorables à la conversion. Certains estimaient qu'elle simplifierait les travaux des bureaux d'étude. Voici quelques remarques de ces interlocuteurs; cette conversion au SI permettrait de:

- normaliser une fois pour toutes les dimensions et assurer la coordination, et répandre les méthodes modulaires de construction;
- aplanir facilement les différences entre les normes de sécurité et de qualité canadiennes et étrangères;
- simplifier les travaux du bureau d'étude;
- faciliter la diffusion des nouvelles techniques entre les pays qui emploient déjà le SI, et le Canada.

La conversion au SI doit s'accélérer au cours des prochaines années, et devrait être presque achevée vers 1980.

### **Devis et contrats**

Le mode de rédaction des contrats et des devis descriptifs influence notablement la diffusion des innovations et des nouvelles techniques au sein de l'industrie de la construction. Mais il est malaisé de découvrir des méthodes de rédaction des contrats et des devis descriptifs, dont les stipulations encourageraient cette diffusion.

La difficulté provient peut-être de la diversité des moyens permettant de réaliser de nombreux travaux en construction. On peut employer des matériaux différents pour le même bâtiment; des techniques et des matériaux nouveaux apparaissent régulièrement. Les rédacteurs de contrats et de devis descriptifs doivent opter, soit pour des documents très détaillés et impératifs, afin de réduire les possibilités de conflits ou de contestations entre les intéressés, soit pour des documents rédigés en termes généraux, ne visant que le résultat, et laissant toute latitude d'innovation à l'entrepreneur et à ses sous-traitants. Les rédacteurs ont tendance à répéter des prescriptions techniques réussies, même quand elles n'assurent plus le meilleur emploi des matériaux et l'utilisation efficace des méthodes de construction. Les entrepreneurs, de leur côté, se méfient des techniques et des matériaux nouveaux pour eux.

Les rédacteurs de ces documents ont besoin de disposer de moyens permettant de stocker, trier et saisir les données techniques et autres (par l'informatique, le plus tôt possible). Il existe déjà une présentation normalisée pour les différentes sortes de contrats et de devis descriptifs. On peut se procurer un document (Uniform Construction Index)<sup>5</sup> permettant de coordonner les communications entre les entreprises de construction nord-américaines.

L'adjudication des contrats au moindre enchérisseur a fait l'objet de certaines critiques, car ce dernier, quelle que soit sa compétence en matière de construction, ne disposera peut-être pas de fonds pour accomplir des essais techniques avant ou pendant les travaux. L'adjudication

5. Publié par le Construction Specifications Institute, Washington, D.C., 1972.

de contrats aux soumissions plus élevées d'entrepreneurs dont la compétence technique est reconnue a aussi suscité des critiques, car elle peut être dispendieuse. La compétence technique des entrepreneurs n'est pas nécessairement synonyme de stabilité financière.

La teneur des contrats et des devis descriptifs dépend largement des désirs du maître de l'ouvrage (le propriétaire du bâtiment ou de l'installation), des règlements et des restrictions en vigueur, du genre de financement disponible, de l'échéancier des travaux, etc. Il faudrait élargir les connaissances techniques des maîtres d'ouvrage, des experts-conseils, des entrepreneurs et des rédacteurs de devis descriptifs.

Nos entretiens ont clairement montré que l'art de rédiger les devis descriptifs est encore à la phase de développement au Canada, d'une part à cause de l'introduction de nouvelles techniques et des techniques de métrage utilisées en Europe et, d'autre part, du fait des activités de la *Specification Writers Association*. Ce développement va continuer, car il n'existe pas de méthode de rédaction de contrats garantissant l'utilisation optimale des connaissances techniques dans des travaux particuliers.

On étudie actuellement la possibilité d'élaborer et d'utiliser une formule-type de cahier des charges du secteur fédéral. Cette formule découlerait de celles qui ont été élaborées par les ministères des Travaux publics et des Transports pour leur propre utilisation. En cas de succès, la démarche suivante consisterait logiquement à étudier comment modifier et étendre ce cahier-type des charges du secteur fédéral pour en faire, avec la collaboration de l'industrie, un cahier-type des charges pour tout le Canada.

### **Protection contre les incendies**

À première vue, il semble qu'on ait pris des mesures efficaces pour assurer la protection des bâtiments contre les incendies. Il existe des Codes nationaux du bâtiment et de prévention des incendies; des recherches sur les incendies sont menées au Conseil national de recherches, dans les *Underwriters' Laboratories* et, à plus petite échelle, dans d'autres laboratoires. Les administrations fédérale et provinciales ont leur Commissaire aux incendies, disposant d'un personnel technique qualifié. Les données techniques devraient circuler rapidement entre les différents organismes qui s'occupent de protection contre l'incendie.

Mais en pratique la situation laisse quelque peu à désirer; par exemple:

- l'étude du dispositif de protection contre les incendies se fait généralement en dernier lieu, lorsque tous les autres services et les canalisations sont en place; il y a peu de chances pour que des procédés nouveaux et mieux adaptés soient mis en œuvre;
- l'agrément des dispositifs de prévention des incendies, et de lutte contre celles-ci, n'est pas toujours à la charge d'un fonctionnaire expérimenté;
- par le passé, les compagnies d'assurances se sont surtout intéressées à

l'évaluation des risques d'incendie dans les bâtiments, et se sont moins préoccupées des dangers pour les occupants; les techniques de sauvetage ne se sont donc développées que lentement;

– les méthodes de construction évoluent sans cesse, et la prolifération des matériaux plastiques multiplie les risques d'incendie, telle l'émission de fumées toxiques ou nauséabondes à haute température;

– la fumée représente souvent un plus grand danger pour les habitants des édifices-tours que le feu lui-même; cependant, on n'a guère poussé les recherches sur la fumée d'incendie;

– la recherche sur l'incendie est difficile et coûteuse, car elle nécessite plus souvent des essais à grandeur naturelle que sur des maquettes moins coûteuses;

– les installations de recherche sur les incendies au Canada sont déjà utilisées à pleine capacité;

– et s'il y a toujours eu abondance relative de pompiers au Canada, il y a eu aussi pénurie d'ingénieurs spécialisés en protection contre les incendies.

Les ingénieurs spécialisés en protection contre les incendies pratiquent leur métier presque exclusivement au Québec et en Ontario. Ils entretiennent d'étroites relations avec leurs collègues aux États-Unis, et avec la *Fire Protection Association* de Boston. La création, il y a quelques années, de la *Canadian Fire Safety Association* montre leurs préoccupations à l'égard de la situation de leur profession au Canada. Cette Association s'est fixé comme objectif de multiplier les colloques et les rencontres d'ingénieurs et de techniciens des secteurs privé et public, s'occupant de sécurité et de protection contre l'incendie, en vue d'approfondir leurs connaissances. Elle entend aussi encourager la mise sur pied de cours professionnels et techniques dans les universités et les collèges. Jusqu'à maintenant, les universités n'ont accordé que peu d'intérêt aux techniques de protection contre les incendies des bâtiments.

### **Les spécialistes canadiens de la construction ne publient guère**

En dépit de son envergure, l'industrie de la construction ne publie que relativement peu d'articles techniques. Rares sont les ingénieurs et les architectes, qu'ils soient consultants, ou qu'ils travaillent pour des entrepreneurs ou des fournisseurs, et encore plus rares les techniciens, qui mettent la main à la plume. Les exceptions à la règle sont les rédacteurs qui écrivent dans les revues spécialisées, les chercheurs, et ceux qui rédigent la documentation publiée par les associations techniques et les firmes individuelles. Cette pénurie d'articles techniques gêne la diffusion des nouvelles techniques entre les diverses branches de l'industrie. Outre les écrits techniques, de nombreuses données restent consignées dans les dossiers, et les spécialistes gardent leur expérience pour eux-mêmes, sans la transmettre aux intéressés en général.

On doit dire, à la décharge de l'industrie de la construction, que la mobilité de ses techniciens est assez grande, bien plus que dans l'industrie de fabrication, où les techniciens conservent plus longtemps leur

emploi. Par ailleurs, la rédaction de documents techniques est souvent une entreprise coûteuse en temps et en argent, que les petites entreprises de construction ne peuvent guère se permettre. Les fabricants de matériaux et d'équipement, par contre, publient beaucoup plus, car ils doivent, entre autres choses, faire la publicité de leurs produits et assurer un service après-vente. Les consultants, eux, obtiennent leurs honoraires pour les rapports qu'ils ont rédigés.

Il faut mentionner quelques facteurs influençant la publication d'articles techniques en construction:

– les entrepreneurs généraux en bâtiment confient à des sous-traitants jusqu'à 90 pour cent des travaux de construction, alors que les entreprises de génie civil n'en confient que 25 pour cent au plus; aussi, l'entrepreneur général en bâtiment a-t-il moins besoin de se tenir au courant des nouvelles techniques;

– seule une faible part des nouvelles techniques de construction non particulières au Canada est d'origine canadienne; il nous est donc nécessaire d'accéder à la documentation étrangère, et plus particulièrement étatsunienne;

– il faut distinguer la diffusion des techniques de l'injection de savoir-faire technique; en effet, il n'est pas suffisant de connaître quelque chose, il faut aussi savoir traduire cette connaissance dans la pratique;

– deux facteurs, au moins, si l'on excepte le manque de temps, empêchent de mettre à profit l'information technique. En premier lieu, les intéressés ne voient peut-être pas son utilité, et leur curiosité n'est pas éveillée suffisamment pour qu'ils en prennent connaissance. Deuxièmement, il se peut que leur formation personnelle ne leur permette pas de comprendre et d'assimiler le sujet traité.

Il ne faut pas oublier que les données techniques complexes, publiées à l'intention des chercheurs et des consultants, doivent être rédigées sous une forme moins complexe à l'intention des entrepreneurs. L'État devrait s'occuper de ce genre de vulgarisation, et en assumer une partie des coûts. L'État et les associations devraient favoriser la mise sur pied de cours de formation pour les travailleurs de la construction, les inspecteurs et les autres personnes directement intéressées aux nouvelles techniques.

### **Comment tirer profit des cas étudiés**

Les douze cas examinés à l'Annexe J relèvent des domaines suivants:

Explosifs	Panneaux de copeaux et de particules de bois
Génie antiséismique	Niveleuses
Produits d'étanchéité des aires de stationnement et des pistes d'aéroport	Bétonnières automotrices
Fils et câbles électriques	Coffrages coulissants
Placoplâtre	Bétons précontraints
Contreplaqués	Construction industrialisée

Nous avons classé les différents enseignements tirés de l'étude de

ces cas en paragraphes numérotés qui se réfèrent à un ou plusieurs des douze cas, mais en omettent l'argumentation. Comme ces douze cas ne couvrent pas toutes les éventualités, les enseignements tirés sont incomplets. Ils mettent néanmoins en évidence quelques facteurs importants qui ont jusqu'ici favorisé l'évolution technique, et l'innovation, et qui continueront probablement à agir.

### *1° Hypothèse générale*

L'étude des cas étaye l'opinion selon laquelle la plupart des innovations et des changements techniques en construction sont de nature évolutive, mais que, de temps à autre, il se produit une mutation technique. Elle montre que cette évolution et ces mutations sont différentes sur les plans technique et historique, et à d'autres égards, et qu'une série de facteurs joue un rôle dans chaque mutation technique et à chaque étape de l'évolution.

### *2° Changements politiques, économiques et sociaux*

Depuis le début du XX<sup>e</sup> siècle, ce sont les deux guerres mondiales qui ont provoqué le plus de progrès dans les techniques de construction. La construction industrialisée, par exemple, connut un essor au moment de la Première guerre mondiale, mais retomba dans un oubli relatif lorsqu'il fut remédié à la pénurie de logements et de main-d'œuvre qualifiée. Elle reprit de plus belle lors de la Seconde guerre mondiale, et par la suite. À la même époque, on lança des techniques particulières, telles l'utilisation du placoplâtre (*drywall*), qui se développa aux dépens des techniques habituelles de plâtrage de lattis. Après la Seconde guerre mondiale, l'intense activité de construction entraîna des changements rapides dans la technologie du matériel de construction (par exemple, dans la conception des bétonnières automotrices). La crise économique de 1929 a, par contre, nui aux progrès techniques, dont bien peu furent réalisés en Amérique au cours de la décennie qui suivit.

### *3° Développement économique général*

Aux États-Unis, les techniques de construction sont devenues de plus en plus complexes, parallèlement au développement économique à long terme de ce pays. Ce parallélisme est aussi évident au Canada, d'autant que l'influence étatsunienne s'y fait sentir fortement. Les techniques des explosifs, du béton précontraint, des coffrages coulissants et de la construction industrialisée illustrent bien cet état de fait.

### *4° L'Europe et les États-Unis à la pointe du progrès*

L'historique de la construction au Canada regorge d'exemples de notre attitude d'imitateurs en matière de mise au point et d'utilisation des nouvelles techniques de construction. Les études des cas concernant le béton précontraint et la construction industrialisée des ossatures en béton montrent que ces deux innovations sont d'origine européenne, et qu'elles sont parvenues ultérieurement au Canada. Les firmes étatsuniennes, par contre, ont été les premières à employer le placoplâtre et l'équipement automoteur de chantier.

Mais le rôle du Canada n'a pas été insignifiant, en particulier dans l'amélioration et la modification des nouvelles techniques. En ce qui

concerne le matériel de chantier, au moins une firme canadienne s'est tenue à la tête de la technique (celle des niveleuses), et a conservé ses débouchés. Les entreprises canadiennes ont aussi contribué à la mise au point de matériaux de construction ligneux et des techniques de construction industrialisée utilisant le bois. De plus, les ingénieurs canadiens ont été les premiers, en Amérique du Nord, à employer une combinaison de béton précontraint et de coffrages coulissants pour la construction d'une centrale nucléaire, à Gentilly, Qué.

#### *5° Progrès techniques dans les industries hors de la construction*

Les autres industries ont été une source abondante de nouvelles techniques de construction, et ont participé largement à leur diffusion; par exemple, la mise au point de colles insolubles a permis une plus grande utilisation du contreplaqué; l'acier à haute résistance a fait du béton précontraint une réalité; la possibilité de choisir entre l'acier, le béton et le bois pour certaines applications a encouragé le développement technique concernant ces trois matériaux; la construction industrialisée a emprunté de nombreuses techniques à l'industrie de fabrication; grâce aux moteurs diesel et à essence, les bétonnières et les niveleuses sont devenues des engins automoteurs<sup>6</sup>.

#### *6° Progrès techniques concomitants (ou presque) dans l'industrie de la construction*

Le progrès technique réalisé dans une branche de la construction déclenche souvent des progrès dans les autres branches (par exemple, les sapes (*climbing cranes*) permettent d'employer des coffrages coulissants pour la construction des édifices-tours); on a utilisé de nouveaux contreplaqués très résistants pour les cloisons porteuses, et non seulement pour la finition et autres utilisations non mécaniques; le perfectionnement des techniques de sautage ont permis de réduire les bris hors-profil et de respecter la stabilité des parois des excavations creusées, dans les roches sédimentaires ou ignées.

#### *7° Utilisation des déchets de fabrication*

Les initiatives en matière d'utilisation de déchets de fabrication ont une large influence sur l'évolution des techniques de fabrication des matériaux de construction, témoin les panneaux de particules et de copeaux de bois.

#### *8° Réduction du coût global de la construction*

Dans une certaine mesure, tous les cas étudiés illustrent des façons de réduire les coûts, par l'utilisation de techniques améliorées. Dans la construction, comme dans les autres industries, le désir de réduire les coûts stimule la diffusion des techniques et le progrès technologique.

#### *9° Applications toutes nouvelles*

La propreté des pistes d'envol a pris de l'importance quand on a remplacé les avions à hélice par de gros avions dont les réacteurs étaient surbaissés. Il a fallu mettre au point de nouveaux produits d'étanchéité

6. Le présent rapport ne contient aucune étude de cas se rapportant aux plastiques. Cependant, force nous est de reconnaître l'effet radical de ces matériaux dans le bâtiment.

pour les pistes et les aires de stationnement en béton, dont les joints étaient attaqués par le carburant répandu par les réactés, lesquels étalaient le matériau sur le béton.

#### *10° Normes de sécurité*

Plusieurs exemples illustrent l'influence des normes de sécurité sur l'évolution technique en matière de câbles et de fils électriques, quand interviennent les considérations de rigueur climatique et de médiocrité de la main-d'œuvre. Il est important que les organismes de rédaction de normes et les fabricants de matériel connaissant les problèmes de sécurité, et travaillent ensemble à leur résolution.

#### *11° Quelques autres remarques au sujet de la diffusion des nouvelles techniques*

- Le lancement de certaines techniques (par exemple, le génie antiséismique) pourrait être facilité par la tenue d'une conférence;
- un désastre ou une destruction partielle peut nuire à un domaine technique prometteur (tel l'effondrement partiel, en 1968, d'un édifice-tour construit industriellement à Ronan Point, Angleterre);
- le coût élevé des essais en grandeur nature freine le développement technique en certaines spécialités (tel le cas du génie antiséismique);
- enfin, il se peut qu'on accorde suffisamment, ou même trop d'attention à certains aspects d'une spécialité de la construction, à cause des risques éventuels ou de leur notoriété, alors que d'autres sont négligés (c'est le cas en génie antiséismique, où l'on a accordé beaucoup d'attention aux édifices-tours, alors que les immeubles horizontaux n'ont guère suscité de recherches).

### **Quelques opinions sur les progrès techniques et leur encouragement**

Voici tout d'abord une liste des progrès techniques les plus importants réalisés au cours du demi-siècle passé, aux yeux des directeurs des firmes canadiennes de construction, de génie civil en particulier (les annexes mentionnent aussi certains de ces progrès). La seconde liste précise les circonstances ayant encouragé parallèlement le progrès des techniques de construction, et accéléré leur utilisation<sup>7</sup>.

#### *1. Les progrès techniques:*

- utilisation des machines à vapeur, puis des moteurs à essence et diesel, et enfin des turbines dans le matériel de construction;
- mise au point d'appareils motorisés de manutention des matériaux tels les convoyeurs, les chariots élévateurs à fourche, les pompes et les grues de toutes sortes;
- amélioration progressive des moyens de transport;
- amélioration progressive des communications;
- mise au point du matériel de forage pneumatique et du matériel à air comprimé;

7. Ces listes ont été élaborées par des ingénieurs principaux de l'*Ontario Hydro Electric Power Commission* (aujourd'hui l'*Ontario Hydro Corporation*) et ont été communiquées par David C. Aird, Adjoint d'administration, Generation Projects, Ontario Hydro, Toronto.

- adaptation de chenilles au matériel de chantier;
- utilisation des pneus pour le matériel de construction;
- mise au point des outils électriques;
- création des centrales à béton;
- mise au point des bétonnières automotrices;
- réalisation des grues automotrices;
- utilisation de l'hydraulique pour actionner les grues;
- invention des boulons à haute résistance pour la construction métallique;
- mise au point des techniques et du matériel de soudage et de découpage des métaux;
- mise en œuvre des techniques de construction industrialisée;
- invention du béton précontraint;
- élaboration de nouvelles techniques de gestion.

## *II. Les circonstances incitatrices:*

- augmentation des coûts de la main-d'œuvre;
- nécessité de nouvelles techniques pour résoudre certains problèmes particuliers de construction;
- hausse des taux d'intérêt;
- accroissement de la demande, fournissant la possibilité de réaliser des travaux similaires;
- utilisation des appels d'offres, encourageant la mise au point de nouvelles techniques;
- et la construction d'ouvrages plus complexes, nécessitant l'utilisation de techniques perfectionnées.

Ces progrès techniques ont permis aux chefs d'entreprise de rassembler une puissance mécanique de plus en plus grande à l'endroit et au moment voulus, et de l'exploiter économiquement et rapidement. On fabrique de plus en plus les éléments de construction à l'usine, pour les monter ensuite sur le chantier. Les outils électriques ont largement contribué à la hausse des rendements dans la construction en Amérique du Nord (beaucoup plus qu'en Europe). Ces progrès ont modifié la nature et la taille des équipes d'ouvriers du bâtiment. Le rôle des nouvelles techniques ne peut être évalué avec précision; mais elles ont permis de réaliser certains projets, que les taux d'intérêt élevés et le coût de la main-d'œuvre auraient autrement fait annuler ou retarder.

Il est malaisé de résumer le chapitre qui précède, car il fournit de nombreux exemples, sans être exhaustif. Il montre cependant que l'amélioration de la diffusion des nouvelles techniques dans une branche industrielle nécessite la prise en considération de nombreux facteurs (d'ordre juridique, économique et administratif, et non seulement technique). Il faut noter que l'expérience et les orientations techniques passées étaient la recherche de nouvelles voies de progrès pour une technologie particulière, et que le secteur de la construction bénéficie largement de l'emprunt de techniques aux autres industries. Il appert que

l'industrie canadienne de la construction continuera à emprunter des techniques à l'étranger, tout en contribuant à la mise au point de nouvelles méthodes de construction.

## VIII. Quelques problèmes restent à résoudre

Dans ce chapitre final, nous allons attirer l'attention du lecteur sur plusieurs problèmes et questions concernant la construction en général, et la diffusion des nouvelles techniques en particulier; les autorités publiques, les chefs des entreprises de construction, et les dirigeants des universités et autres établissements d'enseignement canadiens devront y réfléchir et prendre les mesures nécessaires dans un avenir très proche. Ces problèmes sont apparus au cours des entretiens et des autres phases du recueil des données de l'étude. Ils reflètent l'évolution de la conjoncture mondiale, entre avril 1973, lorsque la première version du présent rapport fut envoyée au Conseil économique, et avril 1974.

Le présent chapitre et les "Conclusions" contiennent quelques suggestions en matière de projets de recherche en construction; mais nous n'avons pas tenté de dresser une liste des projets à réaliser dans les laboratoires canadiens au cours des prochaines années. Comme nous l'avons mentionné dans l'introduction, cette tâche est en grande partie à la charge d'une personne mieux qualifiée, soit le D<sup>r</sup> N.B. Hutcheon, ancien directeur de la Division des recherches en bâtiment du Conseil national de recherches du Canada<sup>1</sup>. Nous ne ferons donc aucune suggestion au sujet de l'ampleur des crédits publics ou privés à consacrer à la R & D au cours des prochaines années, ou d'un montant global à atteindre dans six ou dix ans. Il faut scruter ces crédits d'année en année, et à long terme, en tenant compte des besoins en R & D dans les branches autres que la construction, et en considérant en premier lieu nos possibilités matérielles de réalisation.

Il est difficile d'évaluer les montants des crédits à la diffusion des nouvelles techniques, parce qu'une grande partie s'effectue officieusement, et qu'on ne peut la chiffrer. D'autre part, il faudrait allouer un montant plus considérable aux programmes officiels de diffusion, et spécialement aux contacts systématiques entre informateurs et utilisateurs éventuels. Encore une fois, nous ne pouvons indiquer de montant déterminé, car le cadre de la présente étude était limité, et qu'il n'était pas possible d'évaluer les besoins du pays en fonction de l'efficacité des programmes actuels.

### **Société et économie**

Il faut examiner les problèmes et les questions posés à l'industrie de la construction dans un contexte plus étendu. Le Secrétaire général des Nations Unies a déclaré à la Conférence sur l'Homme et son environnement que:

« D'ici l'an 2000, la population du globe atteindra près de 7 milliards d'habitants, dont les trois quarts vivront dans les pays en voie de développement. En raison des migrations internes, la population urbaine augmentera sans doute au moins deux fois plus que la population totale.

1. N.B. Hutcheon, *La recherche au service de la construction*, Conseil national de recherches du Canada, Ottawa, Rapport n° 14005, juillet 1974.

Pour loger ces multitudes, il faudra, en une génération, construire plus qu'on ne l'a fait dans toute l'histoire de l'humanité. C'est pourquoi la nécessité de loger la grande majorité de la population du globe ne le cède, en importance, qu'à celle de lutter contre la famine ou de faire en sorte qu'il n'y ait plus de guerres »<sup>2</sup>.

L'industrie de la construction joue, dans tous les pays, un double rôle, déterminant la qualité du cadre de vie. Premièrement, elle est l'agent principal modelant le cadre matériel de toute agglomération. Deuxièmement, cette action détermine la qualité de presque tous les éléments artificiels du cadre de vie. L'action réciproque entre bâtiment et environnement est complexe et cruciale, à notre ère industrielle.

Depuis ses débuts, il y a dix ans, le Conseil économique du Canada a signalé aux branches du bâtiment et des travaux publics les répercussions de l'urbanisation croissante et du dépeuplement des régions rurales. Le Conseil des sciences, de son côté, a fait plusieurs recommandations générales touchant l'avenir de l'industrie canadienne de la construction, dans son rapport sur les problèmes urbains.

Par exemple, le Conseil a recommandé<sup>3</sup>:

- que l'on emploie les techniques de l'analyse systémique et de la simulation mathématique pour l'élaboration des plans d'aménagement de toutes les régions urbanisées dans toutes les provinces du Canada;
- que le gouvernement fédéral et les autorités provinciales collaborent au financement de programmes expérimentaux et de projets-pilotes dans le domaine des transports urbains;
- qu'on adopte un vaste programme expérimental visant à rendre nos villes plus agréables;
- que les autorités publiques accordent d'urgence leur attention au morcellement de l'industrie du bâtiment, à l'insuffisance des capitaux dont les firmes disposent, au manque d'envergure de leurs activités, au caractère saisonnier de ces dernières, aux conditions dangereuses du travail et à l'utilisation peu efficace d'une main-d'œuvre très qualifiée, en nombre insuffisant; et
- qu'on accorde la priorité à l'étude détaillée du recyclage et de l'élimination des déchets.

Dans un rapport ultérieur, le Conseil des sciences a recommandé que les Canadiens, individuellement et par le truchement de leurs gouvernements, de leurs institutions et de leurs industries, entreprennent de modifier la structure de leur société, actuellement préoccupée d'exploitation des ressources et de consommation, et de lui donner l'orientation plus constructive d'une société économe de ses richesses naturelles<sup>4</sup>.

2. Dans *Aménagement et gestion des établissements humains en vue d'assurer la qualité de l'environnement*, Conférence des Nations Unies sur l'Environnement, Stockholm, juin 1972.

3. Dans le Rapport n° 14 du Conseil des sciences, *Les villes de l'avenir*, Information Canada, septembre 1971, p. 12.

4. Dans le Rapport n° 19 du Conseil des sciences, *Problèmes d'une politique des richesses naturelles au Canada*, Information Canada, Ottawa, janvier 1973.

Dans le même esprit, M. Fred W. Myers a traité, dans un essai, de la transformation de notre société industrielle en société post-industrielle. Cette transformation influencera les activités des bureaux d'étude des entreprises de construction. Par exemple, il dit:

« La sensibilisation du public à l'égard de son cadre de vie sera probablement la répercussion majeure de cette transformation, dont l'industrie de la construction devra tenir compte . . .

De plus en plus, l'architecte doit concevoir des cadres de vie respectant les nécessités écologiques et incorporer dans ses ouvrages le minimum de matériaux, à un coût énergétique minimal. Les collectivités urbaines doivent organiser l'élimination et le recyclage des ordures et, en même temps, répondre aux besoins matériels et psychiques de la société . . .

D'autre part, la disponibilité de terrains et le coût de la construction sont des considérations qui nécessitent, de plus en plus, l'utilisation prolongée des édifices; il faudra donc concevoir des édifices adaptables à divers usages . . . »<sup>5</sup>.

À l'avenir, il faudra établir les programmes de construction d'édifices, et de mise en place des infrastructures industrielle et sociale, en arbitrant entre qualité et niveau de vie désirés, et disponibilités collectives et privées. La répartition de la population entre villes, villages et campagne, l'emplacement des mines et des usines, la nécessité de démolir les taudis etc., influenceront aussi ces programmes. Ces derniers nécessiteront des services plus amples et plus complexes, employant des techniciens de spécialisations nouvelles, ou ayant acquis plusieurs spécialisations anciennes, et assurant ainsi un couplage entre les activités du bâtiment et du génie civil. De plus, il faudra conférer quelque adaptabilité à ces programmes, afin qu'ils répondent aux changements progressifs ou brutaux de la conjoncture socio-économique, et à l'évolution de l'attitude et des désirs de la population.

