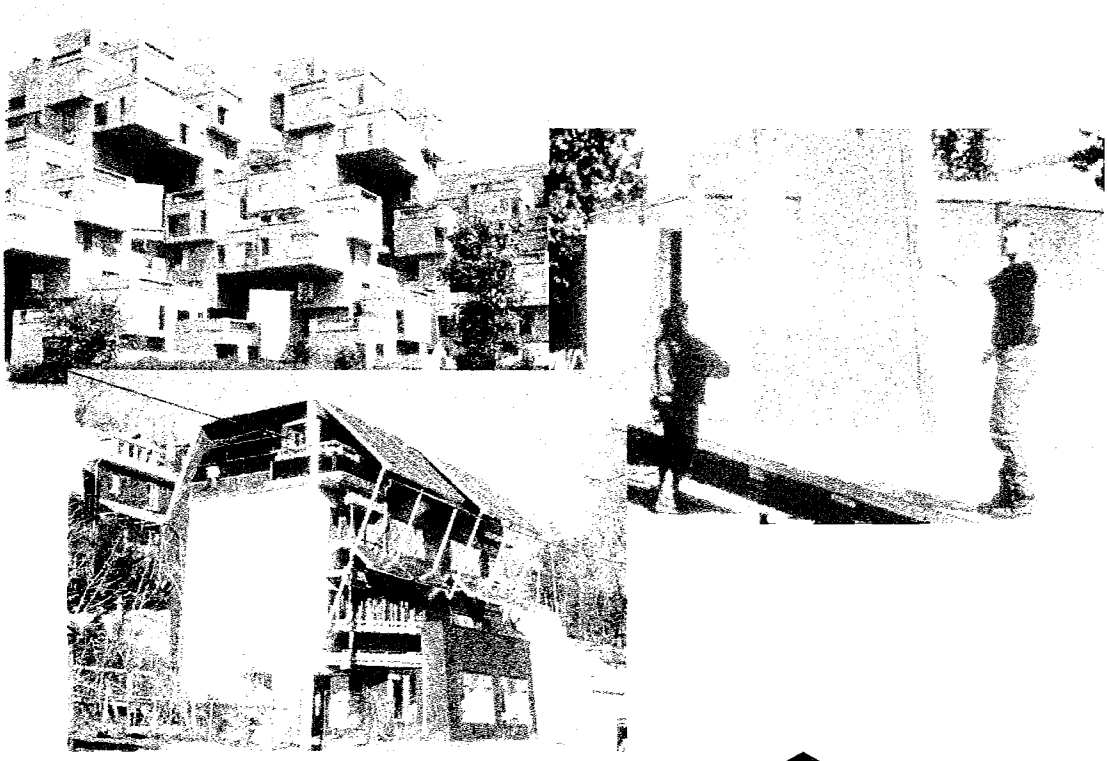
TROIS DÉCENNIES D'INNOVATION

En technologie du bâtiment résidentiel
1966 - 1996



SCHL CMHC

AU COEUR DE L'HABITATION
Canada

SCHL—AU CŒUR DE L'HABITATION

La Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL) est l'organisme fédéral responsable de l'habitation. Elle aide les Canadiens à avoir accès à un vaste choix de logements de qualité, à prix abordable.

Le Programme d'assurance prêt hypothécaire de la SCHL a aidé de nombreux Canadiens à réaliser leur rêve de posséder une maison. La SCHL offre une aide financière pour que les Canadiens les plus démunis puissent se procurer un logement convenable, à prix abordable. Par l'entremise de ses activités de recherche, la SCHL stimule l'innovation dans les domaines suivants : conception des habitations, technologie du bâtiment, urbanisme, options de logement et financement. La SCHL s'associe également avec le secteur de l'habitation et les autres membres d'Équipe Canada afin de vendre les produits et le savoir-faire canadiens sur les marchés étrangers et, ainsi, de créer des emplois ici-même, au pays.

La SCHL offre aux consommateurs et aux membres du secteur de l'habitation une vaste gamme de produits d'information susceptibles de les aider à prendre des décisions éclairées concernant leurs achats ou leurs affaires. Avec la plus vaste gamme d'information sur l'habitation et les logements au Canada, la SCHL est le plus important diffuseur d'information sur l'habitation au pays.

Par ses activités, la SCHL contribue à l'amélioration de la qualité de vie des Canadiens, dans toutes les collectivités du pays. Elle les aide à vivre dans des maisons sûres à tout point de vue. Elle est vraiment « au cœur de l'habitation ».

Les Canadiens peuvent se procurer l'information diffusée par la SCHL dans différents points de vente et dans ses bureaux régionaux.