Les autorités publiques sont, et resteront les commanditaires de la plupart des travaux de génie civil; elles acquièrent également une partie de la production du bâtiment, et administrent divers programmes favorisant l'accès à la propriété bâtie. Le public considère depuis longtemps que cette action est durable, et seule son extension est débattue, et étudiée par les décisionnaires.

La rapidité et l'envergure de la diffusion des techniques « courantes » de construction dépendront beaucoup plus de l'importance que ces dernières accorderont aux aspects socio-économiques. Plus important encore est le besoin de diffusion rapide des connaissances et techniques économiques et sociales pour étayer les activités des branches du bâtiment et du génie civil.

5. Fred M. Meyers, *Some Thoughts on Evolutionary Trends in Construction Design/Planning*, Conseil national de l'esthétique industrielle, Ottawa, 1973. (M. Meyers a écrit cet essai à titre de contribution spéciale au présent rapport.)

### **Facteurs économiques**

Depuis quelque temps, l'incidence de la spéculation immobilière et ses profits suscite bien des débats. L'inflation récente et ses répercussions ont entraîné, par exemple, l'adoption de lois antispéculation en Ontario. La spéculation s'est déchaînée dans le bâtiment, mais a épargné les ouvrages de génie civil, appartenant le plus souvent à la collectivité. Cependant, la combinaison d'une spéculation et d'une inflation constantes, associée à l'insuffisance de capitaux pour la construction, pourrait être néfaste pour certaines activités de construction. D'autre part, la pénurie d'énergie et de certaines matières premières pourrait détourner les capitaux du bâtiment, et les attirer vers les ouvrages de génie civil. Un tel transfert influencerait la nature des programmes de R & D en construction, et déterminerait évidemment le contenu de l'information technique diffusée vers l'industrie et au sein de celle-ci.

D'autre part, on a jusqu'ici accordé la préférence au plus bas soumissionnaire, sauf s'il s'agissait d'ouvrages publics ou spéciaux; de même, on choisissait les méthodes et les matériaux les moins coûteux, répondant aux normes minimales de sécurité, pour la construction des bâtiments et des ouvrages de génie civil. On accordait peu d'attention aux problèmes d'entretien, de fiabilité et finalement aux répercussions du bâtiment lui-même sur les gens et sur le milieu matériel. On se contentait, en général, d'évaluer les frais directs de la construction, sans tenir compte des coûts ultérieurs. Mais, pressés par la nécessité des perspectives d'ambiance et la pénurie énergétique, quelques propriétaires ont changé d'attitude et considèrent les coûts indirects et ultérieurs en même temps que les frais directs. Cette évolution s'étendra, et il sera, en conséquence, nécessaire d'utiliser encore plus le savoir-faire technique pour l'établissement des plans et des devis et la réalisation de l'ouvrage, en respectant les normes d'ambiance et autres.

### **Technologie**

Si, au cours des prochaines années, il existe des circonstances favorables sur les plans économique et social, et si l'instabilité décourageante a été éliminée, de nombreux esprits ingénieux feront d'importantes contributions aux techniques de la construction. Il ne se produira pas, sans doute, de mutation technique, mais l'innovation devrait continuer à être efficace. Quatre-vingt-dix pour cent des problèmes de l'entrepreneur et de l'ingénieur pourraient ainsi recevoir une solution, et le reste ne devrait pas trop les gêner. Tout ceci est encourageant.

Cependant, il faut s'intéresser à plusieurs problèmes dont la solution nécessite l'élaboration de nouvelles techniques, à cause de leur importance future. Par exemple, il faut accorder la priorité aux recherches permettant de réduire les coûts de la construction. Une certaine université peut, par exemple, réaliser un programme de recherches d'un grand intérêt technique, mais n'attirant pas l'attention de l'industrie, parce qu'il ne permettrait que de minimes économies; elle préférerait un programme permettant de fortes économies. De même, il n'est nullement

nécessaire d'employer des techniques de construction raffinées là où des méthodes simples suffisent. Il faut également encourager la spécialisation des entrepreneurs et autres intéressés, et leur perfectionnement par la pratique; même le technicien expérimenté peut apprendre de nouveaux tours de mains. Les entrepreneurs doivent connaître parfaitement l'utilisation d'une nouvelle méthode, d'un matériau ou d'un matériel; sinon ils ne l'emploieront pas.

Dans son essai, Fred Myers fait la remarque suivante:

« Les techniques de la construction industrialisée et la normalisation des éléments imposent de nouvelles charges aux bureaux d'étude. Il faut maintenant que le concepteur trouve la bonne solution du premier coup, et comprenne pleinement les avantages et les servitudes des méthodes industrielles . . . »<sup>6</sup>

La diffusion des nouvelles techniques s'appuie plus largement sur les travaux du bureau d'étude qu'on ne le pensait autrefois. Il nous faudra insister, à l'avenir, sur son rôle, et nous appuyer plus largement sur les contributions et la compétence collective croissante des équipes pluridisciplinaires, dont le rôle de diffusion des nouvelles techniques s'étendra. Celle-ci devra s'opérer sous des formes assimilables par les techniciens de la construction de différents paliers de formation. Il faudra assurer la diffusion des nouvelles techniques en aval et en amont de leur point d'origine, au cours du processus de construction.

On saisit parfaitement, dans l'industrie, l'importance des codes et des normes pour la diffusion des nouvelles techniques, de même que celle de la conversion au Système international d'unités. Néanmoins, il faudra réaliser d'autres études à leur sujet, en vue d'apporter quelques simplifications et d'harmoniser l'ensemble. La nécessité d'offrir des garanties de construction beaucoup plus longues apparaît de plus en plus, et elle entraînera une nouvelle évaluation des comportements, des méthodes et des dispositifs d'appréciation de la sécurité.

À l'avenir, l'efficacité de la diffusion des nouvelles techniques dans n'importe quel pays dépendra autant de l'*objectif* que du *procédé* de construction. Les *Conclusions* qui suivent visent à accroître cette efficacité.

6. *Ibid.*

# Conclusions

Telle que nous l'avons définie pour les besoins du présent rapport, l'*industrie de la construction* embrasse un secteur très vaste, mais hétérogène, de l'économie canadienne. Elle est largement en interdépendance avec d'autres industries.

Dans notre rapport, qui ne prétend pas couvrir toutes les activités et tous les problèmes de l'industrie de la construction, nous n'avons pu traiter qu'assez succinctement des problèmes de la diffusion des nouvelles techniques. Néanmoins, le délai qui nous était alloué nous a permis d'arriver à un certain nombre de conclusions générales:

1° L'évolution technique et l'innovation suivent un processus évolutif au Canada, comme en d'autres pays. Les mutations techniques et les innovations sont relativement rares.

2° L'utilisation des nouvelles techniques, et de bien des anciennes aussi, dépend surtout de circonstances favorables, et de l'existence de techniciens capables d'accomplir le travail indispensable. Les progrès des techniques de construction, et leur diffusion, dépendent tant de la nature de l'ouvrage que des méthodes de réalisation.

3° Les établissements publics et privés, les associations et les entreprises de l'industrie de la construction, ou associées à celle-ci, constituent un réseau lâche de diffusion des nouvelles techniques. Ses éléments peuvent accomplir des travaux de recherche, de développement technique, de conception, d'essai, d'inspection, ainsi que de construction, ou simplement encourager de telles activités. Ce réseau fonctionne efficacement lorsque les intérêts sont mutuels. Il a un bon accès aux sources de nouvelles techniques à l'étranger, et particulièrement aux États-Unis. Toute mesure prise pour renforcer l'organisation de ce réseau devrait tenir compte des réalisations actuelles.

4° Le réseau de diffusion des nouvelles techniques englobe également certaines firmes s'occupant de la construction de matériel et de fabrication de matériaux, d'érection de bâtiments ou de réalisation d'ouvrages de génie civil. D'autres ne sont liés au réseau que par l'intermédiaire d'associations qui en sont des éléments, ou encore par celui de fournisseurs ou d'entrepreneurs. Ce sont leur potentiel technique, et le genre de travaux qu'elles accomplissent, qui permettent à ces firmes de tirer profit du réseau de diffusion des techniques nouvelles.

5° Dans le passé, les organismes fédéraux ont largement contribué à résoudre les problèmes techniques, à améliorer les compétences et à diffuser les nouvelles techniques du bâtiment; c'est surtout la Division des recherches en bâtiment du Conseil national de recherches qui en a été l'agent mais, en théorie du moins, la Division partage ses responsabilités de diffusion des techniques avec d'autres divisions du CNRC. Il faut protéger l'activité de la Division, et son efficacité, quels que soient les changements que l'on apportera au Conseil national de recherches, afin de respecter les intérêts de l'industrie de la construction.

6° L'administration fédérale fournit une aide technique et de recherche à la branche du génie civil, mais cette aide est dispersée. Il faudrait confier cette tâche à un organisme unique, ou préciser les rôles

des différents organismes concernés. Il faudrait également resserrer les liens entre les divers organismes au service des branches du bâtiment et du génie civil, afin de favoriser la diffusion des nouvelles techniques.

7° Les diverses provinces et municipalités canadiennes connaissent différents niveaux d'activité en matière de construction, et disposent de potentiels inégaux. En général, l'activité de diffusion des nouvelles techniques des organismes provinciaux et municipaux n'a guère été satisfaisante, en raison surtout de la dispersion des efforts et du cloisonnement administratif. Il faut donc renforcer ces activités, en s'appuyant sur l'action des associations et des organismes provinciaux et municipaux pour débiter.

8° Dans le passé, les universités canadiennes n'ont joué qu'un rôle limité en recherche et diffusion des nouvelles techniques de la construction. Récemment, toutefois, certaines universités s'y sont intéressées, et ont poussé leurs activités, parfois notablement. Néanmoins, beaucoup de facultés de génie offrent une spécialisation trop étroite, sans rapport avec les besoins de l'industrie de la construction; les écoles d'architecture, de leur côté, donnent une formation scientifique insuffisante. Dans les deux cas, les traditions de spécialisation routinière gênent les relations avec l'industrie. Il faut se rendre compte que l'effort des universités en matière de construction doit entrer dans le cadre de leur mission première, qui est l'enseignement.

9° Les dirigeants d'entreprises estiment généralement que l'absence de passerelle entre les diverses branches de la construction est le facteur qui nuit le plus à la diffusion des nouvelles techniques en son sein. Ils citent par exemple: le cloisonnement entre les diverses disciplines intéressant la construction; l'isolement des universités par rapport à l'industrie; l'absence de rapports entre consultants et entrepreneurs, et entre les promoteurs-constructeurs, les concepteurs et les utilisateurs. Les industriels croient que la diffusion effective des nouvelles techniques est accomplie par les individus, et qu'ils pourraient lancer des passerelles entre leurs différentes disciplines. Il faudrait les y encourager par une aide financière publique et privée.

10° Les dirigeants d'entreprises estiment en général que la place insuffisante accordée aux tâches de conception, à l'expérience acquise grâce à elles, et à la rédaction des devis descriptifs est un autre facteur notable nuisant à la diffusion des nouvelles techniques. On a accordé trop d'importance à la publication des résultats de la recherche et à la mise sur pied de mécanismes de diffusion, sans tenir compte des besoins d'information générale. Il faudra accorder, à l'avenir, la place qu'il convient aux travaux du bureau d'étude et à la rédaction des devis descriptifs.

11° L'envergure assez grande de l'industrie canadienne de la construction, ainsi que sa complexité et son morcellement, influencent la diffusion des nouvelles techniques. Certaines entreprises sont actives, efficaces et techniquement avancées, mais d'autres sont moins privilégiées. Il faut se rappeler que certaines firmes n'ont ni les moyens, ni le

désir, de participer à l'amélioration de la diffusion des techniques nouvelles, laquelle permettrait de rehausser le potentiel technique de l'industrie et d'accroître son rendement.

12° Les travaux de construction présentent des problèmes et des caractéristiques qui leur sont propres, et qui exigent une attention particulière et des solutions spéciales. De plus, les maîtres d'ouvrages, les promoteurs-constructeurs, les consultants et les entrepreneurs ont tendance à imiter servilement les méthodes acceptées. Ce refus de l'expérimentation est, dans une certaine mesure, compréhensible. Il découle évidemment de considérations financières, de la nécessité de construire vite et de façon sûre, de problèmes de responsabilité juridique et de la nécessité de maintenir une certaine réputation. Il peut également provenir d'un manque de compétence technique ou d'un manque de confiance. Pour que cette situation change, il faut que les maîtres d'ouvrage, les promoteurs-constructeurs et les utilisateurs publics et privés en convainquent l'industrie. Les établissements publics et les particuliers devront, en cette matière, montrer la voie et accomplir un effort de recherches et d'études de qualité et bien adaptées aux besoins.

13° La diffusion des nouvelles techniques provenant des entrepreneurs et des consultants n'a pas été suffisamment efficace; la raison principale en est la répugnance ou l'impuissance des spécialistes à communiquer largement leur expérience par écrit ou autrement. Certaines firmes ou particuliers qui n'ont ni le talent ni les ressources indispensables à la coûteuse communication technique. D'autres entreprises ne contribuent jamais à l'accroissement des connaissances, quel que soit leur domaine de travail. En raison de l'ubiquité de ce problème et du temps et de l'argent nécessaires à sa résolution sur le plan national, aucun organisme isolé ne pourrait sans doute y parvenir. Ces mêmes raisons poussent à étudier ce problème plus en profondeur.

14° L'ampleur du marché étatsunien de la construction a influencé les progrès techniques et l'innovation dans l'industrie canadienne correspondante. Cette influence a été renforcée par la similarité climatique des États septentrionaux des États-Unis avec les régions peuplées du Canada. D'autres techniques de construction employées ici proviennent des universités et des laboratoires d'État des États-Unis, du Royaume-Uni et d'autres pays. Les États-Unis et l'Europe ont été à l'origine de certaines techniques de construction radicalement nouvelles, adoptées ensuite ici, mais souvent après adaptation par les ingénieurs canadiens. Dans certains cas, ces techniques sont venues d'Europe, via les États-Unis. Cet enrichissement de la technologie canadienne par l'apport étranger ne doit pas être découragé. En même temps, il faut accroître le potentiel technique de nos entreprises, dont les progrès bénéficieraient aux activités internes et serviraient de monnaie d'échange pour l'acquisition de techniques étrangères.

15° Bien qu'on utilise de plus en plus des matériaux extraits ou fabriqués ici, une grande partie du matériel de construction utilisé au Canada provient des États-Unis. Il semble qu'on ne puisse guère accroi-

tre la production canadienne de ces matériels, dans les circonstances actuelles.

**16°** Dans l'ensemble, l'effort de R & D canadien en matière de construction, au cours de ces dernières années, a été de haute qualité. Néanmoins, l'industrie de la construction voudrait qu'on établisse des rapports plus étroits entre cet effort et ses applications pratiques. Il faut accélérer l'étude des problèmes techniques de l'industrie, de sorte que les solutions arrivent au bon moment pour être appliquées; cependant, les entrepreneurs, en particulier, doivent faire connaître plus rapidement leurs besoins aux laboratoires. L'intervention de l'État et du secteur privé, par leurs contributions plus substantielles à l'effort de R & D, favoriseraient l'établissement de tels rapports. Mais il faut se souvenir que la résolution des problèmes techniques de la construction n'exige pas nécessairement un accroissement de l'effort de R & D; dans certains cas, il suffirait de remanier les techniques existantes.

**17°** L'association plus étroite de la théorie et de la pratique permettrait d'améliorer la compétence des spécialistes et des techniciens de la construction. Il faudrait encourager les stages pratiques alternant avec la formation théorique. Le perfectionnement professionnel de tous les intéressés est indispensable à une meilleure diffusion des nouvelles techniques, car celle-ci s'effectue surtout par le truchement des individus. C'est pourquoi les universités et les établissements d'enseignement technique jouent un rôle crucial pour la formation des techniciens et spécialistes indispensables à la construction.

**18°** Normalement, les chercheurs en matière de sciences et techniques de la construction communiquent aisément entre eux, mais plus difficilement avec les intéressés ayant acquis une formation moins poussée. Pourtant, le travail des chercheurs doit servir, et il faut par conséquent exposer les résultats obtenus sous une forme assimilable par des personnes moins versées en la matière. Bien entendu, on pourrait leur donner des cours de vulgarisation, qui d'ailleurs existent depuis de nombreuses années; mais il faudrait effectuer cette diffusion par le moyen de textes aisément compris, ou par d'autres véhicules. Il semble que certains organismes publics et associations techniques pourraient parrainer cet effort.

**19°** Les programmes PAIT et BEAM du ministère fédéral de l'Industrie et du Commerce, et les programmes PARI et SIT du Conseil national de recherches, outre les travaux de la Division des recherches en bâtiment, ont largement contribué à la diffusion de l'information technique en matière de construction. La nouvelle Société canadienne d'information sur la construction s'occupe aussi des problèmes de diffusion des nouvelles techniques. L'administration fédérale et le secteur privé devraient épauler ces programmes. Les conseils des recherches des provinces accomplissent également, sous contrat, des recherches, des essais de matériaux et la diffusion technique, et leurs efforts méritent d'être soutenus par les secteurs public et privé.

**20°** Toutefois, on pourrait améliorer les mécanismes officiels d'in-

formation technique à l'avantage de l'industrie de la construction; on a pris certaines mesures à cet effet. La qualité de l'information acheminée est cruciale: c'est pourquoi il faut la passer au crible pour en éliminer les éléments non pertinents.

21° Le rôle de l'informatique dans l'industrie de la construction s'est étendu, surtout pour l'organisation des chantiers, la planification du financement, le contrôle financier de l'exécution, l'établissement des feuilles de paye et la comptabilité générale. Les bureaux d'ingénierie, et en particulier ceux qui font le calcul des ossatures, utilisent largement l'informatique. Par contre, les bureaux d'architectes l'utilisent surtout pour des applications non techniques; dans certains cas, les architectes ont élaboré des programmes de tracé des plans. Un important effort de recherche est cependant accompli en matières peu susceptibles de mesure de l'architecture, des plans et du dessin informatisé. L'ordinateur permet souvent d'épargner du temps au bureau d'étude, mais son emploi ne se justifie pas toujours.

22° La rédaction et la révision des codes et des normes de sécurité et autres sont des mécanismes importants du réseau de diffusion des nouvelles techniques, et leur action s'étend fort loin. Les associations et les organismes publics et privés accomplissant ce travail y consacrent l'effort de milliers de techniciens et employés. Bien que les codes et les normes suscitent de l'opposition et des critiques, on n'a pas encore proposé de mécanisme efficace pour les remplacer. Les industriels estiment toutefois qu'on devrait simplifier le processus de rédaction et d'application de tous les codes et normes du Canada. C'est pourquoi ils accueillent avec satisfaction les initiatives des organismes provinciaux visant à réduire les complications résultant de la diversité des compétences. Cependant, ils estiment qu'on n'a pas suffisamment tenu compte des différences matérielles et autres entre les diverses régions du pays, au cours de l'élaboration des codes nationaux. L'expérience montre que les codes et les normes s'élaborent lentement, et il faudra que les administrations publiques consacrent des ressources additionnelles à l'effort technique de rédaction, et s'efforcent de les publier sous forme de volumes moins nombreux, mais plus complets.

23° Il faudrait que le Canada accroisse sa participation aux travaux internationaux de normalisation. L'adoption du Système international d'unités (SI) et de normes métriques par l'industrie de la construction d'Amérique du Nord suscitera un nouvel effort de standardisation et de coordination modulaire, et ouvrira de nouveaux débouchés aux matériaux de construction. L'utilisation de SI simplifiera et accélèrera les travaux du bureau d'étude, et facilitera l'informatisation de nombreuses activités du secteur de la construction.

24° Il faut que le Conseil canadien des normes dispose de ressources lui permettant de faire face aux tâches de plus en plus complexes d'élaboration des codes et des normes, et de conversion au SI. Il faut qu'il puisse commanditer des études sur les problèmes sociaux et économiques (et non seulement techniques) posés par l'utilisation des codes

et des normes. On pourrait faire les mêmes observations au sujet des ressources mises à la disposition de la Commission du système métrique, pour l'exécution de ses tâches particulières.

**25°** Les entrepreneurs en bâtiment s'inquiètent de l'incommodité de la procédure d'émission des permis de construire, et des méthodes d'inspection. Il faudrait que cette question soit étudiée par les organismes provinciaux et les municipalités, au cours de leurs consultations en matière d'application des codes du bâtiment et de prévention des incendies. Toutefois, dans un pays aussi vaste que le Canada, les contacts de la plupart des entrepreneurs et des sous-traitants se déroulent dans un cadre local; il est, en conséquence, plus important de résoudre les conflits de compétence que d'assurer l'uniformité des procédures des diverses régions.

**26°** Les responsables de l'industrie de la construction s'inquiètent aussi de l'insuffisance des installations d'essai des matériaux, en particulier dans les provinces non centrales. La plupart des organismes publics et privés qui disposent de laboratoires d'essais n'ont pas la possibilité technique, ou la charge, de satisfaire les besoins actuels. La pression exercée sur les laboratoires existants risque de devenir intolérable, en raison de l'application de la législation de protection du consommateur, laquelle étend les garanties de qualité et de comportement.

**27°** La présente étude a permis de cerner deux domaines socio-économiques où il faudra prochainement intensifier les recherches. Ce sont:

- la recherche interdisciplinaire sur les aspects sociaux et de comportement de l'utilisation de la surface effective des logements, des cadres de vie rural et urbain, et des besoins des utilisateurs;
- les études économiques sur les normes, et en particulier sur les garanties de qualité, de comportement, etc. Par contre, certains problèmes d'avenir font déjà l'objet de recherches, tels les charges thermiques dans les bâtiments, la propagation des fumées et la sécurité individuelle dans les édifices-tours, et les conséquences de la mise en place d'une société d'économie. Il faut continuer les efforts dans ces domaines.

**28°** À l'avenir, l'industrie de la construction devra obéir à des normes de qualité technique et de comportement plus élevées, en particulier en matière de milieu ambiant et d'épargne de l'énergie, mais aussi dans des domaines particuliers, tels que la production d'énergie nucléaire, la mise en place de réseaux de transport urbain rapide, ou dans les domaines plus classiques de la construction. L'industrie devra répondre aux espoirs croissants des utilisateurs, donc s'occuper sérieusement d'accroître son potentiel technique. De plus, elle devra accomplir un effort tout nouveau si la société canadienne décide de suivre les principes de l'épargne des ressources, comme le propose le Conseil des sciences. Il est probable que l'importance donnée à la protection du milieu et à l'économie de l'énergie aurait une incidence particulière pour la branche du bâtiment. L'industrie canadienne de la construction devra affronter de nouvelles difficultés, mais aussi bénéficiera de nouvelles possibilités.

**29°** Certaines firmes, sociétés, et organismes de l'État sont les gardiens de techniques récentes qui ont été mises au point au cours de la réalisation de certains programmes de construction. Il faudrait s'efforcer de diffuser ce capital technique au sein du secteur de la construction.

**30°** Nous n'avons pu établir de relation de cause à effet, ou de corrélation, entre les fluctuations de l'activité de construction de ces dernières années et la rapidité du progrès technique ou de l'innovation. Cependant, il est évident que l'existence de fluctuations a quelque peu gêné la diffusion des nouvelles techniques, et aussi la formation du grand nombre de techniciens en matière de construction ou d'activités voisines. Il faudrait donc prendre des mesures pour éliminer ces fluctuations, ou pour en réduire l'ampleur, afin d'encourager le progrès technique et l'innovation dans l'industrie de la construction.

# Annexes

## **Annexe A – Les organismes fédéraux de la construction**

Nous incluons ici des données sur les activités de trois organismes publics ayant une influence considérable sur l'activité du bâtiment. Ce sont: la Division des recherches en bâtiment du Conseil national de recherches du Canada, la Société centrale d'hypothèques et de logement et le ministère des Travaux publics. Ces organismes ne sont pas les seuls départements fédéraux à s'occuper de la construction. Des renseignements additionnels figurent aux annexes D, F et H.

### **Division des recherches en bâtiment du CNRC**

La Division des recherches en bâtiment du Conseil national de recherches du Canada\* a été créée en 1947. Elle a pour fonction principale d'effectuer des recherches pour l'industrie du bâtiment, et de lui fournir des services de recherches. Elle assure aussi une aide technique à la Société centrale d'hypothèques et de logement, et fournit des services de secrétariat et des services auxiliaires pour la rédaction et la révision des Codes nationaux du bâtiment et de la prévention des incendies. De plus, le personnel de cette Division participe à l'activité de nombreux comités techniques et de normalisation, tant sur le plan national qu'international, et assure des services de renseignements et de consultation à l'industrie de la construction en général. La Division effectue des essais commerciaux sur une base restreinte. Au cours des années, elle s'est efforcée de nouer et de maintenir des liens étroits avec d'autres organismes, dont les travaux intéressent en quelque façon le bâtiment.

La structure de la Division reflète la multiplicité de ses fonctions. Elle comprend six sections de recherches, pourvues de laboratoires et réparties en deux groupes aux fins d'administration. Les activités de ces sections sont décrites plus loin. Un troisième groupe s'occupe de la rédaction de codes nationaux. Un quatrième groupe, s'occupant des méthodes de construction, comprend également quelques sections. Il se charge du recueil et de la diffusion de l'information technique. La Bibliothèque de la Division des recherches en bâtiment, administrée par la Division, est une annexe de la Bibliothèque scientifique nationale. Pour terminer, la Division exploite cinq petites succursales régionales: une qui s'occupe des recherches en construction sur le pergélisol à Thompson, au Manitoba, et quatre autres qui servent de bureaux régionaux de consultations, à Halifax, Toronto, Saskatoon et Vancouver.

Nous présentons ci-dessous une brève description des activités des différentes sections, en commençant par les sections de recherches:

*Recherches sur les matériaux de construction:* Cette section recueille des données fondamentales sur les propriétés et le comportement des matériaux de construction, contribue à l'élaboration des normes et des prescriptions techniques de comportement de ces matériaux, et aide

\* Ces renseignements sont, pour la plupart, tirés de la brochure intitulée « Activités des laboratoires » (NRC - 72), publiée par le Conseil national de recherches, à Ottawa.

l'industrie et les organismes publics à résoudre des problèmes d'importance nationale en matière de matériaux de construction.

*Comportement physique des bâtiments:* Cette section étudie les phénomènes acoustiques et vibratoires affectant les bâtiments et gênant leurs occupants. La recherche sur les vibrations porte surtout sur le comportement des bâtiments et autres ouvrages soumis à des efforts variables. La recherche en acoustique se concentre sur l'absorption et la propagation des bruits dans les bâtiments et par les éléments de construction, sur l'étude du comportement du bruit dans divers milieux, et sur les vibrations et les bruits provenant de sources intérieures et extérieures.

*Gros œuvres:* Cette section s'occupe surtout de donner des informations sur le calcul des ossatures, sur les facteurs déterminant la sécurité des gros œuvres, et aussi d'étudier sur place les effets des surcharges de vent et de neige. Une bonne partie des travaux vise à améliorer les normes de gros œuvres du Code national du bâtiment.

*Recherches sur la prévention des incendies:* Les travaux de cette section visent à réduire les pertes de vies et de biens occasionnées par les incendies. La section s'occupe des questions intéressant le Code national du bâtiment: recherche sur la résistance des matériaux au feu, sur leur inflammabilité superficielle, et sur leurs résidus de combustion. Elle dispose de grands fours pour des essais normalisés de résistance au feu, et d'un four-tunnel pour les essais sur la propagation du feu.

*Recherches géotechniques:* Cette section étudie les problèmes posés par les sols, le pergélisol, la tourbe, la glace et la neige; elle s'efforce de recueillir des données sur les sols d'assise, et d'élaborer les techniques pertinentes, qu'elle met au service de l'industrie de la construction. Elle dispose d'un laboratoire de mécanique des sols situé à Ottawa, et de deux chambres froides pour les études concernant la glace et les sols gelés. La station de Thompson, au Manitoba, effectue des essais sur pergélisol. La section a entrepris également un programme de recherches sur les avalanches dans les montagnes de l'Ouest canadien. La section de géotechnique a une importance particulière pour la branche des travaux publics de l'industrie de la construction.

*Recherches sur l'équipement immobilier:* Cette section étudie le milieu interne des bâtiments, et comment il est modifié par les caractéristiques de son enceinte et de l'équipement qu'il contient. Elle accorde une grande attention à la mise au point de méthodes et de moyens d'évaluation des coefficients d'herméticité, d'imperméabilité et d'isolation thermique des parois et des fenêtres. Mais elle accorde aussi beaucoup d'importance à l'amélioration des méthodes de calcul du bilan hygrothermique des bâtiments, et de l'énergie nécessaire à la climatisation. La simulation informatique a permis de recueillir des données sur le cheminement des fumées et des gaz dans les édifices-tours.

Le Groupe des codes et des normes\* coordonne les services auxiliaires fournis pour la rédaction des Codes nationaux du bâtiment et de

\* L'Annexe H fournit des renseignements complémentaires sur les Codes nationaux du bâtiment et de la prévention des incendies.

la prévention des incendies, et aux comités associés correspondants, et il accomplit les études nécessitées par ces codes. Le Groupe est aussi chargé d'accorder une aide technique à la Société centrale d'hypothèques et de logement, et de maintenir les contacts avec la *Housing and Urban Development Association of Canada*.

Le principal objectif du *Groupe des méthodes du bâtiment* est de recueillir, diffuser et utiliser les connaissances scientifiques et techniques sur le bâtiment, utiles à l'industrie de la construction. Il diffuse les informations provenant de la Division, et sert d'intermédiaire avec les secteurs s'intéressant à l'emploi, à la conception et à la construction des bâtiments.

Ce Groupe comprend une *section d'architecture-ingénierie*, chargée de recueillir des données des sciences du bâtiment, pour utilisation par les bureaux d'étude, leur permettant ainsi de calculer le comportement des bâtiments et de leurs éléments. Une section de *destination des bâtiments* se charge de recueillir les connaissances permettant de préciser les besoins des occupants, et en particulier leurs besoins sécuritaires. Elle étudie les déplacements des occupants d'un bâtiment pendant son évacuation, son utilisation par les invalides et la définition et la classification des aires d'activités. Les données recueillies servent à la rédaction du Code du bâtiment, et à améliorer les plans et la gestion des bâtiments. Une section de la *construction* fournit à l'industrie les données qui lui permettront d'améliorer l'érection des bâtiments, d'expliquer leurs faiblesses de comportement, d'accroître l'efficacité des opérations de leurs chantiers, et d'améliorer leurs méthodes de construction. Cette section répond aussi aux demandes de renseignements techniques de l'industrie, et informe les sections de recherche des besoins du secteur de la construction. Une *section des publications* se charge de la préparation, de l'impression et de la distribution de tous les rapports concernant les travaux et les activités de la Division. Ces publications représentent le principal moyen de communication de cette dernière avec l'industrie de la construction. Comme cette industrie englobe des branches dont les intérêts sont différents, la section des publications veille à ce que l'information provenant de la Division paraisse sous une forme bien adaptée, et atteigne les lecteurs intéressés. Des milliers de ceux-ci reçoivent, chaque mois, des listes des plus récents rapports de la DRB, ou des exemplaires du bulletin mensuel, intitulé « *Digest de la construction au Canada* ».

La *bibliothèque de la Division des recherches en bâtiment* sert non seulement les chercheurs de la Division, mais aussi les ingénieurs-conseils, les architectes, les entrepreneurs, les professeurs et les étudiants de tout le Canada. Elle maintient aussi des liens avec d'autres sources d'information sur le bâtiment à l'étranger. Cette bibliothèque, étant une annexe de la Bibliothèque scientifique nationale, dispose d'ouvrages en sciences fondamentales et appliquées intéressant le bâtiment. Elle publie régulièrement les listes des ouvrages commandés et reçus.

Pour répondre aux besoins de certains spécialistes et techniciens du

bâtiment, la Division parraine, de temps à autre, des colloques et des conférences sur des aspects de la technique et des sciences du bâtiment.

#### *La Société centrale d'hypothèques et de logement\**

C'est en 1945 que fut promulguée la loi faisant de la SCHL\* une société de la Couronne. Sa tâche principale est de veiller à l'application des lois fédérales sur l'habitation. Les affaires de la Société sont traitées à Ottawa, et dans des bureaux régionaux et locaux. Le ministre d'État aux Affaires urbaines est autorisé à prélever, sur le Fonds du Revenu de l'État, les sommes qu'il avance à la SCHL, en vertu de la Loi nationale sur l'habitation et de la Loi sur la SCHL. Grâce à ces fonds, la Société accorde des prêts; en retour, elle donne au ministre des obligations portant intérêts. Les revenus de la Société sont constitués par les intérêts des prêts, des contrats de vente et des hypothèques; ils comprennent également des recettes de location d'immeubles, des droits pour demandes de prêts assurés, des rétributions pour services rendus à des organismes publics, et des profits réalisés dans la vente de biens immobiliers. La Société remet tous ses bénéfices au Trésor fédéral, mais elle doit payer l'impôt sur le revenu. La présente Loi nationale sur l'habitation a été adoptée en 1954, et a été modifiée plusieurs fois depuis cette date.

D'après le titre V de la Loi nationale sur l'habitation, la SCHL peut accorder des subventions aux particuliers et aux organismes qui veulent faire des recherches en matières économique, sociale, technique, et en planification, et qui veulent entreprendre des études approfondies pour l'amélioration du logement et du cadre urbain au Canada. En 1971, par exemple, la Société a consacré plusieurs millions de \$ à ces programmes. Le Conseil canadien de l'habitation a aussi été créé en vertu des dispositions de la Loi nationale sur l'habitation.

Les recherches sur la construction domiciliaire, subventionnées par la SCHL, portent surtout sur les nouveaux matériaux et les nouvelles techniques du bâtiment, qui permettraient d'améliorer la qualité et de réduire le coût du logement. La SCHL ne possède pas de laboratoires; c'est la Division des recherches en bâtiment du CNRC qui réalise, en son nom, des essais sur les matériaux et les installations, et les évalue.

En collaboration avec l'Association nationale des constructeurs d'habitations, la SCHL a construit une série de maisons expérimentales, incorporant des innovations techniques d'emploi des matériaux, et dans d'autres domaines. La SCHL emploie aussi des spécialistes qui assurent des services de consultations en organisation rationnelle du logement et en techniques du bâtiment. La SCHL s'intéresse particulièrement aux efforts des architectes s'occupant d'organisation rationnelle des petites maisons unifamiliales.

\* Les renseignements présentés ici sont tirés du *Rapport Annuel 1971* et d'une brochure intitulée *La SCHL et la Loi nationale sur l'habitation*, publiés par la Société centrale d'hypothèques et de logement. (SCHL, Ch. de Montréal, Ottawa, K1A 0P7).

Au cours des années, la Société a collaboré à l'élaboration et à la révision du Code national du bâtiment. Un Code canadien pour la construction domiciliaire a été publié en 1971, et appliqué, en 1972, pour régir les travaux de construction financés dans le cadre de la Loi nationale sur l'habitation. Des délégués de la Société ont participé aux travaux de l'Association canadienne de normalisation; ils ont fait partie du comité consultatif de la construction industrialisée, par exemple. L'utilisation de maisons préfabriquées et l'extension de la Loi nationale sur l'habitation au financement des maisons-remorques (*mobile homes*) ont conduit la SCHL à inspecter les usines qui les fabriquent, tout comme les chantiers de construction.

### **Le ministère des Travaux publics\***

La mission du ministère des Travaux publics\* est décrite comme suit dans la brochure intitulée « Travaux Publics Canada » (page 3):

« Les Travaux publics ont une double mission: ils veillent, à titre d'agent immobilier, d'une part à ce que les ministères et les organismes fédéraux à programme obtiennent les terrains, les immeubles et les autres aménagements dont ils ont besoin pour bien réaliser leurs programmes, et d'autre part, dans la mesure de leurs pouvoirs actuels, à ce que les investissements immobiliers de milliards de dollars, littéralement, effectués au fil des ans par l'Administration fédérale, et qui s'accroissent à l'heure actuelle à raison d'un demi-milliard de dollars par année, donnent un rendement optimal. Le Ministère joue donc deux rôles: il offre des services à sa clientèle et assure l'administration immobilière ».

On peut décrire comme suit quelques-uns des services offerts; le Ministère doit:

- fournir des bureaux et d'autres locaux à usages divers aux ministères et établissements de l'État;
- offrir à ces organismes des services d'ingénierie, d'architecture et de gestion de la construction, pour répondre à leurs besoins en locaux spécialisés;
- effectuer l'acquisition, la mise en valeur et la vente des biens immobiliers des ministères et des établissements-clients, ainsi que d'autres services immobiliers voisins;
- se charger, sur demande, de l'administration et de l'entretien d'immeubles particuliers.

La brochure indique un troisième rôle, plus récent (p. 5):

« . . . notre mission prend une troisième dimension, celle de l'élaboration d'un programme valable de recherche et de développement en matière de technologie. Ce programme sera au service de toutes les

\* Les renseignements donnés ici ont été recueillis au cours d'une rencontre avec les cadres supérieurs du ministère des Travaux publics, et proviennent aussi de la brochure « Travaux Publics Canada », publiée par ce Ministère en novembre 1972. (Ministère des Travaux publics, Édifice Sir Charles Tupper, Confederation Heights, Promenade Riverside, Ottawa, K1A 0M2).

directions d'exploitation, et portera surtout sur la recherche, qui découlera tout naturellement de notre situation en tant que constructeur et propriétaire d'immeubles le plus important au pays. Nous osons espérer que nos travaux de recherche seront une aide précieuse en matière de conception, de construction et d'activités immobilières en général.

Le programme tiendra compte de l'impact que peuvent avoir notre grande envergure et la complexité de notre exploitation sur les industries de la construction et de l'immobilier du Canada, et par le fait même, il devra aussi tenir compte du fait qu'il nous incombe de jouer un rôle pertinent dans le développement de la technologie. La recherche et le développement sont donc appelés à devenir une préoccupation-clé du ministère des Travaux publics dans l'exercice de ses nouvelles fonctions ».

Depuis plus d'un an, le ministère des Travaux publics a réorganisé ses méthodes de gestion et revu ses principes directeurs. Avant cette réorganisation, le Ministère disposait d'un bureau d'étude et d'un laboratoire d'essais. L'importance accordée par le Ministère à « la R & D technique » est nouvelle. Cette activité relève maintenant d'un sous-ministre adjoint. Le laboratoire d'essais, par exemple, jouera un rôle de plus en plus important en cette matière, mais ses responsabilités et ses fonctions n'ont pas encore été entièrement précisées. Comme le mentionne « Travaux publics Canada » (p. 11) :

« Il n'est plus à prouver que de notre position en tant qu'important propriétaire, concepteur, constructeur et exploitant d'immeubles et d'ouvrages découlera le fait que notre laboratoire est sans pareil au Canada pour ce qui est d'une information en retour vitale, information qui, à l'heure actuelle, ne se trouve ni au Ministère ni nulle part ailleurs à l'échelle désirée, bien qu'elle soit essentielle si nous voulons profiter de nos années d'expérience dans le domaine ».

Le Ministère projette d'effectuer des travaux de recherche appliquée et de développement technique en fonction de ses responsabilités de gestionnaire d'immeubles et en vue d'encourager les activités de construction, de conception et de l'immobilier. Le Ministère espère se joindre à la communauté de la R & D en collaborant avec les universités, le Conseil national de recherches du Canada et d'autres organismes. Il ne modifiera guère ses activités de conception et de construction, à l'exception de celles d'administration. Il accordera une attention particulière au recrutement de gestionnaires de programmes compétents, ainsi qu'aux capacités du personnel de l'administration centrale, à Ottawa, et des divers bureaux régionaux.

## **Annexe B – Les activités des conseils de recherches provinciales en matière de construction**

Au moment de la rédaction du présent rapport, les provinces de Terre-Neuve et de l'Île du Prince-Édouard n'avaient pas de Conseil de recherches. L'information contenue ici, et concernant les conseils de recherches des autres provinces, est conforme, sauf indication contraire, à leur rapport sur le dernier exercice financier (avril 1972 – mars 1972)\*. Ils donnent une information plus détaillée que celle fournie dans l'Annexe A à propos de la Division des recherches en bâtiment du CNRC; en effet, ils y ventilent pour la première fois leurs activités en matière de construction.

### **A. Fondation de recherches de la Nouvelle-Écosse**

1° *Aide à la recherche* de matières premières pour la construction, et aux levés de carrière; aux études sur les fondations, les matériaux de construction et les éléments préfabriqués, et sur la réduction du bruit; à l'utilisation des techniques de recherche opérationnelle pour l'aménagement du territoire; aux travaux géologiques; aux services d'information technique et d'organisation industrielle; aux recherches bibliographiques.

2° *Domaines de recherches*: échanciers de travaux de construction; agencement d'usines de matériaux de construction; optimisation de l'emplacement des dépotoirs; géologie des terrains de surface pour le tracé des routes et la recherche des gravières; levés géophysiques et mise au point de l'équipement d'étude des fondations, de l'épaisseur des mort-terrains, et de la qualité de la roche d'assise; recherches géophysiques pour les matériaux de construction; analyses chimiques des produits de la corrosion; utilisation et application des isolants; et consultations en matière de normes d'insonorisation du matériel de construction.

#### 3° *Aide financière*

<i>Domaine</i>	<i>Source</i>	<i>Subventions</i>
Recherche appliquée	Secteur public	5 000 \$
Développement technique	Secteur public	33 000 \$
Ingénierie	Secteur public	10 000 \$
Ingénierie	Industrie	17 500 \$
		65 500 \$

4° *Service de renseignements techniques*: fourniture de renseignements techniques sur demande, et avec consultation de la Division des recherches en bâtiment du CNRC; recherches bibliographiques sur des problèmes particuliers intéressant les consultants et les entrepreneurs.

5° *Rapports avec les organismes fédéraux, provinciaux et autres s'occupant de construction*: Conseil canadien des normes; Association cana-

Les données fournies dans la présente annexe ont été communiquées par les administrateurs des huit Conseils ou Fondations, ou par leurs suppléants.

\* Pour toutes données complémentaires sur les Conseils de recherches, consulter l'Étude de documentation n° 19, réalisée par Andrew H. Wilson pour le Conseil des sciences du Canada: *Les conseils de recherches dans les provinces, au service du Canada*, Information Canada, Ottawa, 1971.

dienne de normalisation; *Provincial Metrication Committee*; (*Nova Scotia*) *Voluntary Economic Planning Metrication Committee*; *Nova Scotia Water Resources Commission*; et *Eastern Passage Committee on Drilling operations*.

6° *Rapports avec les universités et les organismes étrangers*: Aucun rapport en matière de construction.

**B. Comité de la recherche et de la productivité du Nouveau-Brunswick**

1° *Aide accordée en matière de*: construction industrialisée; mathématiques du bureau d'étude; matériaux de construction; plastiques; éléments préfabriqués; information technique; architecture-ingénierie; organisation industrielle; commercialisation.

2° *Domaines de recherches*: fabrication des granulats légers; ciments hydrauliques et additifs; inventaire des gisements de minéraux industriels de la province; résistance à l'intempérie et durabilité des pierres de construction; propriétés chimiques des cendres volantes comme additif au ciment; caractéristiques de cuisson des argiles à briques; terrazzo à agrégat de céramique vitrifiée; causes de la combustion spontanée de l'isolant en fibre de verre; essais mécaniques des tuyaux en matière plastique; nouvelle forme des matrices pour tuyaux en matière plastique; peintures; essais de comportement des humidificateurs incorporés; processus de fabrication industrielle de maisons; études de faisabilité en matière de méthodes de construction modulaire d'écoles; conception d'éléments pour les maisons préfabriquées; calcul des contraintes des enveloppes monocoques de bâtiments; soudage des pieux magnétisés; évaluation du bruit produit par le matériel de construction; et étude du marché pour les clins (*sidings*) mixtes en bois et plastique.

3° *Aide financière*

<i>Domaine</i>	<i>Source</i>	<i>Subvention</i>
Développement technique et ingénierie	Industrie	2 700 \$
	Secteur public	6 800
Dépannage	Industrie	2 500
	Secteur public	200
Contrôle de la qualité	Industrie	4 400
	Secteur public	2 000
		18 600 \$

4° *Service de renseignements techniques*: accordé pour 25 demandes d'entrepreneurs et d'autres personnes travaillant pour des entreprises de construction ou des entreprises voisines.

5° *Rapports avec les organismes fédéraux, provinciaux, et autres en matière de construction*: Conseil canadien des normes et Comité des normes de l'Association canadienne de normalisation.

6° *Rapports avec les universités et les organismes étrangers*: *American Society for Testing and Materials*; *American Society of Metals*, et autres organismes.

### **C. Le Centre de recherche industrielle du Québec (CRIQ)**

Le CRIQ est un organisme relativement nouveau, et on ne peut répartir ses plus récentes activités en matière de construction sous les six rubriques utilisées pour les sept autres conseils de recherche. Néanmoins, on peut faire les remarques suivantes au sujet de ses possibilités d'aide à l'industrie de la construction:

a) Au cours des années 1972 et 1973, le CRIQ a effectué des études de faisabilité, en vue d'évaluer le caractère innovateur et la viabilité économique d'un certain nombre de projets de construction domiciliaire, de même que leur place dans le plan global de travail du Centre.

b) Le CRIQ, par le truchement de ses diverses divisions, peut étudier la construction industrialisée, le choix des matériaux, l'optimisation des gros œuvres; l'évaluation des concepts et le comportement des maquettes. Cependant, son personnel doit maintenir des contacts avec les groupes intéressés pour être à même de poursuivre les travaux.

c) Le CRIQ axe la plupart de ses activités de R & D sur la construction mécanique, l'organisation des systèmes et l'étude des matériaux. Mais il possède aussi des sections d'analyse de l'information technique, de recherche sur les marchés et de coordination de la gestion, ainsi qu'une section administrative et des laboratoires techniques.

d) Pour un travail particulier en matière de construction, il peut réunir des équipes pluridisciplinaires provenant de ses trois principaux domaines de R & D spécialisée.

e) Pour poursuivre ses études de faisabilité en matière de construction, le CRIQ peut s'assurer la collaboration des groupes universitaires intéressés.

### **D. La fondation de recherches de l'Ontario**

1° *Aide accordée* dans toutes les branches de la construction; elle concerne les programmes à long terme de R & D, aussi bien que ceux à court terme (y compris les travaux des bureaux d'étude, la consultation, la mise au point des prototypes et des matériaux, l'évaluation technique et le calcul des charges).

2° *Domaines de recherches*: On peut les répartir en trois grandes catégories (matériaux de construction minéraux, matériaux de construction organiques, et ingénierie), elles-mêmes subdivisées en: béton, ciment Portland, plâtre, chaux et autres matériaux à base de ciment; blocs, panneaux, produits verriers, briques et autres matériaux céramiques de construction, techniques anti-corrosion; revêtements protecteurs, peintures, adhésifs, asphalte et produits bitumineux; plastiques, y compris les mousses isolantes; études d'inflammabilité et d'ignifugation des plastiques, du bois et d'autres matériaux; éléments composites; textiles (tapis et revêtements muraux); purification de l'eau et traitement des eaux d'égouts: analyse des contraintes et techniques d'évaluation des charges et de calcul des éléments porteurs.

3° *Aide financière*: elle atteint environ 1 million de \$ par année. Les contrats accordés par l'industrie en fournissent environ 70 pour cent, et

ceux du secteur public, environ 30 pour cent; les trois quarts de ces contrats concernent la recherche appliquée et le développement technique.

4° *Service de renseignements techniques*: aide gratuite du SIT et service d'ingénierie local et restreint, animé par le gouvernement de l'Ontario et le Conseil national de recherches; de plus, la diffusion de l'information technique est aidée par les contacts avec les spécialistes de la construction.

5° *Rapports avec les organismes fédéraux, provinciaux et autres*: Ils sont noués dans le cadre des contrats de recherches et du travail des comités.

6° *Rapports avec les universités et les organismes étrangers*: ils sont établis par des contacts personnels et l'appartenance à des comités.

#### **E. Le Conseil de recherches du Manitoba\***

1° *Assistance disponible* pour: L'élaboration des programmes de R & D en matière de matériaux et de matériel de construction; la mise en route des projets à frais partagés réalisés par l'industrie; et la recherche et l'utilisation de l'information technique.

2° *Domaines de recherches*: mise au point du matériel; mise au point et essai de nouveaux matériaux; et évaluation technico-économique des méthodes modulaires de construction domiciliaire.

3° *Aide financière*: au cours des deux dernières années, environ 100 000 \$ ont été accordés pour des projets dans le domaine de la construction, et une somme équivalente a été fournie par l'industrie.

4° *Service de renseignements techniques*: les entreprises locales peuvent obtenir des renseignements du personnel du Conseil, et grâce à la coopération d'universitaires, de consultants, et de la succursale manitobaine du CNRC; elles peuvent aussi s'adresser à un nouveau service technique d'analyse et d'évaluation.

5° *Rapports avec les organismes fédéraux, provinciaux et autres*: Conseil canadien des normes; Conseil national de recherches du Canada.

6° *Rapports avec les universités et les organismes étrangers*: Université du Manitoba et les autres établissements d'enseignement de la province.

#### **F. Le Conseil de recherches de la Saskatchewan†**

1° *Aide accordée* pour: l'étude géologique et pédologique des chantiers; le calcul des fondations; les matériaux céramiques de construction en général.

2° *Domaines de recherches*: hygrométrie des sols; isolation et chauffage des conduites d'eau souterraines; prospection pour les matériaux de construction, tels les argiles céramiques, le sable et le gravier; études sur la fabrication du ciment, la fabrication d'agréats légers et l'utili-

\* Ce Conseil est le seul à ne pas disposer de laboratoires, et aussi à faire partie d'un ministère provincial.

† Les données sur ce Conseil concernent plusieurs exercices financiers.

sation des dépôts calcaires; études des fondations pour murs porteurs et maisons à pans en bois, de plein pied; étude sur le milieu matériel, l'écoulement des eaux de pluie, les égouts; services d'information technique et d'organisation industrielle.

3° *Aide financière*: on ne dispose d'aucune donnée sur la répartition des sommes.

4° *Service de renseignements techniques*: il fournit son aide dans les domaines suivants: fabrication des granulats légers et des parpaings; matériel de construction; béton; tassement des fondations; couverture; isolation et condensation.

5° *Rapports avec les organismes fédéraux, provinciaux et autres*: Laboratoire annexe de la Division des recherches en bâtiment du CNRC, dans les terrains de l'Université de la Saskatchewan; CNRC, à Ottawa.

6° *Rapports avec les universités et les organismes étrangers*: Université de la Saskatchewan.

## **G. Le Conseil de recherches de l'Alberta**

1° *Aide accordée pour*: la recherche, l'architecture-ingénierie, le développement technique, les essais et les études sur place en matière de matériaux de construction; la recherche en matière de grandes routes; les relevés sonométriques; les services d'information technique et d'organisation industrielle.

2° *Domaines de recherches*: réservoirs en matière plastique pour maisons-remorques, solives en matière plastique renforcée par des fibres de verre; fosses septiques elliptiques; enceintes à isolement acoustique pour zones bruyantes; installations de chauffage et d'éclairage; toitures composites, études sur les pertes thermiques, les serres et les entrepôts à légumes; gradients thermiques des fenêtres; études sur les mécanismes d'évacuation de la fumée, réglage de la vitesse des ventilateurs; mauvais fonctionnement des toits; évaluation de l'herméticité des fenêtres; épaisseur de la peinture; cyclones de dépoussiérage; contrôle de la qualité des éléments préfabriqués; solidité de la couleur des briques artificielles; rupture des tuyauteries souterraines en plastique; études géologiques des chantiers de bâtiments et d'ouvrages de génie civil; relevés du bruit des moteurs à gaz et des locaux à bureaux, etc.; recherches sur les grandes routes et les ponts; homologation et étalonnage des sonomètres utilisés par la police pour la lutte anti-bruit.

3° *Aide financière*: On ne dispose d'aucune statistique, sauf pour la recherche sur les grandes routes, à laquelle l'administration provinciale a alloué une subvention de 300 000 \$ pour l'année; cependant, on peut dire que l'industrie a payé environ le tiers du coût des études à court terme, et que le reste a été acquitté par le truchement de programmes communs du CNRC et de l'administration albertaine.

4° *Service de renseignements techniques*: il peut être consulté à propos de problèmes très divers, y compris les caractéristiques des matériaux et les méthodes de construction; les réponses sont données par le Conseil lui-même, ou par la Division des recherches en bâtiment du CNRC.

5° *Rapports avec les organismes fédéraux, provinciaux et autres*: Divisions des recherches en bâtiment et de mécanique du CNRC; Société centrale d'hypothèques et de logement; Association canadienne de normalisation; *Alberta Housing Corporation*; Ministères des Travaux publics, de la Voirie et de l'Agriculture de l'Alberta; *Canadian Committee on Acoustics*; *Transportation Planning Committee* d'Edmonton.

6° *Rapports avec les universités et les organismes étrangers*: l'Université de l'Alberta participe à la réalisation du programme de recherches sur les grandes routes et les ponts; le Conseil a aussi recours aux autres services de l'Université de l'Alberta.

## **H. Le Conseil de recherches de la Colombie-Britannique**

1° *Aide accordée*: aux entreprises de plomberie et d'équipement en matériel soucieuses d'organisation industrielle et d'amélioration de leur productivité; aux fabricants de matériaux et d'équipement, pour la mise au point de produits, de méthodes et d'équipement, l'amélioration de la productivité, l'évaluation des produits et l'étude des marchés.

2° *Domaines de recherches*: par exemple, la mise au point de nouvelles peintures; des essais de déformation sur des pans de mur; des essais d'infiltration de poussières, et des revêtements retardant la combustion des bardeaux en genévrier de Virginie (*cedar*); la mise en œuvre des techniques d'organisation industrielle dans les industries du bois d'œuvre et du contreplaqué; l'essai des substances protectrices du bois; des études sur le traitement des déchets; des cours abrégés sur l'étude du travail et les techniques commerciales.

3° *Aide financière*: On ne dispose d'aucune statistique définitive; la plupart des travaux de R & D sont réalisés sous contrats de l'industrie; cependant, le lancement des travaux de recherches aléatoires peut se faire à l'aide de subventions de l'Administration de la Colombie-Britannique; le CNRC finance en grande partie l'effort d'information technique et d'organisation industrielle.

4° *Service de renseignements techniques*: il est assuré par le SIT et les services d'organisation industrielle; le personnel du B.C.R. effectue surtout des visites d'entreprises.

5° *Rapports avec les organismes fédéraux, provinciaux et organismes provinciaux locaux*: les contacts ont lieu surtout avec la Division des recherches en bâtiment du CNRC, dont deux membres travaillent dans les laboratoires du B.C.R.

6° *Rapports avec les universités et les organismes étrangers*: aucun contact en matière d'industrie de la construction.

## **Annexe C – Les associations canadiennes du secteur de la construction**

Il existe au Canada un grand nombre d'associations nationales et régionales relatives à l'industrie de la construction, ainsi que des centaines de syndicats d'entrepreneurs et d'autres organismes. Nous allons examiner ici brièvement les activités de quelques-unes des associations *nationales*, et décrire leurs rôles d'encouragement de la diffusion des nouvelles techniques. Ce sont: l'Association canadienne de la construction et la *National Construction Industry Development Foundation* qu'elle parraine; le *Canadian Institute of Steel Construction*; l'Association du ciment Portland et le Conseil canadien du bois.