Vous pouvez aussi communiquer avec nous par téléphone : 1 800 668-2642
(à l'extérieur du Canada : (613) 748-2003)
ou par télécopieur : 1 800 245-9274
(à l'extérieur du Canada : (613) 748-2016)

Pour nous joindre en direct, visitez notre page d'accueil à l'adresse suivante : www.cmhc-schl.gc.ca

La Société canadienne d'hypothèques et de logement souscrit à la politique du gouvernement fédéral sur l'accès des personnes handicapées à l'information. Si vous désirez obtenir la présente publication sur des supports de substitution, composez le 1 800 668-2642.

Trois décennies d'innovation en technologie du bâtiment résidentiel : de 1966 à 1996

Rédigé par
Scanada Consultants Limited
avec la collaboration de
Clayton Research Associates Ltd.
et
Marc Denhez

pour la
Société canadienne d'hypothèques et de logement

La SCHL offre de nombreux renseignements relatifs à l'habitation. Pour plus d'information, veuillez composer le 1 800 668-2642 ou visitez notre site Web : www.cmhc-schl.gc.ca

This publication is also available in English under title: *Three Decades of Innovation in Housing Technology: 1966-1996*, PE0367.

Cette recherche a été financée par la Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL).
La qualité rédactionnelle de ce rapport, son contenu et les opinions qui y sont émises sont de l'auteur (des auteurs). La SCHL ne saurait en assumer la responsabilité et se dégage de toute obligation relativement aux conséquences résultant de l'utilisation que le lecteur pourrait faire des renseignements, des matériaux ou des techniques qui y sont décrits.

Donnés de catalogage avant publication (Canada)

Vedette principale au titre :

Trois décennies d'innovation en technologie du bâtiment résidentiel, de 1966 à 1996

Publ. aussi en anglais sous le titre : Three decades of innovation in housing technology, 1966-1996.

Comprend des références bibliographiques

ISBN 0-66096261-6
No de cat. NH15-340/199F

1. Logement – Innovations – Canada
2. Habitations – Innovations – Canada
3. Habitations – Construction – Innovations – Canada
I. Scanada Consultants Limited
II. Clayton Research Associates Ltd.
III. Denhez, Marc, 1949-

HD7305.A3C32 1999 363.5'0971 C99-980451-0

© 2000, Société canadienne d'hypothèques et de logement.
Tous droits réservés. La reproduction, le stockage dans un système de recherche documentaire ou la transmission d'un extrait quelconque de cet ouvrage, par quelque procédé que ce soit, tant électronique que mécanique, par photocopie enregistrement ou autre moyen sont interdits sans l'autorisation préalable écrite de la Société canadienne d'hypothèques et de logement. Sans que ne soit limitée la généralité de ce qui précède, il est de plus interdit de traduire un extrait de cet ouvrage dans toute autre langue sans l'autorisation préalable écrite de la Société canadienne d'hypothèques et de logement.

Imprimé au Canada
Réalisation : SCHL

SOMMAIRE

Les 50 années qui ont suivi la Seconde Guerre mondiale ont été une période de croissance et de changements inégalés pour le secteur canadien de l'habitation. Les trois quarts du parc immobilier ont été construits durant cette période. L'innovation — dans les domaines de la technologie, de la conception et de la planification aussi bien que dans ceux des politiques et du financement — a constitué le facteur primordial qui a permis aux logements canadiens de satisfaire à une demande accrue sur le plan du rendement et de la production.

Le document *Deux décennies d'innovation en technologie du bâtiment résidentiel de 1946 à 1965*, publié en 1994, relate en détail les types d'innovations qui ont découlé du boum dans le logement après la guerre. Le présent document, *Trois décennies d'innovation en technologie du bâtiment résidentiel de 1966 à 1996*, reprend le même thème, en soulignant les nombreux progrès attribuables à la recherche de solutions aux coûts de plus en plus élevés, aux incidences énergétiques et environnementales, à la santé et à la sécurité des occupants, ainsi qu'à la durabilité et aux marchés visant de nouveaux créneaux.

Le contexte

La période de 1966 à 1996 a été marquée par une croissance continue et souvent fulgurante des villes canadiennes, par l'incidence de la génération du baby-boom sur les marchés du logement et des cycles économiques fluctuants. La préférence des consommateurs pour la propriété et les maisons individuelles est restée très forte, même si le nombre croissant de Canadiens vieillissants et de ménages plus petits a créé de nouveaux marchés spécialisés. L'intérêt accordé à la restauration du parc existant a entraîné une activité de rénovation qui a dépassé l'activité de nouvelles constructions sur le plan du volume de dépenses. Les codes du bâtiment et le processus d'approbation des aménagements sont devenus de plus en plus exigeants. Les politiques fédérales et provinciales en matière d'habitation, à l'origine beaucoup plus interventionnistes, sont dorénavant mieux ciblées et axées sur le marché.