### **Association canadienne de la construction\***

Fondée en 1918, et constituée par charte fédérale en 1919, l'Association s'est donnée pour objectifs:

- a) d'être le porte-parole de l'industrie canadienne de la construction en matières d'intérêt national;
- b) de favoriser les bonnes relations entre ses membres et les maîtres d'ouvrage, architectes et ingénieurs;
- c) de faire prévaloir des méthodes approuvées au sein de l'industrie de la construction;
- d) de recueillir et de diffuser des données utiles à l'industrie de la construction;
- e) d'accroître l'activité de construction et d'améliorer les conditions de travail des industries associées;
- f) de coordonner la production, la fabrication, la distribution, les activités spécialisées et constructives des entreprises, pour en augmenter l'efficacité et l'utilité;
- g) de constituer une tribune permettant à ses membres d'échanger leurs opinions et de coordonner leurs efforts.

D'après les statuts de l'Association, peuvent devenir membres les particuliers, les entreprises ou les sociétés appartenant à quelque titre que ce soit à l'industrie de la construction canadienne; les groupes, les entreprises, les sociétés ou les associations qui travaillent dans l'industrie ou qui s'y intéressent peuvent s'affilier à l'A.C.C. Les membres sont répartis dans les sections suivantes: entrepreneurs généraux, constructeurs de routes et de gros œuvre, entrepreneurs spécialisés, et fabricants et fournisseurs de matériaux, de matériels et de services. Actuellement l'A.C.C. compte plus de 2 000 entreprises privées et quelque 95 associations, groupant ainsi plus de 12 000 membres. Chaque section et chaque province est représentée au Conseil d'administration de l'A.C.C., et chaque association-membre est représentée au Conseil national de l'A.C.C., et peut déléguer un de ses membres à chacun des comités permanents. L'A.C.C. permet aux associations locales, urbaines, ré-

\* Les renseignements nous ont été fournis par l'Association.

gionales et provinciales œuvrant en construction de poursuivre des buts communs dans le cadre d'une seule association. Elle offre divers services à ses membres: elle publie des bulletins d'information et d'autres documents; elle les représente auprès des autorités à Ottawa, où se trouve son siège social; elle constitue un centre d'échange d'information pour l'industrie de la construction; elle publie les appels d'offres des entreprises fédérales; ses spécialistes étudient des problèmes d'ingénierie, de relations de travail, de droit, de relations publiques, de fiscalité et de liaison avec les architectes. Ces services sont pris en charge par divers comités de l'Association.

L'Association s'intéresse à la formation générale et technique. Elle parraine la *National Construction Industry Development Foundation*. Son personnel compte des spécialistes qualifiés, mais elle ne s'intéresse que passivement à la diffusion des nouvelles techniques et à l'innovation. L'A.C.C. laisse les questions techniques à la Fondation et aux autres associations, qui ont pour rôle particulier de les étudier.

#### **National Construction Industry Development Foundation (NCIDF)\***

Cette Fondation a été instituée en 1971, sous le parrainage de l'A.C.C. Elle a reçu une subvention initiale de démarrage de 50 000 \$ du ministère de l'Industrie et du Commerce. Ultérieurement, elle assurera son financement grâce aux fonds versés par l'industrie de la construction elle-même.

La Fondation a pour objectif premier de favoriser et de financer la recherche industrielle et les essais exécutés par l'industrie elle-même, ou par les établissements de recherche, y compris les établissements d'enseignement, afin d'accroître l'efficacité de l'industrie de la construction. Voici certains objectifs particuliers de la Fondation; elle doit:

- susciter le désir de surmonter les obstacles techniques et scientifiques qui empêchent l'industrie de la construction d'atteindre l'efficacité maximale, et, à cette fin, promouvoir et financer les recherches industrielles et les essais, qu'ils soient effectués par l'industrie ou par des établissements subventionnés de recherche et d'enseignement;
- encourager la formation technique au sein de l'industrie, en subventionnant l'amélioration des équipements de formation scolaire, scientifique et technique par les universités ou d'autres établissements d'enseignement reconnus;
- parrainer, seule ou de concert avec les ministères provinciaux de l'éducation et les établissements d'enseignement reconnus, des cours de formation pour les administrateurs, les contremaîtres et autres membres du personnel;
- mettre les ouvriers spécialisés au courant des nouvelles techniques et méthodes de construction adoptées par l'industrie; former et perfectionner les travailleurs par des cours de rafraîchissement des connaissances, ou de recyclage; faciliter l'adaptation des cours à l'évolution qui se

\* Ces renseignements nous ont été fournis par la Fondation.

produit et, le cas échéant, mettre ces services à la disposition d'autres groupes de travailleurs;

- encourager la sécurité sur les chantiers, et collaborer avec les organismes qui travaillent déjà à la prévention des accidents;
- parrainer un service consultatif dont l'objet serait d'encourager l'efficacité gestionnaire et administrative au sein de l'industrie de la construction, d'améliorer les relations humaines et d'alléger les difficultés techniques et scientifiques rencontrées pendant la construction;
- entreprendre des études statistiques détaillées sur l'activité de construction, les coûts, l'emploi et la productivité;
- parrainer la réalisation de projets modèles grâce aux méthodes modulaires;
- et mener des études économiques en vue de stabiliser la croissance de l'activité canadienne de construction.

### **Canadian Institute of Steel Construction\***

Le *Canadian Institute of Steel Construction (CISC)* est une association professionnelle nationale groupant les fabricants d'acier de charpente, de solives en treillis et de tôles d'acier du Canada. Les entreprises qui en font partie produisent plus de 500 000 tonnes d'acier usiné chaque année, et emploient environ 15 000 travailleurs. De plus, les principales aciéries canadiennes et d'importantes aciéries britanniques et étatsunien-nes sont membres associés de l'Institut.

Le CISC a été fondé en 1930, et il a obtenu en 1942 une charte fédérale d'association professionnelle à but non lucratif. Alors qu'au début il n'employait qu'une seule personne, l'Institut compte aujourd'hui plus de 30 employés à son siège social de Toronto et dans ses bureaux régionaux d'Halifax, de Montréal, de Toronto, de Winnipeg, d'Edmonton et de Vancouver. Les membres du CISC doivent se plier au Code des méthodes approuvées de l'Institut. Le Bureau de l'Institut compte 24 membres.

Le CISC est à la fois un organisme technique et de mise en marché s'occupant de conception rationnelle et d'utilisation efficace et économique de l'acier. Il est au service des entrepreneurs, des propriétaires, des promoteurs-constructeurs, des architectes, des ingénieurs, des établissements d'enseignement et les trois paliers de gouvernement. Ses activités comprennent:

- l'ingénierie et la recherche;
- la mise au point d'aides pour la conception, y compris des programmes informatiques;
- l'évaluation des coûts des projets;
- la recherche de données statistiques et de renseignements sur le marché;

\* Nous avons tiré la plupart de nos renseignements de la brochure intitulée *Symbol of Progress – An Introduction to the CISC*, publiée par le *Canadian Institute of Steel Construction*, 1815 Yonge St., Toronto, Ont.

- la formation de services consultatifs et techniques sur l'étude des éléments porteurs, les codes, les normes, les règlements, la protection contre les incendies, les cahiers des charges, etc.
- l'envoi de conférenciers, et le prêt de films, de diapositives;
- et le parrainage de cours, de séminaires et de conférences.

L'Institut a publié, entre autres: *The CISC Handbook of Steel Construction*, des manuels destinés aux utilisateurs de divers programmes informatiques, des rapports de groupes d'étude sur la conception des ossatures en acier, et les comptes rendus de conférences sur le calcul des éléments porteurs. L'Institut publie également une série d'études sur des emplois réussis de l'acier en construction et un certain nombre de brochures d'information.

Le CISC a participé à la rédaction du Code national du bâtiment depuis le début des travaux. Il a pris part à des études sur la protection contre l'incendie et a financé, depuis 1964, le travail d'un stagiaire en recherches à la section des recherches sur la prévention des incendies de la Division des recherches en bâtiment du CNRC, à Ottawa. Le CISC participe aux travaux de l'Association canadienne de normalisation, de l'*American Society for Testing and Materials*, de la *Specification Writers Association of Canada*, et d'organismes internationaux œuvrant à l'élaboration des codes et des normes.

En collaboration avec le *Canadian Steel Industries Construction Council*, dont il fait partie, le CISC a parrainé des travaux de recherche dans des universités canadiennes pendant plusieurs années. Le montant qu'il y a consacré en 1972 atteignait environ 80 000 \$. Les résultats de ces travaux sont habituellement publiés dans des revues techniques, dans les publications du CISC ou dans des comptes rendus de conférences. Ils peuvent également servir à la rédaction ou à la révision des codes et des normes. Par l'intermédiaire de ses commissions permanentes de R & D, des tôles d'acier, des solives en treillis, etc., le CISC étudie des sujets techniques intéressant l'industrie de la construction.

Du point de vue juridique, l'Institut s'intéresse à des sujets comme la fiscalité, la passation des contrats et leurs stipulations, l'assurance-accidents du travail, la sécurité, les codes, les normes et les règlements, et à d'autres questions.

Dans son mémoire présenté en avril 1969 au Comité sénatorial de la politique scientifique, le CISC a fait un certain nombre de remarques assez intéressantes.

Ainsi, il a mentionné que:

- les ressources financières des membres du CISC diminuaient beaucoup au cours des ralentissements cycliques de l'activité de construction, ce qui les empêche de financer les travaux de recherche de façon continue;
- les recherches les plus importantes sur l'acier de charpente, dont les résultats servent aux bureaux d'étude, se font à l'extérieur du Canada, plus particulièrement à l'Université Lehigh, à l'Université de l'Illinois et à celle de Cambridge, entre autres; les recherches canadiennes por-

tent surtout sur des problèmes spéciaux posés par les ossatures d'acier\*;

- les calculs d'ossature métallique répondent généralement aux prescriptions de l'Association canadienne de normalisation, bien que, pour certains projets, on suive les normes étatsuniennes;
- le calcul des tôles d'acier dépend presque entièrement des travaux de recherche étatsuniens, et ce sont les normes des É.-U. qu'on utilise pour les grands travaux;
- la R & D en matière de soudure est surtout réalisée aux États-Unis, en Grande-Bretagne, en URSS et au Japon, et le Canada n'y participe qu'assez peu;
- de nombreuses entreprises-membres effectuent des travaux de « recherche appliquée » ou « développement technique », pour répondre aux besoins de contrats particuliers ou de la fabrication, et utilisent du personnel et des laboratoires à cette fin;
- le Code national du bâtiment, rédigé par la Division des recherches en bâtiment du CNRC, est d'une valeur inestimable pour l'industrie de la construction; et les grandes villes qui ne l'utilisent pas causent des difficultés constantes à cette dernière.

#### **Association du ciment Portland †**

La *Portland Cement Association* est un organisme à but non lucratif qui existe depuis 1916 aux États-Unis; son siège social se trouve à Chicago et ses laboratoires ont été construits entre 1948 et 1969 à Skokie, en Illinois. La section américaine de l'Association emploie plus de 200 ingénieurs, architectes, scientifiques et rédacteurs à son siège social et dans ses laboratoires, et un personnel de près de 400 ingénieurs, architectes et autres spécialistes en poste dans ses bureaux aux États-Unis et au Canada.

Les travaux de l'Association englobent la recherche scientifique, la mise au point de méthodes et produits nouveaux et leur amélioration, la fourniture de services techniques, la publicité et la formation technique et la sécurité des chantiers; son objectif principal est d'améliorer et de répandre l'utilisation du ciment et du béton Portland. Ce sont les entreprises étatsuniennes et canadiennes, membres de l'Association, qui en financent les travaux. Ces firmes sont celles qui ont accompli le plus large effort de fabrication et de vente du ciment Portland dans les deux pays.

L'activité de R & D de l'A.C.P. englobe surtout: la recherche fondamentale sur les matériaux et leurs techniques d'utilisation; la recherche sur les bétons; la recherche sur les incendies; les méthodes de

\* Il faut cependant remarquer que les professeurs du département d'ingénierie de l'Université McMaster, dans une des villes sidérurgiques du Canada, entretiennent de bonnes relations avec les sociétés sidérurgiques et travaillent pour elles.

† Nous avons tiré ces renseignements de deux brochures publiées par la *Portland Cement Association* des États-Unis; l'une d'entre elles s'intitulait: *Today's Portland Cement Association*, et l'autre décrivait les travaux des laboratoires de R & D de la PCA. Nous avons obtenu les renseignements sur les travaux de l'Association au Canada au cours d'une entrevue (Association du ciment Portland, 116, rue Albert, Ottawa, Ont.).

construction; les études en techniques des ossatures; les études de perfectionnement des moyens de transport et les services de renseignements techniques. L'Association s'intéresse tout particulièrement à l'ingénierie antiséismique. Chaque année, la direction de ses laboratoires demande à son personnel en poste et à ses membres, tant aux États-Unis qu'au Canada, de lui proposer des projets de recherche. Les travaux sont effectués surtout dans les laboratoires de Skokie, et leurs résultats sont communiqués aux membres de l'Association et à d'autres entreprises, organismes ou personnes qui s'y intéressent.

Le personnel que l'Association emploie aux États-Unis et au Canada s'occupe beaucoup des codes et des normes; il collabore, à ce propos, avec l'*American Concrete Institute* et l'Association canadienne de normalisation, et il participe à la rédaction du Code national du bâtiment et du Code de prévention des incendies. Au Canada, le personnel de l'A.C.P. travaille en étroite collaboration avec les ingénieurs de la Division des recherches en bâtiment du CNRC, à Ottawa. L'Association a d'ailleurs accordé des bourses de stage de recherche dans les laboratoires de cette Division. Au sujet des questions d'emploi, d'enseignement et de formation, les représentants de l'Association travaillent de concert avec le ministère de la Main-d'œuvre et de l'Immigration.

En plus de fournir des renseignements commerciaux et techniques, l'A.C.P. organise des colloques et des conférences aux États-Unis et au Canada. Les chercheurs des laboratoires de l'A.C.P. élaborent des techniques informatiques de calcul des éléments porteurs, et encouragent leur emploi. L'Association encourage l'usage du béton sous toutes ses formes; cependant, ce n'est pas celle qui le vend, mais les entreprises qui en sont membres.

### **Le Conseil canadien du bois\***

Le Conseil canadien du bois, constitué en société en 1960, est une fédération nationale de 18 associations de l'industrie canadienne du bois; les produits de cette dernière sont le bois d'œuvre, le contreplaqué, les bardeaux et le bois lamellé-collé†. Ces associations ont des objectifs commerciaux pour la plupart; le C.C.B. peut donc assumer d'importantes responsabilités techniques. Il complète donc le travail de ses membres, au lieu de le répéter.

Les quatre objectifs principaux du Conseil sont:

- de représenter l'industrie du bois en matière de Code du bâtiment et de normes;
- de coordonner les activités techniques et de recherche au profit de l'industrie et du public, plus particulièrement en matière de génie des charpentes et de résistance au feu;

\* Ces renseignements sont tirés d'une brochure publiée récemment par le C.C.B. pour décrire ses activités; nous avons également recueilli des données au cours d'une entrevue. (Conseil canadien du bois, 170 av. Laurier ouest, Ottawa, Ont.)

† L'Association canadienne de l'industrie du bois, le *Maritime Lumber Bureau* et l'*Alberta Forest Products Association*, par exemple.

- d’animer des programmes de mise au courant des utilisateurs présents et futurs du bois, afin d’élargir leurs connaissances en la matière;
- d’informer les utilisateurs de bois des progrès de l’industrie, et d’encourager une communication efficace des données au sein de l’industrie du bois.

La principale tâche du Comité consultatif auprès du Bureau de l’Association, lequel compte 18 membres, est d’informer ce dernier des plans et propositions de l’industrie, en veillant aux intérêts des associations-membres. Le personnel du C.C.B., sous la direction du directeur général, offre des services techniques, de formation, d’information et autres.

Les services techniques s’occupent surtout du Code du bâtiment et des normes, de la recherche sur les incendies et le génie des charpentes. Le personnel entretient des rapports étroits avec le Conseil national de recherches et l’Association canadienne de normalisation. En matière d’enseignement, le C.C.B. œuvre de concert avec des établissements d’enseignement, mais organise et dirige également ses propres colloques techniques. Le Conseil se charge également de communiquer, surtout aux architectes et aux ingénieurs, des renseignements sur l’industrie du bois et ses produits, et sur la recherche en matière de produits forestiers. Certains de ces renseignements sont mis sous forme écrite ou compilée par le personnel du C.C.B. Ce personnel entretient aussi des rapports étroits avec le laboratoire fédéral des produits forestiers, et se tient au courant des progrès des normes internationales et du Système international d’unités en Amérique du Nord, et du travail du Conseil canadien des normes.

Le C.C.B., de concert avec le *Wood Council* des États-Unis, parraine parfois la réalisation de projets de recherche dans des universités ou dans des organismes fédéraux aux États-Unis. Cependant, comme les entreprises étatsuniennes sont en bien meilleure position, elles s’intéressent assez peu à financer ou à participer à des projets communs de R & D. Quelques firmes membres des associations affiliées au C.C.B. ont leurs propres laboratoires de R & D.

## **Annexe D – Programmes de recherche et d'aide à l'industrie de la construction**

### **Programme d'aide à la recherche industrielle (PARI)\***

Le Conseil national de recherches soutient la recherche industrielle et l'application de ses résultats à l'avantage de l'industrie canadienne, grâce aux travaux exécutés dans ses propres laboratoires, au Programme d'aide à la recherche industrielle (PARI), et aussi grâce aux subventions qu'il octroie aux chercheurs universitaires.

Le CNRC, dans le cadre du PARI, subventionne les travaux des firmes présentant un projet de recherches intéressant. Les subventions couvrent la rémunération du personnel de recherches, soit environ la moitié du coût total des travaux. Le coût et les risques des projets acceptés en vertu de ce programme se trouvent ainsi répartis à peu près également entre l'organisme fédéral et la firme industrielle.

Le nombre de demandes de financement dans le cadre de ce programme a augmenté rapidement au cours des dernières années; de 44 en 1969-1970, elles sont passées à 76 en 1970-1971 et à 110 en 1971-1972, année du rapport précité. Les demandes d'entreprises canadiennes occupant moins de 200 travailleurs ont aussi augmenté très vite. En mars 1972, le CNRC avait subventionné 229 projets, accomplis par 152 entreprises dans le cadre de PARI; 51 d'entre eux avaient été approuvés au cours de la dernière année.

Sur environ 10,8 millions de \$ alloués dans le cadre de PARI, en 1972-1973, seulement 277 000 \$ (ou 2,5 pour cent) ont financé la recherche en construction, et ce sont les firmes fabriquant des matériaux et des fournitures qui en ont profité.

### **Programme pour l'avancement de la technologie (PAIT)†**

Le ministère canadien de l'Industrie et du Commerce a mis en œuvre cet autre programme en 1965; il vise à favoriser l'essor de l'industrie canadienne et l'efficacité de ses efforts, en subventionnant la réalisation de projets choisis de mise au point de nouveaux produits et procédés de fabrication, ou d'améliorations. Ces progrès font appel aux nouvelles techniques, et ils ouvrent des perspectives intéressantes de commercialisation au Canada et à l'étranger. Les firmes ainsi aidées s'engagent à exploiter, dans un délai raisonnable, les résultats des recherches pour la fourniture du marché canadien, constituant ainsi un volant leur permettant d'exporter, sous réserve bien entendu qu'une telle activité soit rémunératrice.

\* Ces données ont été tirées du *Rapport du Président 1971-1972*, publié par le Conseil national de recherches du Canada, Ottawa, et complétées au cours d'entretiens avec des responsables du CNRC.

† Ces données sont tirées de la brochure *Programme pour l'avancement de la technologie*, publiée par le ministère de l'Industrie et du Commerce, Ottawa, et ont été complétées grâce à des échanges de lettres avec le Ministère, et à des entretiens avec les responsables du Bureau du PAIT.

Ce programme permet d'aider financièrement les entreprises constituées en société au Canada, et désireuses de réaliser un projet de développement technique et d'en exploiter les résultats ici même. Les coûts de réalisation du projet approuvé sont acquittés en partie par le ministère, et en partie par la firme demandeuse. À l'origine, la subvention du PAIT couvrait la moitié du coût prévu, mais elle était remboursable en cas de succès; la subvention devenait alors un prêt. En 1970, les règles d'attribution d'une subvention du PAIT furent révisées pour en faire un versement comptant plutôt qu'un prêt remboursable. En général, le montant de la subvention atteint 50 pour cent des dépenses courantes des travaux de développement technique, y compris certains frais exceptionnels de présérie et le coût des ateliers-pilotes et de l'équipement spécial. Le programme ne sert pas à financer les immobilisations pour construction de locaux d'utilisation générale et achat d'équipement, ni les activités de production et de commercialisation.

Au cours de l'année financière 1970-1971, le PAIT permit de subventionner 141 projets, au montant de 50,7 millions de \$, soit le quadruple de l'année précédente.

## **Annexe E – Exemples de R & D universitaire sous contrat en matière de construction**

### **Institut des études aérospatiales de l'Université de Toronto\***

Il est important de connaître l'ampleur et la répartition des surcharges de vent sur les bâtiments et les ouvrages; ces caractéristiques dépendent de la forme du corps concerné, et de la vitesse et autres paramètres du vent. Les progrès techniques font que les formes des corps sont de moins en moins classiques, et l'étude des surcharges de vent et des forces non stationnaires (induites par les tourbillons) est souvent très compliquée. Seuls les essais en soufflerie sur des maquettes peuvent fournir des données de calcul de l'action du vent.

La liste ci-jointe cite quelques études en aérodynamique des bâtiments et des ouvrages réalisées à l'Institut, afin de fournir aux architectes et aux industriels des données concernant l'action du vent sur les corps. L'Hôtel de ville de Toronto est un exemple typique de dessin architectural audacieux. Ni l'architecte ni ses ingénieurs en bétons et ossatures ne se sont rendu compte que les prescriptions du code du bâtiment en cette matière étaient inadéquates. Les essais en soufflerie sur une maquette de l'Hôtel de ville ont montré que le vent exerçait des efforts de torsion dont on n'avait pas tenu compte au moment du tracé original. On a dû faire de nouveaux plans pour donner à l'édifice une forte rigidité de torsion, à un supplément de coût de 5 millions de \$.

L'étude de ventilation du canal Welland est un bon exemple des avantages à tirer de l'aérodynamique industrielle. Au cours de son étude d'un mécanisme efficace et économique de ventilation du tunnel, l'Institut a proposé l'utilisation de surfaces de Coanda pour changer la direction du courant d'air de ventilation. Les essais en soufflerie ont montré les avantages de ce nouveau dispositif; on s'occupe actuellement du tracé et de la construction de courts tunnels de métro selon ce principe.

### **Aérodynamique des bâtiments**

#### *Essais en soufflerie sur maquette:*

1. Hôtel de ville de Toronto, dessin original, puis modifié
2. Global Centre, Niagara Falls
3. Hangar de lancement de ballons
4. Canal Welland (étude de ventilation)

#### *Résultats*

- : nouveau tracé pour accroître la rigidité de torsion
- : renforcement de l'axe de la sphère
- : détermination des paramètres du vent, pour le calcul de l'ossature
- : proposition d'un nouveau dispositif de ventilation par effet Coanda

\* Documentation fournie par l'Institut.

- |   |   |   |
|---|---|---|
| 5. Pavillon officiel de l'Ontario (EXPO 67)                   | : | détermination des paramètres du vent pour le calcul de l'ossature du toit                       |
| 6. Complexe africain (EXPO 67)                                | : | orientation des pans ouverts pour ventilation optimale des édifices                             |
| 7. St. Louis Arch   | : | vérification des données utilisées pour le calcul des charges de vent                           |
| 8. Canal Welland (étude de circulation)                       | : | étude des facteurs critiques de l'interaction du vent et de la circulation                      |
| 9. Pavillon d'Air Canada (EXPO 67)                            | : | paramètres du vent et déformations aéroélastiques   |
| 10. Musée de l'Armée de l'air étatsunienne (Wright-Patterson) | : | étude des paramètres du vent et des instabilités aéroélastiques                                 |
| 11. Panneaux de signalisation routière                        | : | stabilité dans les coups de vent  |
| 12. Esplanade de l'Université d'York                          | : | intensité des coups de vent dans l'esplanade et ses accès; confort des piétons                  |
| 13. Toiture du Kansas City Sports Complex                     | : | paramètres du vent pour le calcul de la toiture en arc  |
| 14. Esplanade de l'Université de Guelph                       | : | intensité des coups de vent dans l'esplanade et ses environs; confort des piétons               |
| 15. Tour administrative de l'IDS Center                       | : | essaimage des tourbillons, sans importance pour les fenêtres, mais surcharges de vent imprévues |
| 16. Skylon, Niagara Falls                                     | : | détermination des efforts de flexion et de torsion  |
| 17. Édifice de la « School of Design », Université Harvard    | : | paramètres du vent, ventilation, climatisation  |
| 18. Édifice de la « Public Health », Université Harvard       | : | comme ci-dessus   |

- |   |   |  |
|---|---|--|
| 19. Projet de la tour Codling, Ingersoll-Rand Comp. | : | paramètres du vent, essaimage des tourbillons, déformations aéroélastiques |
| 20. Ventilation du tunnel, autoroute Spadina        | : | consultation et vérification du tracé du dispositif de ventilation         |
| 21. Étude d'une turbine à air                       | : | tracé et essai des aubes   |
| 22. Étude de chasses d'eau                          | : | choix de la meilleure forme  |

### **Aérodynamique industrielle**

#### *Essais en soufflerie sur maquette:*

- |  |   |   |
|--|---|---|
| 1. Vibrations des poutres mobiles  | : | étude et analyse  |
| 2. Étalonnage d'anémomètres (E.A.C., Douglas Point)                        | : | transformation d'impulsions électriques en impulsions pneumatiques  |
| 3. Toiture du Kansas City Sports Complex                                   | : | impossibilité de supporter la toiture par des moyens pneumatiques; on propose donc un mécanisme hydrostatique |
| 4. Protection contre la pluie par des lames d'air éjecté                   | : | possibilités de remplacement des toitures par des lames d'air éjecté  |
| 5. Soufflerie nivométrique   | : | étude de la formation des congères et du soufflage de la neige  |
| 6. Lames d'air éjecté pour remplacer toiture et murs                       | : | jet annulaire inversé (brevet demandé), coupole d'air éjecté pour protéger de la pluie                        |
| 7. Lames d'air éjecté pour protéger les lignes électriques (Ontario Hydro) | : | protection contre les embruns salés soulevés par la circulation sur les autoroutes                            |
| 8. Lame d'air annulaire (CNRC)   | : | protection contre la pluie, la neige et le vent   |

#### *Résultats*

- |     |   |   |  |
|-----|---|---|--|
| 9.  | Trajectoires des gouttes de pluie à travers les lames d'air éjecté (CNRC) | : | calculs et essai bidimensionnel de comparaison                                     |
| 10. | Trajectoires des gouttes de pluie à travers les lames d'air annulaires    | : | calculs et essai de comparaison  |
| 11. | Études de précipitations en soufflerie (CNRC)                             | : | étude des interactions entre la pluie ou la neige, les ouvrages et les lames d'air |

### **Université de Waterloo — Un programme typique\***

Les professeurs Hill et Farquhar, du département de génie civil, et le professeur Farvolden, du département des sciences de la Terre de l'Université de Waterloo ont analysé les effets polluants des décharges sanitaires sur les eaux de ruissellement et les nappes phréatiques. Cette étude a commencé de façon très réaliste, quand l'Université a entrepris d'aider certaines administrations ontariennes à élaborer les critères d'acceptation de nouveaux dépotoirs. Ces administrations finançaient initialement les travaux pour obtenir des règles pratiques de choix. Cet objectif essentiellement pratique a été accepté par l'Université comme thème du programme. Au cours des quatre années de son déroulement, ce programme de mesures d'envergure a permis d'élaborer les critères recherchés par les administrations; il a aussi fourni aux étudiants des emplois et des sujets de thèse, et a permis l'élaboration de techniques de mesure et d'analyse sur place et en laboratoire, élargissant ainsi la gamme des travaux réalisables.

Les travaux à réaliser seront entrepris dans deux domaines différents, l'un fondamental et l'autre appliqué. On sait, par exemple, que la percolation des eaux dans les sols permet de réduire sa pollution, mais on n'en connaît guère les conditions, sur le plan scientifique. L'Université se trouve à pied d'œuvre pour recueillir ces connaissances, et espère obtenir des subventions pour la réalisation des travaux. D'autre part, l'étude des décharges sanitaires contribuera largement à l'application des connaissances scientifiques et techniques. Il s'agit notamment de l'utilisation du méthane, dont la formation pose des problèmes complexes et sérieux aux services municipaux de ramassage des ordures. Les chercheurs sont maintenant à même de rassembler, d'analyser et de communiquer une information utilisable par l'industrie.

Seule, l'Université peut résoudre les problèmes de recherche fondamentale et de recherche appliquée posée par la réalisation de ce projet. Les chercheurs ayant accompli les premiers travaux sont les mieux placés pour cerner les problèmes, évaluer leur importance et apprécier la nature et l'adéquation des solutions. Ils ont l'expérience de la recherche en ingénierie et les connaissances sur la question qui leur permettent

\* Documentation fournie par l'Institut de recherches de l'Université de Waterloo.

de réaliser les travaux plus efficacement et plus économiquement que d'autres chercheurs. La société perçoit, comme jamais auparavant, la nécessité de progresser dans ces deux directions, tant sur le plan fondamental qu'appliqué.

Il faut qu'en général l'université, quelle qu'elle soit, soit au courant des problèmes, et sache l'ampleur de sa contribution possible. Elle doit faire preuve d'adaptabilité en répondant aux besoins de la société. Il lui est plus important de bien remplir son rôle que de s'attacher strictement à ses seules tâches traditionnelles.

## Annexe F — Services d'information financés par l'État

### Service d'information technique (SIT)\*

Outre la Bibliothèque scientifique nationale, le *Conseil national de recherches* offre d'autres services officiels de diffusion de l'information, soit le Service d'information technique et les Revues canadiennes de la recherche. Le SIT a pour fonction de venir en aide à l'industrie canadienne, et plus spécialement aux firmes de fabrication de tailles petite et moyenne. Toutefois, le SIT répond aux demandes de renseignements présentées par toutes les firmes, personnes ou organismes canadiens, tels les constructeurs, les architectes, les entrepreneurs et les utilisateurs possibles de matériaux et de services.

Le SIT, qui compte trois sections (Renseignements techniques, Progrès technologiques et Organisation industrielle), travaille en collaboration étroite avec la Bibliothèque scientifique nationale et les laboratoires du Conseil national de recherches. Outre son personnel d'Ottawa, le SIT a des bureaux régionaux dans tout le pays, dont la plupart œuvrent de concert avec les conseils provinciaux de recherches.

La section *Renseignements techniques* du SIT répond aux demandes précises de données techniques et de conseils. Autant que possible, les bureaux régionaux s'occupent eux-mêmes de ces demandes, mais il est souvent nécessaire de les acheminer vers le bureau d'Ottawa pour recourir aux compétences des chercheurs du CNRC ou d'autres organismes de l'État. En 1972, la Division des recherches en bâtiment a répondu, au nom du SIT, à 121 demandes de renseignements concernant les bâtiments ou les ossatures. De 400 à 500 des 3 000 demandes écrites reçues par le SIT concernaient les matériaux de construction, les ossatures, etc.

La section *Progrès technologiques* satisfait les besoins plus généraux de l'industrie; elle parcourt la documentation technique récente pour y trouver les articles utiles aux différentes branches industrielles. Les articles sont ensuite communiqués aux abonnés en fonction de leur profil d'intérêts.

Les ingénieurs de la section *Organisation industrielle* conseillent les entreprises au sujet de l'organisation, de l'ordonnancement et du contrôle de la production, de l'agencement des ateliers, de l'acheminement des matériaux, de l'administration, de la comptabilité et du personnel. Bien que cette section s'occupe de diffuser une information qui souvent n'est pas scientifique ou technique, ses services se sont révélés très efficaces et fructueux.

\* Les renseignements donnés dans la présente section sont tirés du Rapport du président (du Conseil national de recherches) 1971-1972, et ont été complétés par échange de correspondance avec le SIT.

## **Le programme BEAM — Mise sur pied du service d'information de l'industrie de la construction\***

Le programme B.E.A.M. (Building Equipment, Accessories and Materials) de la Direction des matériaux du *ministère de l'Industrie et du Commerce* vise à accroître la productivité et l'efficacité des activités des entreprises de fabrication du matériel, des éléments et des matériaux de construction, et leur utilisation. Ce programme, qui a été créé en 1967, vise plusieurs objectifs voisins :

- création d'un réseau national d'information complète sur la construction, stockant, saisissant et diffusant l'information indispensable à la bonne marche des affaires de l'industrie de la construction;
- encouragement de la normalisation modulaire des éléments et de la coordination de leur emploi;
- encouragement de l'industrialisation accélérée de la construction par application de la méthode systématique;
- ouverture ou expansion des débouchés à l'exportation pour les bâtiments, les éléments de construction et le potentiel technique canadien;
- encouragement de l'emploi dans tout le pays du Code national du bâtiment, de normes plus adéquates et de méthodes perfectionnées d'évaluation des nouveaux produits et modes de construction;
- encouragement à l'excellence du tracé des plans de bâtiments par des concours, la recherche, le développement technique et l'innovation.

Le *Service d'information en construction* (SIC) a été mis sur pied en 1967, dans le cadre du programme BEAM. Jusqu'à présent, il a bénéficié d'une mise de fonds atteignant 1,7 million de \$, et on prévoit qu'il commencera à fonctionner en 1973, grâce à un bloc informatique et à un fonds de microfiches. Voici, dans ses grandes lignes, la raison d'être du réseau: Le mécanisme traditionnel d'information de l'industrie canadienne de la construction est vaste et coûteux; sa qualité et son efficacité sont douteuses. Il diffuse chaque année de vingt à trente millions de pages de documentation sur les produits, et ce volume croît de 8 pour cent par année. Environ 65 pour cent de cette documentation est jetée avant d'être lue, ou après une seule lecture. Quatre cent millions de pages de documentation sur les produits et sur les techniques du bâtiment sont conservées dans les bureaux des utilisateurs de tout le Canada. On estime que les utilisateurs adressent 80 000 demandes de renseignements aux diverses sources d'information, au sujet des prix, des nouveaux produits, des données techniques, des codes du bâtiment, des normes, des règlements de zonage, etc. Cette activité coûte peut-être de 400 à 800 millions de \$ par année à l'industrie de la construction, soit, en 1968, jusqu'à 8 pour cent du montant des travaux de construction. Même une amélioration minimale de ce mécanisme permettrait des économies considérables.

\* Pour de plus amples renseignements, voir la publication de John A. Dawson, *Le programme canadien B.E.A.M.*, ministère de l'Industrie et du Commerce, Ottawa, août 1972. Voir également *Le programme pour le bâtiment, l'équipement, les accessoires et les matériaux*, Rapport du ministère de l'Industrie et du Commerce, 1972.

Les équipements du Service sont les suivants: une banque informatique de données, un fonds de microfiches reproduisant les catalogues des fabricants; et des répertoires, des terminaux et tout le matériel d'exploitation nécessaire.

Le ministère de l'Industrie et du Commerce a jusqu'à tout récemment dirigé la mise sur pied du Service d'information en construction; il vient d'en confier l'administration au secteur privé. Une société privée sans but lucratif, la *Société canadienne de l'information sur la construction*, a été constituée dans ce but et la première réunion de son conseil d'administration a eu lieu en juin 1972. Ses administrateurs représentent tous les secteurs de l'industrie canadienne de la construction. On a calculé que l'abonnement au Service pourrait coûter de 40 à 50 \$ par mois à l'utilisateur, et au maximum 200 \$, selon le type de service désiré. On estime que les intéressés pouvant s'abonner font partie de toutes les branches de la construction, y compris les concepteurs et les utilisateurs des matériaux de construction, et aussi leurs fabricants. Si l'on estime que l'information coûte 400 millions de \$ par an à l'industrie de la construction, on voit qu'un accroissement d'efficacité du processus atteignant 5 pour cent permettrait d'économiser 20 millions de \$ par an. On évalue à environ 10 000 le nombre des utilisateurs possibles du SIC, mais 2 000 abonnés seulement suffiraient à assurer sa réussite.

#### *Coordination modulaire*

La coordination modulaire désigne la standardisation des dimensions des éléments de construction en vue de réduire leur diversité, facilitant ainsi leur montage sur chantier, avec le minimum de modifications. La standardisation modulaire est basée sur le module de quatre pouces. Cette technique permet de réduire les coûts de construction; elle constitue une condition préalable à l'industrialisation de la construction.

Cet aspect du programme BEAM est largement soutenu par l'industrie, de même que par les ministères et établissements fédéraux et provinciaux s'occupant de construction. Le ministère des Travaux publics exige maintenant que tous les bâtiments dont il finance la construction soient de conception modulaire. La Société centrale d'hypothèques et de logement souscrit aussi à ce principe, de même que la Division des recherches en bâtiment du Conseil national de recherches. La Division n'a pas ménagé son appui aux initiatives du programme BEAM. D'autres ministères fédéraux, tels ceux de la Défense nationale, des Affaires indiennes et du Nord canadien, et des Transports, ainsi que plusieurs administrations provinciales, ont accordé leur appui au concept modulaire.

Le ministère de l'Industrie et du Commerce a organisé des séances pratiques d'utilisation du concept modulaire dans diverses parties du Canada, et il a compilé un Annuaire des éléments de construction modulaires.

### *Techniques de la construction industrialisée\**

Traditionnellement, on amenait les éléments et les matériaux de construction à l'état brut sur le chantier pour y être découpés, ajustés et montés par des ouvriers qualifiés. L'évolution de l'industrie de la construction s'est axée sur l'industrialisation de ces activités, ainsi moins soumises aux intempéries, mais exigeant de forts investissements. De plus en plus, les éléments de construction sont livrés au chantier à l'état fini ou presque. C'est ce qu'on appelle la « construction industrialisée » (*system building*).

Celle-ci nécessite la permanence des opérations de production, la standardisation et l'articulation des différentes phases du processus de fabrication, l'organisation systématique du travail et la mécanisation, là où elle est possible. Elle exige également l'élaboration de méthodes permettant de coordonner les travaux de construction de divers clients, et la modification des relations de travail entre les clients, les architectes, les constructeurs, les fabricants et la main-d'œuvre.

En vue d'atteindre ces objectifs, on a entrepris, dans le cadre du programme BEAM, une série d'études sur les modes de construction, dépêché des missions d'études techniques, publié des rapports sur l'utilisation d'éléments préfabriqués en Europe, et tenu une série de conférences nationales.

### *Codes et normes du bâtiment†*

Le Code national du bâtiment est lancé de concert avec la Division des recherches en bâtiment du Conseil national de recherches. Cette mise en train se fait surtout par le truchement des ministères et établissements provinciaux concernés, tels ceux des Affaires municipales, des Travaux publics, les offices du logement, etc.

### *Encouragement à l'esthétique industrielle*

On a mis en œuvre le Concours Design Canada. Il prendra la relève des anciens concours encourageant la créativité dans l'utilisation des matériaux, des bâtiments et des ponts, et récompensant la qualité de la conception esthétique des nouveaux équipements, accessoires et matériaux de construction, et l'amélioration des éléments existants. Ce nouveau concours récompense les projets associant la coordination modulaire, la préfabrication, le montage préliminaire et la standardisation des éléments. On cherche à encourager les concepteurs et les fabricants canadiens de matériaux et d'éléments de construction à utiliser l'esthétique industrielle pour accroître productivité et efficacité.

\* On trouvera à l'annexe J des renseignements supplémentaires sur la construction industrialisée.

† Le Code national du bâtiment est surtout étudié dans le chapitre VII; l'Annexe H fournit des données complémentaires.

## Annexe G – Les firmes et la construction

Nous ferons ici l'historique de deux firmes canadiennes ayant perfectionné des techniques de construction particulières au Canada. L'une d'elles, *ATCO Industries Limited*, est maintenant bien connue dans la branche des maisons-remorques (*mobile homes*) et de la conception industrialisée; l'autre, *Dominion Road Machinery Company Limited*, s'occupe depuis longtemps de conception, de mise au point et de fabrication des niveleuses utilisées pour la construction des routes, au Canada et à l'étranger.

### ATCO Industries Limited

Les paragraphes qui suivent sont tirés d'un article récent de Sélection du *Reader's Digest*\*:

« On a tendance, de nos jours à trouver que tout devient trop grand et trop organisé, et à penser que la petite entreprise individuelle n'a plus aucune chance de s'épanouir. Regardez cependant ce que les Southern de Calgary ont réussi à réaliser. Il y a 26 ans, Donald Southern était pompier et mécontent de son sort. Il était obligé de faire des travaux supplémentaires pour pouvoir payer les études de son fils Ronald. Aujourd'hui, père et fils sont à la tête de la plus grosse entreprise mondiale† de maisons préfabriquées, *ATCO Industries Ltd.* Elle compte 1 800 salariés et vend ou loue chaque année pour 45 millions de \$ de bâtiments du pôle Nord au pôle Sud.

Grâce à cette société pleine de dynamisme, on voit, aussi bien dans le Grand Nord canadien que dans l'Antarctique et dans 40 autres pays, briller les lumières d'écoles, d'hôpitaux, de baraquements, de maisons, et même de motels et d'églises construits par l'ATCO. Quel est donc le secret de ces pionniers? C'est un système souple d'éléments modulés, fabriqués en usine, qu'on assemble comme les cubes d'un jeu de construction ».

Simple agence de location de remorques et de caravanes, ATCO entreprit une activité de fabrication pendant la fièvre pétrolière en Alberta, peu après 1950, car il fallait vendre des caravanes de chantier très robustes. Dès 1957, ATCO employait plus de soixante personnes et mettait sur pied des camps pouvant loger 400 ouvriers, mineurs ou autres, et elle logeait des travailleurs du pétrole à l'étranger comme au Canada. ATCO réussit une autre percée commerciale quand elle décrocha un contrat de 12 millions de \$ de la Société Boeing, de Seattle, pour le logement des techniciens et des équipes de construction qui érigeaient les bases de lancement des missiles « Minuteman », aux États-Unis. Le nombre des salariés chez ATCO passa à 500 personnes. En 1961, la firme construisit une usine en Australie pour les besoins de ce pays et ceux de l'Asie et du Proche-Orient. En 1968, ATCO devint une société

\* Paul Friggens, « Constructeurs d'un pôle à l'autre », Sélection du *Reader's Digest*, avril 1972.

† On pourrait contester cette assertion.

par actions. Elle disposait alors d'un centre de R & D couplé à son usine principale de Calgary.

Les entreprises du groupe ATCO, qui comprend presque une vingtaine de firmes, sont maintenant diversifiées et décentralisées. Le groupe s'occupe encore de location et de fabrication. Il construit des locaux industriels, des maisons-remorques, des logements, il usine les métaux, et fabrique des éléments de construction et de décoration intérieure. ATCO s'occupe aussi de financement, et accorde beaucoup d'importance à la recherche. Au cours de l'année financière 1972, le groupe ATCO a réalisé un chiffre d'affaires de plus de 50 millions de \$, en augmentation de 18 pour cent sur l'exercice précédent.

### **The Dominion Road Machinery Co. Ltd.**

Le texte qui suit est la version légèrement modifiée d'une réponse de cette firme à une demande de renseignements sur sa fabrication de niveleuses (Les noms des personnes mentionnées dans le texte original ont été omis).

« Dans beaucoup de pays des cinq continents, les véhicules se déplacent sur des routes construites au moyen des niveleuses fabriquées par la *Dominion Road Machinery Company Limited* (DRMC), firme la plus importante de Goderich, Ontario. Ses exportations portent sur plus de la moitié de sa production. Elles aident le Canada à obtenir une balance commerciale favorable, année après année. Aussi, le gouvernement fédéral lui accorde-t-il son concours par l'intermédiaire de ses ambassades. Le gouvernement de l'Ontario a remis à la DRMC un prix « pour réalisation remarquable » en reconnaissance de sa contribution à l'économie de la province.

La DRMC a été créée en 1886. Ce sont des Canadiens qui en sont propriétaires et qui la dirigent. Cette firme se spécialise dans la conception et la fabrication de niveleuses automotrices portant la marque de commerce « Champion ».

La DRMC emploie plus de 500 salariés; les visiteurs qui viennent à Goderich aperçoivent les longs trains de wagons plats, chargés de niveleuses « Champion », dirigées sur Montréal, Saint-Jean ou Halifax, pour envoi à l'étranger.

Les niveleuses Champion sont expédiées en Australie, en Nouvelle-Zélande, en Thaïlande, en Turquie, en Espagne, au Nigéria, en Zambie, au Vénézuéla, en Colombie, au Portugal, en France, au Royaume-Uni, aux États-Unis et dans d'autres pays. Cette année, l'Exposition commerciale des fabricants canadiens, à Pékin, a été témoin des premières livraisons de niveleuses « Champion » à la République populaire de Chine. Ces engins sont utilisés pour les travaux de terrassement et pour l'entretien et l'expansion des réseaux routiers. Elles sont utilisées presque partout comme au Canada.

Depuis 86 ans, la DRMC a été à l'avant-garde dans la conception et la construction de matériel de qualité pour la construction des routes. Elle s'est occupée de conception et de fabrication de niveleuses auto-

motrices, et la niveleuse « Champion » est la première au Canada. Environ 80 pour cent de l'effort de fabrication est accompli à Goderich, et l'on y construit les dispositifs hydrauliques, les transmissions, les cabines, les châssis et beaucoup d'autres éléments. L'acier, qui est un matériau essentiel, provient de la Dofasco ou de la Stelco de Hamilton, ou de l'Algoma de Sault Sainte-Marie.

La firme a conçu après-guerre le premier d'une série de types de niveleuses aux commandes entièrement hydrauliques, et munies d'une cabine tous temps perfectionnée et simplifiée.

En 1963, l'usine fut largement agrandie, et complétée par une usine de montage. Cette année-là, la firme réalisa un envoi de 100 « Champion » pour la province de Santa Fé, en Argentine.

Depuis 1968, la firme s'est étendue régulièrement. Des nouveaux marchés comme les États-Unis, l'Afrique et l'Extrême-Orient offrent d'excellentes perspectives pour l'avenir.

Le 18 avril 1970, la firme signa avec le gouvernement turc, à Ankara, un accord pour la vente de 300 niveleuses « Champion ». Ce fut la plus grande vente de niveleuse jamais conclue, à l'issue de presque quatre années de négociations. Le premier envoi partit de Goderich en juin 1970. Le contrat fut mené à bon terme à la fin de l'été 1971.

La vente à l'exportation est une activité spécialisée; pour y réussir, il faut des connaissances techniques et la collaboration de l'Administration publique. L'exposition commerciale des fabricants canadiens à Pékin constitue un bon exemple de collaboration entre des sociétés comme la DRMC et l'Administration canadienne, permettant aux firmes de livrer concurrence sur le plan international.

Les propriétaires de niveleuses « Champion » peuvent obtenir des pièces détachées et un service rapide et compétent auprès des principaux fournisseurs d'équipement en Amérique du Nord et à l'étranger.

Les opérations de fabrication réalisées à Goderich sont très diverses. L'acier en feuilles de formes variées, et les divers profilés (tiges, tubes, cornières, et en U) sont sciés, ou coupés au chalumeau guidé par un dispositif électronique ou magnétique. Les pièces sont montées et soudées dans des cadres spéciaux pour assurer un ajustement parfait. Les pièces sont usinées sur des tours, des alésoirs, des perceuses, des fraiseuses et autres machines-outils à des cotes très précises, dont les marges de tolérance sont souvent inférieures au millième de pouce. Ensuite, des centaines de pièces sont montées pour la construction de la niveleuse, laquelle est finalement soumise à une série complète d'essais et de réglages avant de quitter l'usine. Les soins assidus dont la niveleuse est l'objet au cours de la fabrication fait sa réputation aussi bien au Canada qu'à l'étranger ! »

## **Annexe H – Codes, normes et cahier des charges dans la construction**

Nous donnons ici quelques renseignements sur les Codes nationaux du bâtiment et de prévention des incendies, sur les activités de deux des organismes canadiens de normalisation (l'Association canadienne de normalisation et l'Office des normes du gouvernement canadien) et sur les activités du Conseil canadien des normes.

### **Codes nationaux du bâtiment et de prévention des incendies**

Le rapport le plus complet sur la situation en matière de codes et de normes au Canada a été préparé par Robert F. Legget, à l'initiative du Conseil économique du Canada et du Conseil des sciences du Canada; sa publication remonte à trois ans\*. Nous ne fournirons pas de renseignements détaillés, tels qu'on les trouve dans le rapport de M. Legget, mais nous examinerons certains faits concernant les Codes du bâtiment et de prévention des incendies, et leur contenu.

La première édition du Code national du bâtiment parut en 1941. Le Code fut réédité en 1953, en 1960, en 1965 et en 1970 et, dans les intervalles, on publiait des addenda. L'édition de 1975 est déjà en préparation. C'est le comité associé du Code national du bâtiment auprès du CNRC qui en a la charge depuis 1948.

Plus de 250 personnes travaillent continuellement à la révision et à l'amélioration du Code du bâtiment. La Division des recherches en bâtiment du CNRC fournit les services de secrétariat et entreprend des recherches pour le Code. Le Comité associé est secondé dans sa tâche par un certain nombre de comités permanents, qui sont chacun responsable d'une des grandes divisions du Code. Ces comités peuvent faire appel à des groupes d'étude ou à des sous-comités pour résoudre des problèmes techniques particuliers.

Au début, les administrations provinciales laissaient aux municipalités le soin d'appliquer les règlements locaux sur le bâtiment. Ces règlements s'appliquent aux plans et à la construction des bâtiments et assurent la sécurité du public en matière d'incendie, d'ossatures et de salubrité. Le Code national du bâtiment se présente sous forme d'un règlement municipal, que chaque conseil municipal peut entériner. Le Code est utilisé dans la plupart des grandes et petites villes du Canada, et il sert d'ouvrage de référence pour la construction de tous les bâtiments fédéraux et provinciaux.

Le Code du bâtiment envisage surtout les points suivants:

I<sup>re</sup> partie – *Administration*. Règlements pour la mise en œuvre du Code.

II<sup>e</sup> partie – *Définitions*.

III<sup>e</sup> partie – *Destinations*. Stipulations dépendant de la destination du bâtiment, de son utilisation; protection contre l'incendie, et salubrité.

IV<sup>e</sup> partie – *Étude du projet*. Elle est divisée en huit sections: charges d'ossatures et méthodes de calcul; fondations; construction en bois; ma-

\* Robert F. Legget, *Les normes au Canada*, Information Canada, Ottawa, 1972.

çonnerie ordinaire et armée, béton ordinaire, précontraint et armé; construction en acier, en aluminium et parements.

V<sup>e</sup> partie – *Matériaux*. Elle comprend, entre autres choses, un relevé de toutes les normes pour les matériaux dont il est question dans d'autres parties du Code, les normes élaborées par l'Association canadienne de normalisation, l'Office des normes du gouvernement canadien, les *Underwriters' Laboratories of Canada*, et certains organismes américains ou britanniques de rédaction de normes;

VI<sup>e</sup> partie – *Équipement des bâtiments*. Elle comprend les règlements (surtout des stipulations de mise en place) régissant le plan des installations de chauffage et de ventilation, des ascenseurs et d'autres équipements immobiliers, en vue d'en réduire les risques pour le public;

VII<sup>e</sup> partie – *Plomberie*. Elle est aussi appelée « Code de la plomberie »; les objectifs généraux sont les mêmes que ceux de la VI<sup>e</sup> partie;

VIII<sup>e</sup> partie – *Mesures de sécurité en construction*. Elle traite des précautions à prendre aux abords d'un chantier de construction, car la sécurité des chantiers est du ressort de l'administration provinciale;

IX<sup>e</sup> partie – *Logements et petits bâtiments*. Elle contient l'ensemble détaillé des stipulations régissant la construction d'une maison d'habitation ou d'un petit bâtiment comportant au plus trois étages d'une superficie d'au plus 6 000 pieds carrés.

La première édition du Code national de prévention d'incendie [ *sic* ] fut publiée en 1963 par le Comité associé des codes nationaux de prévention des incendies du Conseil national de recherches. Le Comité travaille maintenant à l'élaboration de la seconde édition.

En 1956, le CNRC mit sur pied un comité associé pour le Code national de prévention des incendies, à la demande de la Fédération canadienne des maires et des municipalités, de l'*Association of Fire Marshals* et de la *Canadian Association of Fire Chiefs*. Le Comité représente en général tous les organismes de prévention de l'incendie ou de lutte contre les incendies au Canada. Le personnel de la Division des recherches en bâtiment du CNRC effectue les travaux de secrétariat et de recherche nécessités par le Code, et collaborent avec des comités d'experts. Les autorités provinciales chargent leur Commissaire aux incendies de faire respecter le Code, mais c'est le Commissaire fédéral aux incendies qui est responsable de la protection des bâtiments et installations de l'Administration fédérale. Ce Code est lui aussi rédigé sous forme de règlement.

Le Code national de prévention des incendies contient les stipulations d'entretien des bâtiments. Il fait appel à des normes et des codes élaborés dans d'autres pays (par exemple, par la *National Fire Protection Association* des États-Unis).

Le Code se divise en trois grandes sections:

I<sup>ère</sup> partie – *Administration*. Elle contient les règlements de mise en œuvre efficace du Code; elle précise les devoirs et responsabilités du personnel et la terminologie employée dans tout le Code.

II<sup>e</sup> partie – *Stipulations basées sur la destination*. Elle énonce les règle-

ments visant à réduire la fréquence des incendies, à protéger le public, et régissant certaines destinations qui accroissent les risques d'incendie; III<sup>e</sup> partie – *Risques graves*. Elle contient les règlements régissant le stockage et la manutention des matériaux de combustion très rapide, ou produisant des émanations ou des gaz toxiques.

#### **Association canadienne de normalisation\***

C'est au début de 1919 qu'on émit des lettres patentes pour la constitution de l'Association canadienne des normes techniques, un organisme indépendant, sans but lucratif et bénévole, au service des Canadiens. Dès 1944, grâce à des lettres patentes complémentaires, l'Association devint la *Canadian Standards Association* (CSA), qui étendit ses activités en matière de normalisation; son titre français, plus récent, est: Association canadienne de normalisation (ACNOR).

L'Association mit sur pied des laboratoires en 1940, afin d'assurer des services d'essais et d'homologation.

En 1946, l'ACNOR représenta le Canada au sein de l'Organisation internationale de normalisation et de la Commission électrotechnique internationale, mais céda ensuite sa place au Conseil des normes du Canada.

En 1947, elle forma une nouvelle division, celle du soudage (*Canadian Welding Bureau*) afin d'encourager l'utilisation de méthodes approuvées en matière de soudage, par le truchement de l'élaboration et de la mise en application de codes et de normes de soudage. Cette division est située à Toronto.

En 1960, l'Association mit sur pied une autre division, celle des normes du bois d'œuvre (*Canadian Lumber Standards*) chargée d'étudier et d'homologuer les critères de classement qualitatif des bois d'œuvre, à l'avantage des associations des industries du bois et des organismes indépendants s'occupant de classement qualitatif. Les bureaux de cette division se trouvent à New Westminster (C.-B.).

En 1962, l'ACNOR forma une nouvelle division, celle des bois de charpente lamellés-collés (*Structural Glued-Laminated Timber Division*), chargée d'agréeer les fabricants de pièces de charpente lamellées-collées. Les bureaux de cette division sont situés à Coquitlam (C.-B.).

L'administration centrale et les principaux laboratoires d'essais de l'ACNOR sont situés à Rexdale (Ont.). Leur surface utile dépasse 100 000 pieds carrés; plus de 400 salariés, y compris des ingénieurs agréés et des techniciens de laboratoire, y travaillent à plein temps. Il existe aussi des bureaux régionaux et des laboratoires d'essais à Montréal, Winnipeg et Vancouver. L'Association maintient un bureau d'affaires à Edmonton, et son siège social se trouve à Ottawa.

L'ACNOR est ouverte aux particuliers, aux associés, aux sociétés commerciales, aux ministères et établissements de l'État, aux services

\* Nous avons tiré la plupart des renseignements des publications de l'ACNOR: *The ABC's of CSA* et le *CSA News Bulletin*, de janvier 1969 (Association canadienne de normalisation, 178, boulevard Rexdale, Rexdale, Ont.)

publics, aux associations industrielles et techniques, sous réserve du paiement d'une cotisation annuelle. L'ACNOR compte actuellement plus de 1 500 membres en règle. Elle reçoit aussi une subvention annuelle de l'État fédéral, pour l'aider dans son œuvre de normalisation internationale.

Le conseil d'administration de l'Association se compose de membres élus à ce poste. Le conseil nomme un comité de direction, un comité de supervision de la normalisation (nommant des comités particuliers, des comités de normalisation et des sous-comités), un comité de supervision de l'homologation, des comités permanents, des comités consultatifs industriels et tous autres comités spéciaux. Les membres du conseil accomplissent un mandat de deux ans. Un administrateur général est chargé de superviser les activités de normalisation et d'homologation des divisions.

L'ACNOR s'occupe de normalisation dans les dix domaines suivants:

La construction et le bâtiment	La chimie et la pétrochimie
La construction mécanique	Les emballages
L'électrotechnique	L'informatique
La construction automobile	Les codes, les produits et les matériels de sécurité industrielle
La métallurgie	Les normes générales

L'ACNOR compte 34 comités particuliers, plus de 300 comités de normalisation et un grand nombre d'autres sous-comités, animés par plus de 3 000 personnes venant de l'industrie, des administrations publiques, des associations de consommateurs ou de sécurité, et d'organismes scientifiques ou d'établissements d'enseignement qui s'intéressent à la rédaction de normes.

Il appartient aux comités de normalisation d'élaborer et de réviser les normes de l'ACNOR qui les concernent, mais toute norme doit être acceptée par le Comité compétent et le Comité de supervision de la normalisation. Plus de 1 200 normes ont été publiées jusqu'à maintenant.

Les normes de l'ACNOR sont facultatives, et ne deviennent obligatoires que si elles sont adoptées par une administration fédérale, provinciale ou municipale. Toutes les normes sont révisées et revues périodiquement. Elles établissent des stipulations minimales, et elles visent à ne pas entraver les études ou le développement technique des nouveautés.

L'ACNOR offre des services d'essais, de vérification et d'homologation pour une gamme très diverse de matériels et de pièces, pour l'équipement de chauffage et les produits comme les tuyaux de cuivre ou de matière plastique, à des normes minimales de qualité et de comportement. L'ACNOR est chargée d'effectuer les essais en matière de sécurité, d'incombustibilité et d'isolement électrique. Plus de 10 000 firmes font appel à son service d'agrément. L'ACNOR reçoit plus de 9 000 demandes d'homologation de produit chaque année, et effectue plus de 16 000 inspections par an dans 25 pays différents. La *Canadian Mobile Home and*

*Travel Trailer Association* demande à ses membres d'obtenir l'homologation de l'ACNOR pour certains de leurs produits.

L'ACNOR entretient des relations de travail avec des organismes homologues en Grande-Bretagne, en Europe continentale, au Japon, en Inde, en Australie et ailleurs. L'Association échange des normes canadiennes avec celles de plus de 50 pays. Elle participe encore activement aux travaux des comités techniques de l'ISO et de la CIE, ainsi que de l'*American/British/Canadian Joint Committee on Standardization*. Elle œuvre de concert avec le Conseil national de recherches, la Société centrale d'hypothèques et de logement, l'Office des normes du gouvernement canadien et les divisions des normes des administrations provinciales et des compagnies de services publics.

Les comités consultatifs de l'ACNOR sont ceux de l'électrotechnique, de la prévention des incendies, de la plomberie et du bâtiment. L'ACNOR avait aussi, récemment, un Comité consultatif pour la construction industrialisée. L'Association s'occupe activement de la conversion de l'industrie au Système international d'unités.

#### **Office des normes du gouvernement canadien\***

L'Office tire son origine du Comité des normes d'achat du gouvernement canadien qui fut créé en 1934 sous les auspices du Conseil national de recherches. Ce Comité était chargé d'élaborer les normes des produits achetés par l'État, quand il n'existait pas déjà des normes de l'Association canadienne des normes techniques (qui précéda l'Association canadienne de normalisation). Peu avant 1950, l'Office avait élaboré environ 400 normes en matière de peinture, de textiles, de produits réfractaires et de cuir. Il changea de nom en 1948 pour devenir l'ONGC. Durant les années 1950, il entreprit des recherches au sujet des matériaux de construction, et des outils manuels et électriques. Pendant les années 1960, l'ONGC fut rattaché au ministère de la Production de défense, puis au ministère des Approvisionnements et Services. Sa composition fut aussi remaniée; le Président du Conseil national de recherches et sept sous-ministres fédéraux en sont membres. Le Sous-ministre de l'Approvisionnement est le président de l'Office. Plus de 1 600 normes ont été publiées jusqu'à maintenant.

La ligne de conduite à long terme de l'Office est décrite à la page 2 de l'ouvrage cité: « L'Office possède une tradition longue et bien établie en ce qui concerne l'établissement de normes facultatives à l'appui des besoins du gouvernement fédéral. En 1935, on reconnaissait déjà la nécessité d'avoir recours à la participation des intéressés pour la rédaction de normes, puisque c'est alors qu'on s'interrogea pour la première fois sur l'opportunité de consulter l'industrie lors de l'élaboration des normes. C'est ainsi qu'on opta pour la méthode selon laquelle prévaut

\* Les renseignements fournis ici ont été tirés du rapport « Les travaux de l'Office des normes du gouvernement canadien », qui a été rédigé, et publié par l'Office le 8 juillet 1971; le reste est le fruit d'un entretien. (Office des normes du gouvernement canadien, 88, rue Metcalfe, Ottawa, Ont. K1A 0S5)

l'opinion de la majorité du Comité, méthode qu'adopte aujourd'hui l'ONGC, et qui fait sa réputation. Il s'ensuit que les normes sont établies et mises à jour avec la participation et le consentement de toutes les parties directement intéressées, y compris les usagers, les fabricants, les organismes de recherche, les laboratoires, etc. Ces normes sont facultatives, sauf lorsqu'il en est fait état dans les règlements ».

L'ONGC met sur pied un mécanisme d'acquiescement intégral des coûts de rédaction des normes par les ministères ou les organismes demandeurs. De cette façon, l'Office espère mieux satisfaire les besoins des usagers. Il tiendra compte des propositions du nouveau Conseil des normes. Il s'efforcera de tirer le meilleur parti des normes disponibles, quelle que soit leur provenance. L'adoption du SI facilitera l'utilisation des normes étrangères existantes.

L'Office n'a pas étendu son activité aux domaines suivants: l'équipement et les appareils électriques, le bois d'œuvre et les dérivés du bois, les produits métallurgiques (qui sont du ressort de l'Association canadienne de normalisation) et le chauffage, l'équipement de ventilation et de climatisation (qui font l'objet des travaux de l'*American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers*). Les normes de l'ONGC s'appliquent aussi aux méthodes d'essais. La rédaction de normes d'achat est encore le principal travail de l'ONGC, mais on ne doit pas les confondre avec les cahiers des charges. Il appartient à l'organisme acheteur d'imposer les normes facultatives de l'ONGC.

L'ONGC s'est aussi occupé de:

- 1° travaux de normalisation internationale;
- 2° élaboration, préparation et publication d'index;
- 3° élaboration de normes de protection du consommateur;
- 4° travaux préliminaires à la conversion au SI.

Plus de 300 comités, comptant au-delà de 3 000 membres, travaillent à l'élaboration et à la révision des normes. L'Office ne dispose pas des fonds nécessaires à la réalisation d'essais ou à l'évaluation des normes nouvelles ou révisées. Les membres des comités techniques ayant à leur disposition les moyens nécessaires peuvent accomplir ces travaux à titre gracieux.

L'Office élabore, à la demande de la *Specification Writers Association of Canada*, un index des normes de l'ONGC en matière de construction. L'Office a déjà publié en 1969 un Index des normes du bâtiment, en collaboration avec la Direction des matériaux du ministère fédéral de l'Industrie et du Commerce.

### **Le conseil canadien des normes**

La loi constitutive du Conseil canadien des normes a reçu la sanction royale le 7 octobre 1970. Le Conseil se réunit pour la première fois le 12 juillet 1971. Il comprend 56 membres, qui représentent les administrations fédérale et provinciales, et l'industrie privée. Son administrateur assure la direction et la surveillance des travaux et du personnel du Conseil.

Le texte suivant est tiré de la section H de la Loi, qui décrit les objectifs et les pouvoirs du Conseil :

« Le Conseil a pour objet d'encourager et de favoriser la normalisation volontaire dans les domaines relatifs à la construction, à la fabrication, à la production, à la qualité, au rendement, à la tenue, à l'usage et à la sécurité de bâtiments, de structures, d'articles et produits manufacturés et autres marchandises, y compris leurs parties composantes, lorsqu'elle n'est pas expressément prévue par la loi, en vue de développer l'économie nationale, d'améliorer la santé, la sécurité et le bien-être du public, d'aider et de protéger les consommateurs, de faciliter le commerce intérieur et extérieur, et de promouvoir la coopération internationale dans le domaine des normes.

Le Conseil, pour la réalisation de ses objets dans les domaines mentionnés au paragraphe 1), peut :

- encourager la coopération entre les organismes s'intéressant à la normalisation volontaire au Canada dans ces domaines, en vue de coordonner les activités de normalisation et d'élaborer des normes et codes communs;
- encourager la coopération entre les organismes s'intéressant à la normalisation volontaire au Canada dans ces domaines et les ministères, départements et organismes du gouvernement à tous les niveaux au Canada en vue d'arriver à la compatibilité des normes et codes dans ces domaines, et à leur usage commun maximum;
- recommander des critères et des procédures pour la préparation, l'approbation, l'acceptation et la désignation de normes volontaires au Canada dans ces domaines;
- accréditer, conformément aux critères et aux procédures adoptés par le Conseil, les organismes au Canada s'occupant de la formulation, de la mise à l'épreuve et de l'authentification des normes dans ces domaines, et tenir un registre de ces organismes et de leurs marques de conformité aux normes;
- approuver, s'il y a lieu, comme normes nationales, les normes dans ces domaines soumises par des organismes accrédités par le Conseil, et tenir un index des normes approuvées;
- s'assurer qu'est reconnu et évalué le besoin d'établir de nouvelles normes, de réviser les normes existantes, de créer de nouveaux services de mise à l'épreuve et d'authentification dans ces domaines, et prendre les dispositions pour satisfaire à ce besoin;
- sauf disposition contraire d'une autre loi du Parlement du Canada ou d'un traité:
  - (i) être le représentant du Canada auprès de l'Organisation internationale de normalisation, de la Commission électrotechnique internationale et de toute autre organisation semblable s'occupant de la formulation des normes volontaires, et
  - (ii) assurer la participation effective du Canada aux activités de ces organisations;
- encourager, de concert avec les organismes canadiens s'occupant de la

formulation, de la mise à l'épreuve et de l'authentification de normes volontaires dans ces domaines, des accords avec des organismes d'autres pays ayant des activités analogues, en vue de l'échange de renseignements et de la coopération à ces activités;

– fournir une aide financière à des organismes canadiens s'intéressant à la normalisation volontaire dans ces domaines, pour les aider à faire face aux exigences nationales et internationales;

– compiler, traduire et diffuser des renseignements portant sur les normes et les activités de normalisation dans ces domaines au Canada et à l'étranger;

– encourager l'utilisation des normes approuvées par le Conseil;

– voir s'il y a lieu d'apporter, dans l'industrie et le commerce canadiens, le système international d'unités, connu sous le nom de système métrique, et faire des recommandations sur l'utilisation de ce système ou la conversion à ce système; et

– faire des recommandations au Ministre, qui doivent être incluses dans le rapport annuel du Conseil, relativement aux normes qui, de l'avis du Conseil, devraient être obligatoires ».

## **Annexe J — Étude de cas de développement technique dans l'industrie de la construction**

Nous allons examiner une douzaine de cas choisis pour montrer comment des techniques présentement utilisées ont été mises au point, et comment elles ont été par la suite diffusées vers l'industrie canadienne de la construction et en son sein. Les études présentées ne sont ni exhaustives ni longues à parcourir, mais ne sont pas nécessairement complètes. Les leçons à en tirer sont décrites dans la dernière partie du chapitre VII.

### **Les sautages\***

Les explosifs ont été utilisés pour tous les grands travaux de génie civil, depuis la pose de la première voie ferrée transcontinentale, jusqu'au creusement de la voie maritime du Saint-Laurent et à l'aménagement hydroélectrique des chutes Churchill. Ils ont été utilisés à une grande échelle pour l'exploitation des mines, des carrières et des forêts, pour les levés sismiques, etc.

L'industrie canadienne des explosifs commença en 1855, lors de l'ouverture de la première manufacture de poudre noire, dans le sud de l'Ontario. En 1862, Alfred Nobel mit au point l'explosif à la nitroglycérine, d'utilisation industrielle, trois fois plus puissant que la poudre noire, et plus sûr à manipuler. C'est en 1873 que la dynamite fut mise sur le marché pour la première fois au Canada. Dans un de ses articles†, E.J. Mullins écrit: « Les progrès de la fabrication et de l'utilisation des explosifs à grande puissance se sont succédés rapidement, après qu'Alfred Nobel eût inventé la dynamite. Le nitrate d'ammonium, qui est un explosif puissant quand il est sensibilisé convenablement, fut introduit dans les mélanges explosifs, et on mit au point plusieurs classes et types d'explosifs, en peu de temps, pour utilisation dans de nombreuses applications nouvelles. La demande de matières premières, pendant la Première guerre mondiale, et l'expansion ultérieure de l'économie canadienne, entraînèrent une diversification des explosifs à grande puissance; on mit au point les dynamites granulaires, ammoniacales, semi-gélatinisées et les gélatines explosives, pour répondre aux besoins de l'industrie. On ajouta de l'éthylèneglycol, ou antigel, aux mélanges explosifs, pour abaisser le point de congélation de la nitroglycérine, et aussi empêcher le gel des explosifs, quelle que soit la température ambiante. On conçut également des explosifs spéciaux pour les mines de charbon, lesquels augmentent la sécurité du sautage dans les milieux empoussiérés ou grisouteux qu'on rencontre fréquemment dans ces mines . . .

\* La documentation concernant ce premier cas provient de *Canadian Industries Limited*, Montréal; elle comprend l'historique de l'utilisation des explosifs, rédigé par E.J. Mullins, de la Division des explosifs pour les publications de *ciI*.

† *The History of C-I-L Explosives*, Canadian Industries Limited, Montréal, janvier 1968.

Beaucoup de progrès ont été réalisés entre-temps dans la mise au point des détonateurs. . . de même que dans l'amélioration des dispositifs de mise à feu simultanée. . . ».

Jusqu'à la Seconde guerre mondiale, on utilisait les explosifs surtout pour la construction des voies ferrées, l'exploitation minière, celle des carrières, ainsi que pour l'essartage. Depuis, on a réalisé des progrès considérables en matières d'explosifs et de détonateurs. Ils ont été accompagnés de progrès, également importants, du matériel mécanisé de transport pondéreux et des techniques appropriées. Les besoins de l'industrie minière ont accéléré les progrès.

L'un des progrès importants réalisés par la C-I-L a été la commercialisation, en 1958, d'un nouvel agent de sautage de grande puissance, connu sous le nom d'HYDROMEX; c'est un mélange de TNT, de nitrate d'ammonium, d'eau et d'autres produits, à consistance de semoule, qui se comporte bien en présence d'eau, et n'a pas besoin d'un contenant rigide. D'autres perfectionnements au mélange original HYDROMEX ont permis de mettre au point toute une gamme d'agents de sautage semi-liquides, libérant de plus en plus d'énergie. Ces agents sont utilisés à grande échelle, dans les travaux d'excavation par exemple.

Les remarques qui suivent sont tirées de l'un des textes documentaires\*: « Au cours des dernières années, on a réalisé des progrès remarquables, au Canada, pour la mise au point de techniques de sautage qui réduisent les bris hors profil, et laissent des parois stables presque à chaque excavation. Les trois méthodes les plus employées sont le tir avec chambres d'expansion, le tir par pré-clivage et le tir périmétrique, tous mis au point par les services de recherche et d'essai de la C-I-L.

Le tir avec chambres d'expansion (*cushion blasting*) a été mis au point par la C-I-L, et utilisé pour la première fois en 1953, lors de la construction de l'aménagement hydroélectrique Sir Adam Beck n° 2, à Niagara Falls, Ont., pour le compte de l'*Ontario Hydro*. Il porte sur la dernière volée d'un abattage en gradins, pour détacher un mince pan de rocher afin d'égaliser les parois de l'excavation. Les trous ne reçoivent que de faibles charges, qui sont mises à feu grâce à des amorces à micro-retard s'il s'agit d'un abattage en gradins, ou par une volée séparée après enlèvement du gros des matériaux abattus.

Le tir par pré-clivage (*pre-shearing*) est basé sur le même principe que le tir avec chambres d'expansion, sauf le tir à micro-retard d'une rangée de trous de mine sur le périmètre de l'excavation, ou par une volée séparée, avant le sautage principal. Les artificiers de la C-I-L l'ont utilisé pour la première fois en mars 1954, pendant la construction de l'aménagement hydroélectrique Sir Adam Beck n° 2, à Niagara Falls. Le tir périmétrique (*perimeter blasting*) vient de Suède, et a été utilisé pour la première fois au Canada par la C-I-L en 1959, après modification pour l'adapter aux besoins canadiens. Il est basé sur un principe semblable au tir avec chambres d'expansion, afin d'éviter le bris

\* *Explosives Development, Canadian Industries Limited, Montréal, juin 1969.*

hors profil et de réduire le volume de rocher éboulé dans les travaux souterrains. La C-I-L a mis au point un explosif à grande puissance semi-gélatineux, le XACTEX, pour les tirs périmétriques.

La technique de la « lame de bulles d'air » (*air curtain*) est une autre méthode intéressante et importante utilisée pour la première fois par la C-I-L pendant la construction de l'aménagement hydroélectrique Sir Adam Beck n° 2; elle consiste à créer un rideau de bulles d'air amortissant les ondes de choc dans l'eau où l'on a procédé à un sautage. On produit la « lame de bulles d'air » entre le lieu de l'explosion et la zone à protéger. Au cours des dernières années, cette technique a été utilisée avec un grand succès en plusieurs endroits au Canada ».

La technique de sautage par pré-clivage a été utilisée pour creuser les tranchées des fondations de l'édifice Place Ville-Marie à Montréal, par exemple. Le sautage avec chambres d'expansion a servi lors du creusement du canal Welland au gabarit de la Voie maritime du Saint-Laurent. On l'a utilisé pour excaver la section de la Côte Sainte-Catherine de la Voie maritime et, après modifications, pour la section de Soulanges. Le sautage périmétrique a été d'abord utilisé en exploitation minière; il a ensuite servi au cours des diverses phases de l'aménagement Manicouagan-Outardes de l'Hydro-Québec. Les techniques de tir avec pré-clivage et avec chambres d'expansion ont été utilisées pour l'extension de la centrale hydroélectrique de la Manicouagan Power Company, située près de Baie Comeau, au Québec.

Bien entendu, les techniques des explosifs ont fait bien d'autres progrès au cours des dernières années,

### **Techniques antiséismiques de construction**

C'est surtout en Colombie-Britannique que les tremblements de terre éventuels causent des préoccupations particulières, bien que les autres parties du pays puissent également en subir les effets.

La plupart de l'expérience et des données scientifiques d'architecture antiséismique acquises en Amérique du nord provenait naguère de la Californie. Cependant l'intérêt que les spécialistes canadiens accordent aux techniques antiséismiques s'est largement étendu. Il existe actuellement un Comité national de la « technique du séisme » (C.C.N.T.S.), parrainé par le Conseil national de recherches. En collaboration avec l'Université de la Colombie-Britannique, le C.C.N.T.S. a organisé la première Conférence canadienne sur la recherche en ingénierie antiséismique, qui s'est déroulée en mai 1971 à Vancouver. Le C.C.N.T.S. a également participé aux conférences internationales portant sur l'ingénierie antiséismique. À la 4<sup>e</sup> partie de la dernière édition du Code national du bâtiment, on trouvera une section traitant des EFFETS DES SÉISMES. De plus, l'Énergie atomique du Canada, limitée, a acquis un potentiel technique en architecture et ingénierie antiséismiques des centrales électronucléaires.

À l'échelle mondiale, les connaissances en architecture antiséismique sont insuffisantes. L'un des principaux obstacles à leur acquisition

provient du coût des expériences à l'échelle naturelle, qui permettraient d'obtenir des données nouvelles. Un autre découle de l'imprévisibilité de l'intensité des séismes et de leur lieu et moment d'occurrence; c'est pourquoi il est malaisé d'évaluer le risque encouru par un bâtiment pendant sa vie utile.

La réglementation et les codes d'architecture et d'ingénierie anti-séismiques causent de nombreuses difficultés. Au sujet de la situation en Californie, un expert a déclaré ce qui suit\*:

« Les codes du bâtiment de Los Angeles et de San Francisco sont parmi les plus rigoureux au monde, et ils servent de modèles pour les autres régions sujettes aux tremblements de terre. Leur but principal est de réduire le danger de mort par effondrement d'immeubles, et non de prévenir les dommages de moindre importance. Les constructeurs d'édifices à bureaux ou d'immeubles locatifs disposant de capitaux importants peuvent retenir les services d'ingénieurs spécialisés en techniques anti-séismiques pour effectuer des études de sol d'assise, déterminer le meilleur emplacement et utiliser les techniques les plus modernes pour les fondations, les ossatures en acier et le béton armé. Cependant, les spécialistes des questions de sécurité estiment que les promoteurs-constructeurs lésinent et satisfont à peine aux exigences des codes du bâtiment. Depuis le séisme de San Fernando, en février 1971, les autorités californiennes exhortent l'Administration fédérale à faire respecter les normes de sécurité, et même à les hausser pour assurer la résistance mécanique d'édifices importants comme les hôpitaux, les centrales électriques et les casernes de pompiers ».

Un autre observateur, David Dowrick, a récemment déclaré que les grands édifices à ossature d'acier et de béton armé étaient probablement plus sûrs en cas de séisme que les bâtiments moins élevés, non pas parce que telle est leur nature, mais parce que les grands problèmes qu'ils posent nécessitent l'attention des meilleurs ingénieurs, et que leurs constructeurs ont les capitaux nécessaires à l'achat des meilleurs matériaux†. Dans le même article, D. Dowrick signalait que la construction des grands édifices bénéficiait du meilleur savoir-faire antiséismique, mais que 90 pour cent de la population mondiale vivait dans des bâtiments peu élevés; la construction de ces derniers n'a bénéficié que d'un minimum de recherches, et ils ne satisfont qu'aux normes les plus élémentaires. Dans les pays industriels, les bâtiments peu élevés sont souvent faits de matériaux difficiles à liasonner. Dans les pays attardés, on n'emploie en général qu'un seul matériau lourd et fragile pour construire tout le bâtiment, ce qui occasionne de nombreux décès lors des tremblements de terre.

D'après D. Dowrick, les problèmes de la recherche antiséismique sont d'une telle complexité que les études en laboratoire ne portent que

\* David Perlman, « The Trembling Earth » dans: *Britannica Yearbook of Science and the Future*, Encyclopaedia Britannica Inc., Chicago, 1972, p. 40.

† David Dowrick, « Must Earthquakes Always Win? » dans: *New Scientist*, 28 décembre 1972, p. 736.

sur des cas excessivement simplifiés. Les résultats de ces travaux s'appliquent plus aisément aux édifices élevés qu'à la plupart des bâtiments peu élevés. D. Dowrick termine ainsi son article :

« Compte tenu des nombreuses lacunes des manuels d'architecture antiséismique, il arrive trop souvent qu'on n'utilise pas au mieux les connaissances disponibles. Dans certains pays, tels les États-Unis, l'ingénieur en ossatures n'est tout simplement pas assez payé pour le travail à faire. Il doit donc se mettre à l'abri de règlements locaux insuffisants, ou faire de son mieux, compte tenu de ses honoraires, en espérant, comme tout le monde, que ses bâtiments ne seront pas mis à l'épreuve d'un vrai séisme. Pour leur part, les ingénieurs en électrotechnique, en matériels et en hydraulique n'ont pas concerté leurs efforts pour rendre leurs ouvrages résistants aux tremblements de terre. Souvent, l'ingénieur bien renseigné a des clients qui estiment que les normes de sécurité leur coûtent trop cher.

Ce qui est plus grave, c'est que les architectes préfèrent souvent un dessin esthétique à un dessin antiséismique. Les principes à la base de celui-ci sont la symétrie, la simplicité, une forme presque cubique et l'absence de transition brusque entre les éléments d'ossature d'un étage à l'autre . . .

C'est pourquoi la sécurité antiséismique n'est pas seulement l'affaire des séismologues et des ingénieurs en ossatures; ceux-ci, et les ingénieurs en génie civil, devraient éclairer les architectes, les ingénieurs en équipements intérieurs et les hommes politiques sur la nécessité de leur entière collaboration ».

### **Produits d'étanchéité des pistes et aires de stationnement des aéroports**

L'avènement des réactés a nécessité l'amélioration du comportement et de la composition des matériaux d'étanchéité des pistes d'atterrissage et des aires de stationnement bétonnées.

On utilise des produits d'étanchéité pour sceller les joints de dilatation des pistes de béton, afin d'empêcher l'eau, le sable et les corps étrangers de s'y loger. Les déplacements des gros avions à réacteurs surbaissés nécessitent une fréquente utilisation des balayeuses automotrices et des chasse-neige, pour garder la surface des pistes libre de toute substance pouvant endommager ces moteurs. Mais la multiplication des travaux d'entretien a causé une rapide détérioration des joints d'étanchéité.

En raison du mauvais comportement des produits d'étanchéité existants, et des nombreux essais infructueux menés en laboratoire pour trouver des solutions à ce problème de durabilité, le ministère fédéral des Transports a entrepris, en 1968, d'étudier comment améliorer la qualité des produits d'étanchéité et la fiabilité des fournisseurs des firmes

\* La documentation qui a servi pour la rédaction de la présente section provient de la Direction de la construction et de l'architecture du ministère fédéral des Transports, Tour C, Place de Ville, Ottawa.

chargées de l'entretien des pistes. Le Ministère a constaté que la qualité des produits d'étanchéité fournis à ces firmes avait décliné à cause d'une forte concurrence entre les fabricants, et de critères d'achat basés sur les prix plutôt que sur la qualité du produit. Le Ministère décida par la suite d'acheter lui-même les matériaux d'étanchéité par voie d'appel d'offres, par l'entremise d'Approvisionnements et Services Canada. Le ministère des Transports a également élaboré des normes et des méthodes d'essai pour évaluer leur qualité. Les fabricants ont réagi en mettant au point des produits acceptables.

Les aires de stationnement en béton où s'effectue le remplissage des réservoirs à essence posent des problèmes d'étanchéité particuliers. Le carburant pour réacteurs répandu amollit le matériau d'étanchéité, qui se trouve étalé par les roues, et décollé des dalles de béton. Le ministère des Transports exige maintenant que les matériaux d'étanchéité résistent au carburant de réacteurs s'ils sont utilisés dans les lieux de ravitaillement en carburant. On trouve maintenant quatre matériaux d'étanchéité de ce genre dans le commerce, et tous sont conformes aux stipulations du Ministère. Ces quatre matériaux, tout comme huit autres qui ne sont pas à l'épreuve du carburant pour réacteurs, possèdent des propriétés qui faisaient défaut aux anciens produits; par exemple, ils gardent leur élasticité et refoulent tout corps étranger.

### **Installations électriques\***

Les exemples ci-dessous visent à montrer l'interaction qui existe entre:

- la nécessité d'une utilisation sécuritaire, conformément au Code de l'électricité;
- le rôle de l'Association canadienne de normalisation dans l'amélioration du Code; et
- les résultats de la collaboration entre l'ACNOR et l'industrie canadienne des fils et câbles électriques.

#### *Exemple n° 1*

Il y a un certain nombre d'années, les services provinciaux d'inspection des installations électriques estimaient que le réseau de conducteurs blindés pour la distribution de l'électricité dans les logements, les commerces et les usines étaient à l'origine de nombreux incendies. Plusieurs comités du Code de l'électricité se penchèrent sur ce problème, et ils recommandèrent que l'ACNOR invite l'industrie des fils et câbles électriques à réduire les risques d'incendie par une meilleure conception des conducteurs. L'industrie accepta et effectua les modifications nécessaires avec plein succès.

#### *Exemple n° 2*

On avait constaté que certains types de fils isolés utilisés dans les entrées de service étaient défectueux s'ils avaient été posés par temps très froid.

\* La documentation ayant servi pour la rédaction du présent chapitre nous a été communiquée par M. H.L. Freeman, ancien directeur de la section des fils et câbles de l'Association canadienne de normalisation, Rexdale, Ont.

En collaboration avec l'ACNOR, l'industrie des fils et câbles électriques conçut un isolant pouvant être plié, même à 40 degrés sous zéro. Il en résulta que toutes les restrictions d'installation par basse température contenues dans le Code de l'électricité ont été supprimées, rendant possible les travaux d'hiver.

#### *Exemple n° 3*

Pendant plusieurs années, certains types de plafonniers avaient été à l'origine d'incendies. On demanda aux fabricants de fils et câbles électriques d'étudier ce problème; ils mirent au point un câble résistant aux températures assez élevées atteintes par ces plafonniers. De leur côté, les fabricants de luminaires firent un certain nombre de modifications qui ont accru leur sécurité d'utilisation. On a découvert que le nouveau câble convenait aussi au chauffage par panneaux rayonnants.

#### *Exemple n° 4*

Il y a quelques années, on trouvait souvent que les câbles électriques des granges mal entretenues pourrissaient et devenaient malcommodes et peu sûrs. Le comité du Code de l'électricité responsable demanda à l'ACNOR et à l'industrie d'y remédier. Les modifications effectuées permirent un changement des stipulations du Code, de façon à tenir compte du nouveau type de câble.

#### *Exemple n° 5*

Depuis des années, les inspecteurs se préoccupaient des installations électriques des silos, car elles causaient trop souvent des électrocutions. La plupart de celles-ci survenaient à la suite d'une panne de la soufflerie (*unloader*) à laquelle l'opérateur s'efforçait de remédier. À la suite de consultations entre les inspecteurs, l'ACNOR et les fabricants de câbles, ces derniers mirent au point un nouveau type de câble pour utilisation dans les silos. La fréquence des accidents a diminué.

#### *Exemple n° 6*

Jusqu'à ces dernières années, les cuisinières et les séchoirs électriques domestiques pouvaient être raccordés directement à l'installation électrique. Il arrivait souvent que le propriétaire fasse le raccordement sans que ce dernier soit vérifié par un inspecteur qualifié. Le comité du Code de l'électricité estima que cette méthode était peu sûre, et demanda aux fabricants de câbles et l'ACNOR d'améliorer le dispositif de raccordement. Les techniciens mirent au point un câble de raccordement flexible connecté à l'appareil, et pouvant être branché dans une prise murale, grâce à une fiche spéciale. Le comité estima que ce nouveau dispositif était acceptable.

### **Le placoplâtre (panneaux préfabriqués en plâtre)\***

La mise au point et l'utilisation des panneaux préfabriqués en plâtre remontent aux environs de 1890, quand le « Sackett Wallboard » fut

\* La documentation ayant servi pour la rédaction de la présente section provient de Domtar Construction Materials Ltd., de Montréal.

commercialisé aux É.-U. On prête à Augustine Sackett, inventeur et premier fabricant de ces panneaux, les paroles suivantes\* :

« Mes panneaux et carreaux de plâtre remplacent le lattis, la base de plâtre gros et la finition de plâtre fin habituels, et ils présentent les avantages d'une pose facile et rapide et d'être parfaitement secs, ce qui permet l'occupation immédiate de la pièce; de plus ils ne sont pas sujets au fendillement, qui affecte souvent le plâtre sur lattis ».

Depuis l'apparition des panneaux muraux de Sackett, leur technique a progressé, grâce à une série d'innovations importantes. En 1909, par exemple, la *U.S. Gypsum Company* acheta les usines de Sackett. Dès 1910, Clarence Utzman, l'un des ingénieurs de la firme, découvrit une méthode pour obtenir des panneaux d'une largeur déterminée, en utilisant des rives en papier plié.

Dix ans plus tard, C. Utzman obtint un brevet pour une machine effectuant cette opération de pliage. En 1933, E.B. Hunter utilisa, pour la première fois dans la construction, les panneaux muraux stratifiés en plâtre. En 1938, Robert Ames inventa le premier appareil pour la pose du ruban adhésif sur les panneaux muraux. En 1950, Michael Croce obtint un brevet étatsunien pour le panneau préfabriqué en plâtre à l'épreuve du feu, qu'il avait inventé quelques années auparavant.

Bien que les techniques et le potentiel de production du placoplâtre aient existé au Canada depuis les années 1930, on a considéré pendant bien des années que la finition intérieure en placoplâtre était inférieure à la finition en plâtre sur lattis. La forte demande de logements temporaires et d'abris de tous genres, pendant la guerre, changea cette situation. Il fallait les construire vite, et la qualité de la finition intérieure paraissait moins importante, ce qui permit au placoplâtre de s'assurer des débouchés. La forte demande de logement, juste après-guerre, les lui conserva. Les finitions intérieures en plâtre sur lattis étaient encore les plus en vogue, mais la qualité de leur exécution baissa, à cause de l'accélération des travaux de construction, et d'un certain nombre d'autres facteurs. Le finissage du plâtre causa bien des difficultés aux constructeurs, qui durent consacrer beaucoup de temps et d'argent aux réparations. Certains d'entre eux essayèrent le placoplâtre, et ses techniques de pose les plus modernes, tels les outils d'Ames pour l'application, l'enfoncement et la finition des matériaux de jointoiment. Voici ce qu'affirme la documentation fournie par Domtar :

« Ces innovations ont diminué le temps de pose du placoplâtre. Les constructeurs ont remarqué qu'il était possible d'achever les travaux de finition intérieure, et par conséquent la construction de la maison, deux semaines plus tôt en remplaçant la finition plâtre sur lattis par le placoplâtre. Comme les constructeurs font rouler leur capital le plus rapidement possible, l'utilisation du placoplâtre se généralisa ».

Les corps de métiers s'intéressèrent vivement au placoplâtre. Sa pose, en effet, ne nécessite qu'un minimum d'équipement, alors que le

\* *Gypsum Drywall Industry Newsmagazine*, octobre-novembre 1971, p. 26.

plâtrier utilise des malaxeurs, des échafaudages et des outils spéciaux, le tout fort coûteux. De plus, la pose du placoplâtre est d'apprentissage aisé, et le sous-traitant n'a besoin que d'une faible mise de fonds pour s'y lancer.

Une autre série d'innovations a contribué à élargir le domaine d'application du placoplâtre, tels l'utilisation de montants métalliques, la vis-taraud et le placoplâtre à âme ignifuge. Il devint possible d'utiliser ces panneaux dans les bâtiments industriels, publics et commerciaux, car leur cote de résistance au feu répondait aux stipulations des codes municipaux. Cette caractéristique, et l'économie de poids et de frais d'installation du placoplâtre, encouragèrent son utilisation dans les édifices-tours, de même que la diversification des genres de panneaux et l'amélioration de leur indice d'isolement acoustique. Le placoplâtre permet l'incorporation de la tuyauterie et l'installation électrique.

### **Le contreplaqué\***

L'art du plaquage d'ébénisterie était connu des anciens Égyptiens, mais il fallut attendre le début du XX<sup>e</sup> siècle pour la réalisation du contreplaqué. La première usine de contreplaqué de la Colombie-Britannique fut ouverte en 1913. Elle fabriquait des panneaux de sapin de Douglas pour usage intérieur dans les cloisons, les meubles et les placards.

L'innovation la plus importante en matière de contreplaqué fut la découverte, à la fin des années 1930, d'un adhésif insoluble. Le collage à chaud sous pression au moyen du nouvel adhésif, une résine synthétique à base de phénol, de formaldéhyde et de soude caustique, a permis une forte extension de l'utilisation du contreplaqué. Cet adhésif demeure stable aux températures extrêmes, et il est plus solide que le bois lui-même. Sa mise au point a été effectuée largement aux États-Unis. En quelques années seulement, tous les fabricants de contreplaqué de la Colombie-Britannique utilisèrent exclusivement les adhésifs insolubles pour tous les genres de contreplaqué. Ainsi, le contreplaqué de sapin de Douglas pouvait être utilisé à l'extérieur comme à l'intérieur, et même dans de nouveaux emplois comme la construction de bateaux.

Au Canada, plus que dans tout autre pays, le contreplaqué a eu une influence très importante dans le secteur du bâtiment. En construction domiciliaire, par exemple, on construit souvent les coffrages, les faux planchers et les voligeages du toit et des murs en contreplaqué. Le coulage du béton en construction commerciale ou industrielle, et pour l'ossature des édifices-tours, nécessite beaucoup de coffrages en contreplaqué; les panneaux sont alors huilés ou recouverts d'un enduit.

Au début, tout le contreplaqué de résineux était en sapin de Douglas. C'était l'un des bois résineux les plus résistants du Canada, et on pouvait l'obtenir en grosses billes de très bonne qualité, et exemptes

\* La documentation de cette section provient surtout de la société MacMillan Bloedel Limited, de Vancouver. D'autres renseignements ont été tirés de *Plywood Pictorial* et de *British Columbia Plywood*, qui sont publiés par le *Council of the Forest Industries of British Columbia*, 1055 West Hastings Street, Vancouver.

de nœuds. Au cours des années 1950, la *Plywood Manufacturers Association of British Columbia* réalisa un programme d'essais et de développement qui a permis d'utiliser le bois d'autres espèces plus abondantes comme la pruche, l'épinette et le pin, pour les feuilletts centraux du contreplaqué en sapin de Douglas. En 1961, l'Association canadienne de normalisation publia la norme 0151 « *Western Softwood Plywood* ». Cette norme entérinait la valeur des autres bois résineux pour la fabrication du contreplaqué pour éléments non porteurs.

Au cours des années 1950, l'industrie du contreplaqué de la Colombie-Britannique, par l'entremise de la *Plywood Manufacturers Association* encore une fois, mit au point un procédé de construction par cadres à béquille pour les portées allant jusqu'à 12 mètres. Utilisé surtout en construction de bâtiments de ferme et d'ouvrages industriels légers, ce procédé s'est répandu rapidement dans tout le Canada et les États-Unis, et il suscite beaucoup d'intérêt en Europe.

Depuis 1961, un autre procédé de construction d'origine canadienne, et utilisant le contreplaqué, acquiert de plus en plus d'importance; il s'agit de l'utilisation de fondations en bois imprégné pour la construction domiciliaire. On les utilise également aux États-Unis, où elles donnent de bons résultats. Les murs du sous-sol ou du vide sanitaire sont en bois; tous les voligeages en contreplaqué, montants et semelles de fondation ont été imprégnés sous pression de produits de conservation. Outre leur construction très rapide, ces fondations donnent un meilleur isolement thermique, et sont plus confortables que les fondations habituelles en béton ou en maçonnerie.

Certaines entreprises ont aussi joué un rôle dans le développement des techniques du contreplaqué. Par exemple, tous les fabricants de la Colombie-Britannique vendent un certain nombre de produits spéciaux, comme le voligeage teint. Ce voligeage en contreplaqué, teint à l'usine, peut être utilisé sans autre finition pour les granges, les hangars, les bureaux de chantiers et les baraques, ce qui épargne du temps et de l'argent au constructeur. En 1967, la société MacMillan Bloedel a lancé sur le marché des panneaux connus sous ses marques de commerce PLYGARD et URAPLY. Ces deux produits furent les premiers panneaux de coffrage revêtus d'un enduit anti-adhérent à l'usine, mis à la disposition des constructeurs par l'industrie canadienne; ils ont été spécialement conçus pour réduire le temps et les frais de leur entretien sur le chantier d'un édifice-tour. La firme MacMillan Bloedel a aussi publié un aide-mémoire complet pour le calcul des charges et des portées admissibles des planchers et des plafonds en panneaux de contreplaqué pour construction monocoque.

### **Les panneaux de particules de bois\***

Nous allons présenter quelques brèves remarques sur les panneaux de

\* La documentation concernant cette section nous a été fournie par la société *MacMillan Bloedel Limited*, Vancouver.

particules et les panneaux de copeaux, deux matériaux de construction fabriqués à partir de déchets ligneux, dont l'utilisation gagne du terrain. Voici l'historique tracé dans la documentation :

« Les panneaux de particules de bois ont été mis au point, en Europe, pour remplacer les planches de sciage dont il y avait pénurie. Les panneaux étaient fabriqués à partir de fines particules provenant de petites billes hachées à la machine. Aux États-Unis et au Canada, ces panneaux permettent d'utiliser les grosses quantités de délignages rejetés par les scieries et les ateliers à bardeaux. À l'usine de panneaux de particules k3 de MacMillan Bloedel, la sciure et les rognures de bardeaux de thuya géant (« cèdre rouge ») sont tamisées, pressées et collées à chaud, sous pression, pour former un panneau dense, à des dimensions exactes, pour la construction et le meuble ».

Les entreprises de construction se servent des panneaux de particules k3 surtout dans les faux-planchers. On s'est également rendu compte qu'ils convenaient pour les armoires de cuisine, les meubles, les tables de travail, les étagères, les cloisons et les palissades.

Les panneaux agglomérés en bois de la marque de commerce ASPENITE, de MacMillan Bloedel, sont faits de copeaux de peuplier enduits de résine phénolique, dont les feuilletts sont empilés en un panneau durci à chaud sous pression. Ils servent principalement à la construction des faux-planchers, et comme panneaux de voligeage pour les toits et les murs des bâtiments agricoles, domiciliaires et récréatifs. On les utilise également comme clins (*sidings*), palissades, clôtures et cabanes de jardin. L'Aspenite a été le premier panneau de particule porteur fabriqué en Amérique du Nord.

### Les niveleuses\*

Les premières niveleuses étaient constituées par des poutres tirées par des chevaux. Les premières niveleuses mécaniques datent de 1880, environ. En 1885, par exemple, la firme J.D. Adams, d'Indianapolis, Ind., entreprit de fabriquer et de commercialiser la première niveleuse hippomobile « à roues inclinables » laquelle fut vendue au Canada par une succursale distributrice†. En 1886, la société *Dominion Road Machinery Company* (DRMC) de Goderich, Ont., lança le premier modèle de la série des niveleuses « Champion », aussi à traction chevaline.

Au tournant du siècle, les premières niveleuses à lame relevable firent leur apparition. Vers 1914, la plupart des modèles de niveleuses étaient devenus plus gros et plus complexes; ils étaient à traction cheva-

\* La documentation ayant servi pour la rédaction de cette section provient de la société *Dominion Road Machinery Company Ltd.*, de Goderich, Ont., firme en mains canadiennes et dirigée par des Canadiens, et de la société *WABCO Construction Equipment*, une succursale d'*American Standard Inc.*, de Peoria Ill. La documentation de la DRMC était complétée par un bref historique de cette firme depuis 1886. Il ne manque pas d'intérêt, et il est reproduit sous forme légèrement modifiée à l'Annexe F.

† Par la suite, la société J.D. Adams, des États-Unis, s'est associée à la *Westinghouse Air Brake Company* (WABCO), tout comme l'a fait sa filiale canadienne.

line ou mécanique. L'utilisation d'un tracteur permettait l'emploi des plus gros modèles.

Le catalogue de la firme J.D. Adams, pour l'année 1928, illustre les méthodes de développement de cette société. Par exemple, on peut lire, à la page 3 :

« Considérant la vogue des niveleuses Adams à roues inclinables depuis nombre d'années, l'absence d'imitateurs jusqu'à ces dernières années provient de la protection des brevets pris par Adams, lesquels ont empêché qu'on copie les niveleuses Adams simples et pratiques. Le brevet principal protégeant la roue inclinable a expiré il y a quelque temps, mais divers brevets postérieurs couvrent les dispositifs simples et pratiques d'utilisation du principe de la roue inclinable. . . ».

Ce catalogue affirme que la société Adams a été la première à concevoir et à fabriquer des niveleuses à lame de 10 et de 12 pieds, la première à utiliser la flèche orientable, et qu'elle inventa la taluteuse (*backsloper*) en 1919. Il ajoute même que les derniers perfectionnements aux niveleuses Adams ouvraient de nouvelles voies à l'industrie de la construction des niveleuses. Ces améliorations comprenaient les engrenages taillés à la machine et mis en carter, les roulements usinés et les joints à rotule pour les commandes de lames sur tous les modèles.

C'est à Paris, Ont., que la fabrication au Canada des niveleuses Adams débuta en 1929. À cette époque, les firmes Adams et *Dominion Road Machinery Company* construisaient des niveleuses automotrices à pneus pleins, dont la lame atteignait 16 pieds, et dont les roues avant pouvaient s'incliner, en plus des modèles remorqués par tracteur. La société Adams recommandait d'utiliser ces nouvelles machines pour les travaux d'entretien, et les modèles à roues inclinables tirés par tracteur pour les travaux de construction.

Vers la fin des années 1930, les niveleuses automotrices utilisaient un moteur à essence ou diésel, des pneus en caoutchouc, quatre roues motrices et des servocommandes hydrauliques. Les modèles tirés par tracteurs étaient rapidement remplacés. Les tâches confiées aux niveleuses se multipliaient. Par exemple, le catalogue Adams de 1939 disait :

« Les puissants moteurs équipant les niveleuses automotrices Adams nos 50 et 51, et l'excellente traction tandem à quatre roues pourvues de pneus à basse pression permettent l'exécution des gros travaux de nivelage et de talutage qu'on n'aurait jamais attendus des anciennes niveleuses. De plus, la gamme des réglages possibles rendent les modèles nos 50 et 51 tout à fait propres à l'arasement et à la finition des remblais, ou à l'élargissement des routes, ou encore à l'égalisation des talus; peu de niveleuses automotrices sont capables de tels travaux. En fait, maintenant, beaucoup d'entrepreneurs et d'ingénieurs de la voirie comptent exclusivement sur ces machines pour la construction des routes ».

Le perfectionnement des niveleuses s'est poursuivi durant les années d'après-guerre. On construisit des modèles lourds, des modèles intermédiaires et des petits modèles polyvalents. Leurs usages s'étendirent encore; on s'en servait pour la construction et l'entretien des routes et

des rues, le creusage des fossés, la scarification, les travaux de nivelage et de curage, et même pour le déneigement, le débardage, la construction pétrolière et les travaux d'aménagement du sol. Ces progrès étaient encouragés par la nécessité d'économiser la main-d'œuvre, de réduire les frais, et d'obtenir une plus grande sécurité de fonctionnement, d'adaptabilité et de facilité d'emploi. Les derniers modèles utilisent des aciers et des alliages nouveaux et plus résistants, des pneus, des commandes hydrauliques et des équipements auxiliaires améliorés, des moteurs plus puissants, de meilleurs dispositifs de conduite, etc. Par exemple, la niveleuse Champion D-686 de la DRMC pèse 14,5 T (32 000 lb.) et elle est équipée d'un moteur de 200 chevaux. Le catalogue souligne que la niveleuse possède les dispositifs suivants :

- un châssis robuste, fait de barres d'acier soudées; des fusées de direction renforcées en acier spécial estampé, et des roulements à rouleaux coniques en carters hermétiques;
- la commande d'inclinaison des roues par piston hydraulique, au lieu d'un dispositif mécanique s'usant rapidement et de remplacement coûteux;
- une servodirection très maniable, alimentée par un circuit autonome pourvu d'un filtre remplaçable et d'une alimentation indépendante, pour plus de sécurité; en cas d'urgence, la servodirection fonctionne, même si le moteur est arrêté.
- une commande brevetée High Lift pour la lame, qui peut pivoter de 90 degrés dans deux plans, jusqu'à la verticale, d'un côté ou de l'autre de la machine, soit pour le nivelage ou le talutage de remblais très inclinés et le curage des fossés;
- deux mécanismes de freinage indépendants; des freins hydrauliques de grande taille à autoréglage dans les tambours des roues, et des freins à disque sur le pignon d'entraînement final pour le stationnement et le freinage de secours;
- une transmission à prise continue et à huit vitesses, construite par la DRMC; une commande à deux leviers ou une servocommande brevetée à un seul levier, des roulements à rouleaux antifricition; la transmission est liée au châssis par des amortisseurs.

### **Les bétonnières automotrices\***

Comme les niveleuses, les bétonnières transportant du béton à couler étaient tirées par des chevaux avant d'être automotrices. Les bétonnières hippomobiles apparurent aux États-Unis vers le début du siècle. Les premières bétonnières, appelées « Dromedary Mixers », étaient constituées par un cylindre suspendu entre deux roues de charrette qui le faisaient pivoter quand elles tournaient. Le modèle de 1909, tiré par deux chevaux, était équipé d'un mélangeur de forme cubique, d'environ

\* La documentation ayant servi à la rédaction de ce qui suit provient de la section canadienne de l'Association du Ciment Portland, d'Ottawa; de la *London Concrete Machinery Company* de London, Ont.; de *Mack Truck Canada Limited*, de Toronto, et de *Jaeger Machine Company of Canada Limited*, de St. Thomas, Ont.

75 cm de côté. Deux roues à engrenages actionnaient des palettes remuant le béton dans le cube. La bétonnière était aussi munie d'un petit réservoir d'eau.

En 1916, Stephan Stepanian tenta sans succès d'obtenir un brevet étatsunien pour la première bétonnière pratique, montée sur camion, et se vidant automatiquement. Pendant le transport, la bétonnière proprement dite restait à l'horizontale, mais elle était inclinée par un dispositif hydraulique pendant le déchargement. C'est à peu près à la même époque que se développa l'usage du béton tout préparé, qui était alors livré au chantier dans des camions ordinaires ou à benne. La préparation centralisée du béton devint courante aux États-Unis pendant les années 1920.

L'essor de la bétonnière automotrice à mélangeur rotatif débuta pour de bon vers 1927, quand on construisit des camions de dimensions et de puissance suffisantes, tels les camions Ford modèle T. Ordinairement, les mélangeurs et les camions n'étaient pas conçus et fabriqués par la même firme.

Jusque vers 1935, la capacité maximale des bétonnières était d'un mètre cube de béton mélangé à l'usine. La mise au point du train de roulage tandem, qui survint vers cette époque, permit de porter la capacité à 3 m<sup>3</sup>. Les mélangeurs proprement dits étaient alors du modèle horizontal, et ils étaient actionnés par une prise de force sur la transmission du camion. C'est pendant la Seconde guerre mondiale qu'on mit au point la bétonnière automotrice à axe incliné et à déchargement rapide.

La fièvre de construction de l'après-guerre généralisa l'usage de la bétonnière automotrice au Canada. On construisit de grandes centrales de béton dans les villes, ce qui permit la constitution de flottes de bétonnières au cours des années 1960. Depuis 1945, l'industrie de la construction a demandé et obtenu des camions de capacités de plus en plus grandes, roulant dans des conditions diverses et souvent difficiles, et équipés de mélangeurs capables de fournir des bétons répondant aux prescriptions techniques des ingénieurs en ossatures. On a toujours cherché à augmenter la capacité des bétonnières pour économiser la main-d'œuvre et réduire les frais. On a dû modifier le camion pour que l'augmentation de sa charge ne le mette pas en contravention avec les règlements provinciaux de la voirie. Vers 1962, par exemple, on mit au point le mélangeur monté sur remorque. Vers 1967, la capacité moyenne des bétonnières atteignait 5,5 m<sup>3</sup>.

La plupart des mélangeurs construits entre 1965 et 1969 étaient actionnés par une prise de force sur la transmission du camion. Cependant, vers 1967, on s'efforça de mettre au point des circuits hydrauliques. Les premiers essais ne donnèrent pas satisfaction, mais ultérieurement, on réalisa un couple pompe-moteur permettant de varier la vitesse de rotation du mélangeur à volonté. Depuis, on a mis au point des compte-tours, des goulottes actionnées par un dispositif hydraulique, une circulation d'eau par l'air comprimé et des télécommandes accrois-

sant ainsi la sécurité d'emploi du matériel et le contrôle de la qualité du produit. La charge moyenne d'une bétonnière atteint maintenant 7,5 m<sup>3</sup>. Les constructeurs cherchent à réaliser des modèles dont la capacité atteindra 11,5 m<sup>3</sup>, pour permettre aux entrepreneurs de réduire leurs frais. Certaines de ces nouvelles bétonnières permettront le transport de béton additionné d'agréats spéciaux, non utilisés auparavant.

### **Les coffrages mobiles\***

L'utilisation des coffrages mobiles est une des nombreuses techniques utilisées dans le bâtiment et les travaux publics. Elle permet de retenir le béton pendant sa solidification. Un expert dans l'utilisation de cette technique l'a décrite dans les termes suivants† :

« La technique des coffrages mobiles consiste en fait en une extrusion verticale des murs, dont la section peut prendre toutes les formes possibles: tube ou conduit rectangulaire, murs rectilignes en intersection ou murs curvilignes répartis irrégulièrement. Les édifices-tours qui en résultent sont généralement prismatiques, mais peuvent être en pyramide tronquée si nécessaire. On l'utilise fréquemment pour la construction de conduits rectangulaires, de cages d'ascenseur, de cages d'escalier et de locaux pour l'équipement du bâtiment.

Les coffrages mobiles sont montés une seule fois pour chaque chantier; ils sont généralement faits de matériaux de qualité, de dimensions précises. La technique des coffrages mobiles est efficace et économique, car elle se base sur une mécanisation poussée. Elle ressemble beaucoup à la fabrication en usine. Les coffrages mobiles forment une énorme matrice, qui se déplace verticalement et régulièrement pour le coulage en place du béton, qui est acheminé mécaniquement. . .

La technique des coffrages mobiles peut servir à la construction d'ouvrages complexes, comme les enceintes des réacteurs nucléaires, les cheminées d'usine, les observatoires touristiques, les chevalements de mine, les batteries de silos et les piliers des ponts ».

On utilise normalement la technique des coffrages mobiles pour la construction d'un des éléments porteurs du bâtiment. Par exemple, on s'en sert pour construire l'élément central en béton, lequel est entouré d'une ossature d'acier. Les interactions et les joints entre les éléments porteurs peuvent être très complexes, et les joints doivent être conçus pour assurer une bonne articulation de l'ensemble. En pratique, l'existence d'un élément central en béton détermine le mode de construction de l'ossature qui l'entoure, et le genre de joints utilisés nécessite un nouveau dessin des éléments d'ossature.

La technique des coffrages mobiles n'est pas vraiment nouvelle, et

\* La documentation ayant servi à rédiger la présente section a été recueillie au cours d'entrevues, ou tirée de divers textes publiés, dont deux sont reproduits tels quels.

† Norman N. Aylon, ingénieur agrégé, « Slipforming for Tall Buildings », dans *Engineering and Construction*, janvier 1971.

on peut l'utiliser aussi bien horizontalement que verticalement. Voici un bref historique de cette technique aux États-Unis\* :

1904 – Érection aux États-Unis du premier silo à grains, au moyen de la technique des coffrages mobiles.

1908 – Apparition de la première machine à coffrages mobiles pour le bétonnage des trottoirs.

1915 – Le Service étatsunien d'aménagement utilise pour la première fois la technique des coffrages mobiles pour bétonner le lit d'un canal.

1935 – On utilise pour la première fois la technique des coffrages mobiles montés sur rails pour le bétonnage du lit d'un canal.

1954 – Le ministère de la Voirie de l'Iowa met au point un nouveau type d'appareil pour le tamisage et la finition du béton, la machine à bétonnage routier à coffrages mobiles.

1955 – Apparition sur le marché d'une machine à bétonnage routier à coffrages mobiles.

Le principal avantage des coffrages mobiles est l'économie de temps réalisée. Quand il a été commencé, le coulage du béton dans les coffrages mobiles ne doit pas être interrompu. Au cours de la construction de la plupart des bâtiments domiciliaires, les coffrages montent d'environ un étage par jour de travail. On utilise des vérins pour hausser les coffrages, habituellement d'un pouce à la fois. Il est indispensable de disposer d'une sapine (*tower crane*) qu'on peut hausser en même temps que les coffrages. On peut utiliser les mêmes coffrages pour plusieurs bâtiments. C'est le temps économisé par cette méthode de construction qui la rend préférable aux autres.

L'utilisation des coffrages mobiles ne fait que commencer au Canada. Quelques applications très importantes en ont été faites en génie civil, comme la construction de l'enceinte à vide de la centrale nucléaire de l'Ontario Hydro à Pickering, de l'enceinte du réacteur de la centrale nucléaire de l'Hydro-Québec à Gentilly, de l'observatoire Niagara Skylon de 116 m, et de la cheminée de 381 m de la fonderie de l'*International Nickel*† à Copper Cliff; on a également construit, à l'aide des coffrages mobiles, des édifices commerciaux, collectifs ou domiciliaires à Vancouver, Montréal, Toronto et Ottawa. La construction de l'enceinte du réacteur de Gentilly marqua la première utilisation en Amérique du Nord des coffrages mobiles pour un tel ouvrage en béton précontraint. Le coulage de cet ouvrage cylindrique d'un diamètre de 36,5 m, d'une hauteur de 42,5 m et d'une épaisseur de 1,2 m ne demanda que 17 journées de travail de 24 heures. On a calculé qu'il aurait fallu cinq mois pour effectuer le même travail par les techniques habituelles, si toutefois le temps s'y était prêté.

\* Voir « Landmarks in Concrete technology » dans *Concrete Construction*, février 1967.

† Au moment de la rédaction du présent rapport (avril 1974), il nous paraît bon d'y ajouter la gigantesque tour de télécommunications du Canadien National sur la rive du lac Ontario, à Toronto.

### **Le béton précontraint\***

« Les techniques du béton précontraint pour la fabrication de poutres et de poutrelles en béton ne sont nullement une méthode complexe de construction d'ossature, mais on doit plutôt la considérer (quand son emploi est économiquement justifiable) comme une méthode de construction d'ossature, renforcée par un traitement supplémentaire lors de la fabrication ».

C'est en ces mots qu'un rapport décrivait l'utilisation de poutrelles en béton précontraint, pour construire un pont à Philadelphie, en 1949† :

La théorie du béton précontraint a été proposée, pour la première fois, à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, mais son application dut attendre la mise au point de l'acier à haute résistance. Et, comme ce fut souvent le cas, la théorie et la pratique de la précontrainte se développèrent d'abord en Europe, et n'atteignent l'Amérique du Nord qu'un peu plus tard.

Par exemple, la méthode Freyssinet pour la fabrication de béton précontraint a été mise au point en France pendant les années 1930. Pour la faire adopter, il fallait exposer ses avantages économiques sur les techniques plus simples de renforcement. Voici ce que disait l'auteur d'un exposé technique sur cette méthode‡ :

« L'armature ordinaire, ayant une limite d'élasticité de 34 000 lb/po.<sup>2</sup>, coûte environ 1,5 penny la livre une fois posée; par conséquent, un fer à béton de 3,5 lb coûtera environ 5 pence le pied. On peut lui substituer, tout en conservant le même facteur de sécurité, un câble d'acier dont la limite élastique est de 120 000 lb/po.<sup>2</sup>, qui pèse seulement 1 lb le pied, et coûte environ 1,5 penny avant pose; mais il faut le soumettre à une traction d'environ 12 tonnes. Des 3,5 pence épargnés, il faut déduire le coût des opérations suivantes: 1° coupage du câble et préparation des ancrages permanents dans le béton; 2° installation, près des extrémités de la barre, à deux points à l'intérieur du moule, d'ancrages temporaires capables de supporter une traction de 12 tonnes; 3° réglage et maintien de cette traction à 12 tonnes entre les ancrages, pendant que le béton est coulé dans le moule et qu'il durcit; 4° démontage des ancrages temporaires noyés dans le béton, transférant ainsi la tension aux ancrages permanents fixés dans le béton; et enfin, 5° remplissage des trous laissés dans le béton en vue de cette opération ».

Pour le pont Walnut Lane de Philadelphie, on avait utilisé la méthode Magnel, mise au point en Belgique. Ce pont prouva clairement aux Américains que la précontrainte était une technique sérieuse et acceptable; cependant, il fallut lui apporter un certain nombre de modifications pour tenir compte des différences entre les usages européens et

\* La documentation qui a servi à la rédaction de la présente section provient de diverses sources, dont deux ont été citées directement.

† S. S. Baxter et M. Barofsky, « Construction of the Walnut Lane Bridge », *First United States Conference on Prestressed Concrete*, Institut de technologie du Massachusetts, août 1951.

‡ M.E. Freyssinet, « Developments in Concrete Making », dans *Concrete and Construction Engineering*, avril 1936.

américains, ainsi qu'entre les coûts de la main-d'œuvre et des matériaux. Par exemple, aux États-Unis, les coûts de la main-d'œuvre sont plus élevés, et on utilise plus généreusement le béton et l'acier qu'en Belgique. Les entrepreneurs américains adoptèrent donc des méthodes différentes pour placer les câbles de précontrainte, afin d'améliorer la méthode belge, qui demande beaucoup de temps; de plus, ils utilisèrent du béton plus liquide, qui pouvait être coulé en place plus rapidement.

À l'usage, l'utilisation du béton précontraint s'est perfectionnée. Comme nous l'avons fait remarquer à la section précédente, la technique de la précontrainte a été utilisée pour la première fois en Amérique du Nord, de concert avec les coffrages mobiles, pour la construction de l'enceinte du réacteur nucléaire de Gentilly, au Québec, en 1971.

### **La construction industrialisée\***

Pour certains, l'expression « construction industrialisée » suggère une approche systémique de la construction commerciale des maisons; pour d'autres, il s'agit de la préfabrication à l'usine d'éléments de maison et leur transport sur le chantier de construction pour leur montage. Pour les uns encore, la méthode nécessite la coordination modulaire des éléments de construction, et pour d'autres, elle suggère la standardisation des éléments de construction sur une base régionale, nationale ou sectorielle. Pour certains, il s'agit d'une technique de gestion, et pour d'autres de l'organisation d'un chantier. En fait, la construction industrialisée embrasse tous ces aspects.

Pour la décrire dans ses grandes lignes, on pourrait dire qu'il s'agit d'une fabrication utilisant des méthodes répétitives et des processus mécanisés. Elle articule les opérations de l'usine avec les travaux du chantier de la construction; c'est une activité commercialement concurrentielle, englobant les phases diverses de planification, de conception, de programmation, de fabrication et de commercialisation des produits.

Présentement, la construction industrialisée exerce une influence profonde sur l'activité des entreprises de construction†.

Comme beaucoup d'autres techniques de construction, la construction industrialisée s'est développée par une évolution graduelle. Elle a été appliquée surtout, comme d'autres techniques industrielles, dans le

\* La documentation ayant servi à la rédaction de la présente section a été recueillie au cours d'entrevues réalisées dans le cadre du programme, et dans certaines publications dont les plus utiles sont mentionnées ci-dessous:

« Systems Building », Rapport spécial, tiré-à-part d'*Engineering News-Record*, New York, 30 octobre 1969;

John A. Dawson, « A Survey of the 'State of the Art' 1969 » dans *Specifier*, août 1969; Roderick G. Robbie (de Robbie, Vaughan et Williams, Toronto), « Systems Building in Architecture », communication à l'American Institute of Architecture, Houston, Texas, 11 août 1969;

*Standards Canada*, vol. 2, n° 2, mars-avril 1971, publié par l'Association de normalisation, Toronto, et

S.A. Gitterman, « Industrialized Building », rapport de consultant rédigé pour la Société centrale d'hypothèques et de logement, Ottawa, 1967.

† On trouvera, à l'Annexe G, la description de la croissance d'une des firmes canadiennes de ce secteur: *ATCO Industries Limited*.

secteur du bâtiment, mais les travaux publics en ont aussi bénéficié. Citons l'usinage des éléments d'acier et de béton préfabriqués pour la construction des ponts.

Le rapport spécial paru dans *Engineering News-Record* déclare ce qui suit:

« En Europe, la construction industrialisée a connu un début spectaculaire avec la construction du Crystal Palace de Londres en 1851. L'architecte, Joseph Paxton, utilisa une méthode qu'on appelle maintenant la préfabrication. L'ouvrage, de 800 000 pieds carrés, construit en six mois, était composé d'éléments fabriqués en série, qui étaient assemblés dans une ossature de colonnes de fonte et de fer forgé et de poutrelles boulonnées sur le chantier de construction . . . » (p. 3)

Aux États-Unis, la construction industrialisée connut un mauvais départ, il y a plus de 60 ans. Voici à nouveau ce qu'en dit l'*Engineering News-Record*:

« En 1910, un architecte américain, Grosvenor Atterbury, mit au point une technique utilisant de grands panneaux préfabriqués en béton à âme creuse pour la construction des planchers, des murs et des toits. Vers 1915, un organisme philanthropique, la fondation Russel Sage, parraina la construction de plusieurs centaines de logements dans le quartier Queens de New York, grâce à cette méthode. Les panneaux étaient fabriqués à l'usine et transportés par camions sur le chantier, où ils étaient montés grâce à des grues. L'entreprise se révéla un échec au point de vue économique ». (p. 1)

Retournons à l'historique de l'*Engineering News-Record* concernant les progrès de la construction industrialisée en Europe:

« Il fallut deux guerres mondiales pour accélérer l'évolution de la construction industrialisée. En Angleterre, la pénurie de logements et de main-d'œuvre spécialisée en construction, qui suivit la Première guerre mondiale, stimula la mise au point de méthodes de construction encore plus mécanisées. La première méthode de construction industrialisée y fut lancée en 1919 par *John Laing & Son Limited*, de Londres. Cette méthode, connue sous le nom d'EASIFORM, permettait la construction d'immeubles locatifs atteignant 4 étages, grâce à des murs de béton creux, coulés en place dans des coffrages en acier fabriqués à l'usine. . . La firme *John Laing Construction Ltd.* utilise encore cette méthode . . . Mais quand la pénurie de logements se résorba, vers 1926, la construction industrialisée connut une période d'abandon, et les méthodes habituelles reprurent le dessus ». (p. 3)

Pendant la Seconde guerre mondiale, le gouvernement britannique fit appliquer le principe de la construction industrialisée pour le relogement des familles sinistrées. Le programme de construction « Prefabs » subit une accélération au cours des quatre années qui suivirent la fin de la guerre, et il permit la construction de 200 000 maisons unifamiliales à toit-terrasse, d'entretien facile et devant durer dix ans.

Dans le numéro de mars-avril 1971 de *Standards Canada*, on peut lire ceci:

« Ce sont les gouvernements européens qui poussèrent au développement de la construction industrialisée après la Seconde guerre mondiale. On indique maintenant que le temps nécessaire à la construction sur le chantier a diminué de 17 à 50 pour cent en Grande Bretagne, de 50 pour cent en moyenne en URSS où la méthode de construction par caissons (*concrete boxes*) est commun, de 65 pour cent au Danemark et de 75 pour cent en Tchécoslovaquie et en Suisse. Toutefois, les réductions de coûts sont loin d'être aussi remarquables. Au début, il arrive souvent qu'ils dépassent ceux des méthodes traditionnelles; mais on rapporte de petites économies grâce à l'expérience acquise ». (p. 1)

Les modes de construction conçus en Europe se sont multipliés rapidement depuis 1950. Par exemple, en Grande-Bretagne, on a mis au point la méthode CLASP pour la construction des écoles, la méthode Jespersen au Danemark, les méthodes Coignet, Spectra et Tracoba n° 4 en France, la méthode Skarne S66 en Suède, et la méthode Bejlmereer aux Pays-Bas. Le rapport spécial d'*Engineering News-Report* évalue à environ 300 le nombre de modes de construction utilisables en 1969, en Angleterre seulement. Cependant, la construction industrialisée des édifices-tours en Angleterre subit un sérieux revers le 16 mai 1968, à la suite de l'effondrement partiel d'un immeuble locatif de 24 étages à Roman Point. Dans l'*Engineering News-Report*, on peut lire la remarque suivante:

« Ce désastre a renforcé une tendance qui s'était déjà manifestée auparavant, celle de la construction d'immeubles locatifs peu élevés plutôt que d'édifices-tours. Des raisons sociologiques sont à l'origine de cette tendance; les gens croient que les familles qui élèvent des enfants dans des édifices-tours subissent des tensions intimes. . . Cependant, ce désastre n'a pas refroidi l'enthousiasme des autorités pour le perfectionnement et l'utilisation de la construction industrialisée de bâtiments peu élevés ». (p. 4)

Commentant la situation aux États-Unis en 1969, l'*Engineering News-Record* a déclaré ce qui suit:

« La construction industrialisée a eu besoin de vingt années pour y prendre pied. Beaucoup de nations envient la capacité de production des chaînes automatisées des É.-U.; cependant ce pays, qui utilise couramment l'informatique pour la planification et l'ordonnancement de la production, vient seulement de prendre pleinement conscience de la possibilité de fabriquer les bâtiments en usine.

De nombreuses sociétés examinent d'un œil critique le processus décousu de construction, suivi actuellement. Elles s'interrogent sur les bénéfices que pourrait réaliser la firme qui réussirait à réduire le nombre des éléments de construction, et qui rassemblerait dans une seule entreprise les fonctions des nombreux corps professionnels, corps de métiers et groupes commerciaux qui constituent actuellement l'industrie de la construction.

À l'exception des maisons-remorques (*mobile homes*), dont la construction suit la méthode des caissons, on ne peut construire les bâti-

ments en usine comme les réfrigérateurs ou les automobiles. Cependant, on a montré en Europe qu'il est possible de fabriquer les éléments de logement en grand nombre à l'usine ou sur chantier, et de les monter avec le matériel convenable en respectant l'échéancier établi des semaines ou des mois à l'avance ». (p. 1)

Les premières tentatives de construction industrialisée des firmes canadiennes ont été faites aux alentours de 1960. En 1964, une firme de consultants de Montréal, l'Institut de recherches et de normalisation économique et scientifique, inc., réalisa des *Recherches en architecture scolaire* pour la Commission des écoles catholiques de Montréal. En 1966, le gouvernement de l'Ontario et la Commission scolaire du Grand Toronto obtinrent une subvention de la fondation Ford pour la réalisation de leur projet, *Study of Educational Facilities*. Ces deux projets étaient inspirés par l'étude californienne *School Construction Systems Development*.

Le premier exemple bien connu de construction industrialisée canadienne date d'Expo 67. Habitat, construction frappante mais coûteuse, fut construite sur chantier grâce à des techniques mécanisées très perfectionnées. En outre, le pavillon soviétique de l'Expo fut construit grâce à la méthode VAR M3, conçue en Italie.

La construction industrialisée a pénétré dans le domaine de l'enseignement médical, lors de l'érection du Centre médical et sanitaire de l'Université McMaster, à Hamilton, grâce au Servo-System mis au point par la firme d'architectes Craig, Zeidler et Stong, de Toronto et Peterborough. De même, les promoteurs-constructeurs se sont rendu compte des possibilités de la construction industrialisée, et un certain nombre d'entrepreneurs ont acquis des licences européennes pour exploiter ces méthodes. Le ministère fédéral de l'Industrie et du Commerce favorise l'utilisation de la construction industrialisée, parce que le secteur du bâtiment est trop morcelé et que l'hiver canadien nécessite le montage rapide d'éléments, et la fermeture immédiate des ouvertures du bâtiment en construction dès qu'elle devient possible. Le programme B.E.A.M.\* de ce Ministère a pour objectif premier d'encourager l'utilisation de la construction industrialisée au Canada.

La croissance récente des activités des membres de l'Association canadienne des manufacturiers d'habitations montre que la construction industrialisée de logements unifamiliaux est envisagée très sérieusement par toute l'industrie. L'Association canadienne de normalisation a créé un Comité consultatif en ce domaine, ce qui étaye cette observation. Mais les partisans et les ennemis de la construction industrialisée s'affrontent en comparant ses coûts avec ceux de la construction traditionnelle, pour un produit semblable.

\* Nous avons examiné ce programme au chapitre VI et à l'Annexe D.

## Publications du Conseil des sciences du Canada

### Rapports annuels

- Premier rapport annuel, 1966–1967 (SS1-1967F)**
- Deuxième rapport annuel, 1967–1968 (SS1-1968F)**
- Troisième rapport annuel, 1968–1969 (SS1-1969F)**
- Quatrième rapport annuel, 1969–1970 (SS1-1970F)**
- Cinquième rapport annuel, 1970–1971 (SS1-1971F)**
- Sixième rapport annuel, 1971–1972 (SS1-1972F)**
- Septième rapport annuel, 1972–1973 (SS1-1973F)**
- Huitième rapport annuel, 1973–1974 (SS1-1974F)**

### Rapports

- Rapport n° 1* **Un programme spatial pour le Canada**, juillet 1967 (SS22-1967/F, \$0.75)
- Rapport n° 2* **La proposition d'un générateur de flux neutroniques intenses — Première évaluation et recommandations**, décembre 1967 (SS22-1967/2F, \$0.25)
- Rapport n° 3* **Un programme majeur de recherches sur les ressources en eau du Canada**, septembre 1968 (SS22-1968/3F, \$0.75)
- Rapport n° 4* **Vers une politique nationale des sciences au Canada**, octobre 1968 (SS22-1968/4F, \$0.75)
- Rapport n° 5* **Le soutien de la recherche universitaire par le gouvernement fédéral**, septembre 1969 (SS22-1969/5F, \$0.75)
- Rapport n° 6* **Une politique pour la diffusion de l'information scientifique et technique**, septembre 1969 (SS22-1969/6F, \$0.75)
- Rapport n° 7* **Les sciences de la Terre au service du pays — Recommandations**, avril 1970 (SS22-1970/7F, \$0.75)
- Rapport n° 8* **Les arbres ... et surtout la forêt**, 1970 (SS22-1970/8F, \$0.75)
- Rapport n° 9* **Le Canada ... leur pays**, 1970 (SS22-1970/9F, \$0.75)
- Rapport n° 10* **Le Canada, la science et la mer**, 1970 (SS22-1970/10F, \$0.75)
- Rapport n° 11* **Le transport par ADAC: Un programme majeur pour le Canada**, décembre 1970 (SS22-1970/11F, \$0.75)
- Rapport n° 12* **Les deux épis, ou l'avenir de l'agriculture**, mars 1971 (SS22-1970/12F, \$0.75)
- Rapport n° 13* **Le réseau transcanadien de téléinformatique: 1<sup>ère</sup> phase d'un programme majeur en informatique**, août 1971 (SS22-1971/13F, \$0.75)
- Rapport n° 14* **Les villes de l'avenir — Les sciences et les techniques au service de l'aménagement urbain**, septembre 1971 (SS22-1971/14F, \$0.75)

- Rapport n° 15* **L'innovation en difficulté — Le dilemme de l'industrie manufacturière au Canada**, octobre 1971 (SS22-1971/15F, \$0.75)
- Rapport n° 16* **«... mais tous étaient frappés.» Analyse de certaines inquiétudes pour l'environnement et danger de pollution de la nature canadienne**, juin 1972 (SS22-1972/16F, \$1.00)
- Rapport n° 17* **In vivo — Quelques lignes directrices pour la biologie fondamentale au Canada**, août 1972 (SS22-1972/17F, \$1.00)
- Rapport n° 18* **Objectifs d'une politique canadienne de la recherche fondamentale**, septembre 1972 (SS22-1972/18F, \$1.00)
- Rapport n° 19* **Problèmes d'une politique des richesses naturelles au Canada**, janvier 1973 (SS22-1973/19F, \$1.25)
- Rapport n° 20* **Le Canada, les sciences et la politique internationale**, janvier 1973 (SS22-1973/20F, \$1.25)
- Rapport n° 21* **Stratégies pour le développement de l'industrie canadienne de l'informatique**, septembre 1973 (SS22-1973/21F, \$1.50)
- Rapport n° 22* **Les services de santé et la science**, octobre 1974 (SS22-1974/22F, \$2.00)

### Études de documentation

Les cinq premières études de la série ont été publiées sous les auspices du Secrétariat des sciences.

- Special Study No. 1* **Upper Atmosphere and Space Programs in Canada**, by J.H. Chapman, P.A. Forsyth, P.A. Lapp, G.N. Patterson, February 1967 (SS21-1/1, \$2.50)
- Special Study No. 2* **Physics in Canada: Survey and Outlook**, by a Group of the Canadian Association of Physicists headed by D.C. Rose, May 1967 (SS21-1/2, \$2.50)
- Étude n° 3*, **La psychologie au Canada**, par M.H. Appley et Jean Rickwood, Association canadienne des psychologues, septembre 1967 (SS21-1/3F, \$2.50)
- Étude n° 4*, **La proposition d'un générateur de flux neutroniques intenses — Évaluation scientifique et économique**, par un Comité du Conseil des sciences du Canada, décembre 1967 (SS21-1/4F, \$2.00)
- Étude n° 5*, **La recherche dans le domaine de l'eau au Canada**, par J.P. Bruce et D.E.L. Maasland, juillet 1968 (SS21-1/5F, \$2.50)

- Étude n° 6,* **Études de base relatives à la politique scientifique — Projection des effectifs et des dépenses R & D,** par R.W. Jackson, D.W. Henderson et B. Leung, 1969 (SS21-1/6F, \$1.25)
- Étude n° 7,* **Le gouvernement fédéral et l'aide à la recherche dans les universités canadiennes,** par John B. Macdonald, L.P. Dugal, J.S. Dupré, J.B. Marshall, J.G. Parr, E. Sirluck, E. Vogt, 1969 (SS21-1/7F, \$3.00)
- Étude n° 8,* **L'information scientifique et technique au Canada, Première partie,** par J.P.I. Tyas, 1969 (SS21-1/8F, \$1.00)  
*II<sup>e</sup> partie, Premier chapitre:* Les ministères et organismes publics (SS21-1/8-2-1F, \$1.75)  
*II<sup>e</sup> partie, Chapitre 2:* L'industrie (SS21-1/8-2-2F, \$1.25)  
*II<sup>e</sup> partie, Chapitre 3:* Les universités (SS21-1/8-2-3F, \$1.75)  
*II<sup>e</sup> partie, Chapitre 4:* Organismes internationaux et étrangers (SS21-1/8-2-4F, \$1.00)  
*II<sup>e</sup> partie, Chapitre 5:* Les techniques et les sources (SS21-1/8-2-5-F, \$1.25)  
*II<sup>e</sup> partie, Chapitre 6:* Les bibliothèques (SS21-1/8-2-6F, \$1.00)  
*II<sup>e</sup> partie, Chapitre 7:* Questions économiques (SS21-1/8-2-7F, \$1.00)
- Étude n° 9,* **La chimie et le génie chimique au Canada: Étude sur la recherche et le développement technique,** par un groupe d'étude de l'Institut de Chimie du Canada, 1969 (SS21-1/9F, \$2.50)
- Étude n° 10,* **Les sciences agricoles au Canada,** par B.N. Smallman, D.A. Chant, D.M. Connor, J.C. Gilson, A.E. Hannah, D.N. Huntley, E. Mercier, M. Shaw, 1970 (SS21-1/10F, \$2.00)
- Étude n° 11,* **L'invention dans le contexte actuel,** par Andrew H. Wilson, 1970 (SS21-1/11F, \$1.50)
- Étude n° 12,* **L'aéronautique débouche sur l'avenir,** par J.J. Green 1970 (SS21-1/12F, \$2.50)
- Étude n° 13,* **Les sciences de la Terre au service du pays,** par Roger A. Blais, Charles H. Smith, J.E. Blanchard, J.T. Cawley, D.R. Derry, Y.O. Fortier, G.G.L. Henderson, J.R. Mackay, J.S. Scott, H.O. Seigel, R.B. Toombs, H.D.B. Wilson, 1971 (SS21-1/13F, \$4.50)
- Étude n° 14,* **La recherche forestière au Canada,** par J. Harry G. Smith et Gilles Lessard, mai 1971 (SS21-1/14F, \$3.50)

- Étude n° 15,* **La recherche piscicole et faunique**, par D.H. Pimlott C.J. Kerswill et J.R. Biden, juin 1971 (SS21-1/15F, \$3.50)
- Étude n° 16,* **Le Canada se tourne vers l'océan — Étude sur les sciences et la technologie de la mer**, par R.W. Stewart et L.M. Dickie, septembre 1971 (SS21-1/16F, \$2.50)
- Étude n° 17,* **Étude sur les travaux canadiens de R & D en matière de transports**, par C.B. Lewis, mai 1971 (SS21-1/17F, \$0.75)
- Étude n° 18,* **Du formol au Fortran — La biologie au Canada**, par P.A. Larkin et W.J.D. Stephen, août 1971 (SS21-1/18F, \$2.50)
- Étude n° 19,* **Les conseils de recherches dans les provinces, au service du Canada**, par Andrew H. Wilson, juin 1971 (SS21-1/19F, \$1.50)
- Étude n° 20,* **Perspective d'emploi pour les scientifiques et les ingénieurs au Canada**, par Frank Kelly, mars 1971 (SS21-1/20F, \$1.00)
- Étude n° 21,* **La recherche fondamentale**, par P. Kruus, décembre 1971 (SS21-1/21F, \$1.50)
- Étude n° 22,* **Sociétés multinationales, investissement direct de l'étranger et politique des sciences du Canada**, Arthur J. Cordell, décembre 1971 (SS21-1/22F, \$1.50)
- Étude n° 23,* **L'innovation et la structure de l'industrie canadienne**, par Pierre L. Bourgault, mai 1973 (SS21-1/23F, \$2.50)
- Étude n° 24,* **Aspects locaux, régionaux et mondiaux des problèmes de qualité de l'air**, par R.E. Munn, janvier 1973 (SS21-1/24F, \$0.75)
- Étude n° 25,* **Les associations nationales d'ingénieurs, de scientifiques et de technologues du Canada**, par le Comité de direction de SCITEC et le Professeur Allen S. West, juin 1973 (SS21-1/25F, \$2.50)
- Étude n° 26,* **Les pouvoirs publics et l'innovation industrielle**, par Andrew H. Wilson, décembre 1973 (SS21-1/26F, \$3.75)
- Étude n° 27,* **Études sur certains aspects de la politique des richesses naturelles**, par W.D. Bennett, A.D. Chambers, A.R. Thompson, H.R. Eddy et A.J. Cordell, septembre 1973 (SS21-1/27F, \$2.50)
- Étude n° 28,* **Formation et emploi des scientifiques — Caractéristiques des carrières de certains diplômés canadiens et étrangers**, par A.D. Boyd et A.C. Gross, février 1974 (SS21-1/28F, \$2.25)

- Étude n° 29,*            **Considérations sur les soins de santé au Canada,**  
par H. Rocke Robertson, décembre 1973 (SS21-1/29F, \$2.75)
- Étude n° 30,*            **Un mécanisme de prospective technologique —**  
**Le cas de la recherche du pétrole sous-marin sur**  
**le littoral atlantique,** par M. Gibbons et R. Voyer,  
mars 1974 (SS21-1/30F, \$2.00)
- Étude n° 31,*            **Savoir, pouvoir et politique générale,** par Peter  
Aucoin et Richard French, novembre 1974 (SS21-1/31F, \$2.00)
- Étude n° 32,*            **La diffusion des nouvelles techniques dans le**  
**secteur de la construction,** par A.D. Boyd et  
A.H. Wilson, janvier 1975 (SS21-1/32F, \$3.50)

Aspects de la politique scientifique du Canada

**Aspects 1,** septembre 1974 (SS21-2/1F, \$1.00)

Publication hors-série

**Manifeste national des écoles de foresterie des**  
**universités canadiennes,** octobre 1973

Conseil des sciences du Canada