Innovations dans les domaines de la planification et de la conception

La planification a tout d'abord touché surtout les logements des banlieues à faible densité et des zones à densité élevée, en pleine expansion. La hausse des coûts des terrains a entraîné des innovations en matière d'utilisation des lots et de nombreuses expériences liées aux logements de densité moyenne. La rénovation urbaine a été supplantée par l'amélioration des quartiers et les constructions sur des terrains

intercalaires. Le concept du développement durable a commencé à influer sur les principes de la planification.

En général, les logements étaient caractérisés par l'augmentation de la taille et des équipements, des façades moins imposantes et une apparence plus traditionnelle. Les changements de modes de vie ont influencé l'utilisation de l'espace. Le concept de l'accessibilité sans barrière a vu le jour. Le boum dans la rénovation a mené à la transformation et à l'agrandissement de nombreux logements plus anciens.

Innovations sur le plan de la productivité

Après des réductions sensibles du travail sur place durant les deux décennies qui ont suivi la Seconde Guerre mondiale, on a constaté moins de changements au chapitre de la production de bâtiments de faible hauteur au cours des 30 années qui ont suivi. Les constructeurs de grande envergure ont mis sur pied leurs propres usines de préfabrication. Ces dernières ont cependant disparu dans les années 80, en raison de nombreux facteurs, notamment la demande fluctuante et des obstacles d'ordre réglementaire. Des facteurs similaires ont empêché le secteur des maisons usinées de maintenir la part de marché de plus en plus importante qu'il s'était ménagée au début des années 70. La construction sur place a continué de dominer le marché, de plus en plus simplifiée par le nombre croissant de composants assemblés en usine et par le recours à des outils et à du matériel électrique de plus en plus perfectionnés.

La construction d'immeubles d'appartements a connu une petite révolution au cours des années 60. L'arrivée de nouveaux modèles de grues, notamment les grues sapines (à tour), des tables de coffrage, des méthodes de construction sur plancher plan et des plates-formes hissables pour travailleurs ont permis de baisser les coûts des constructions en hauteur.

Innovations au chapitre de la performance

En grande partie, la recherche d'appui et d'innovations était axée sur l'amélioration de la performance des logements canadiens.

L'influence la plus notoire fut sans contredit la crise énergétique du milieu des années 70, qui a provoqué la mise au point de systèmes de contrôle des fuites d'air, d'ossatures murales perfectionnées permettant l'augmentation des niveaux d'isolation, de ventilateurs-récupérateurs thermiques, de fenêtres, de systèmes de chauffage et d'éclairage haute efficacité. La recherche de sources d'énergie de remplacement a permis la découverte de systèmes solaires passifs et de pompes à chaleur sol-eau, de même que de certaines applications pour les marchés de créneaux des systèmes de chauffage à eau chaude solaires et photovoltaïques. Le programme R-2000, lancé en 1982, a été le

catalyseur de nombreuses démonstrations, de recherches et de formations sur l'efficacité énergétique.

La dernière percée dans le domaine du logement durable a dépassé le domaine de l'énergie pour se pencher sur les effets environnementaux, ce qui a conduit à des innovations telles que des appareils de conservation de l'eau, des appareils n'utilisant pas les chlorofluorocarbures, la gestion des déchets de construction et des matériaux contenant un fort pourcentage de matières recyclées. Parmi les plus importants programmes de démonstration, notons les programmes Maisons saines et Maisons perfectionnées dans le secteur des bâtiments de faible hauteur, et le programme Défi IDÉES dans le secteur des bâtiments de grande hauteur.

Les efforts d'innovation durant la crise de l'énergie ont soulevé deux autres points d'inquiétude — la qualité de l'air intérieur et la détérioration liée à l'humidité qui ont été à la source de nombreuses recherches dans le domaine de la science du bâtiment et du transfert des connaissances à l'industrie. Les deux conclusions les plus importantes ont été qu'il était nécessaire de contrôler les émissions, tant des polluants intérieurs que de l'humidité, et d'adopter une vision systémique qui tient compte des interactions de tous les composants d'une maison.

Parmi les innovations qui ont permis d'améliorer la qualité de l'environnement intérieur, citons les matériaux de construction à faible émission, les appareils de combustion à faible émanation, des systèmes de ventilation et de filtration mécaniques plus efficaces, ainsi que des techniques limitant les émanations de radon et de plomb. Les démonstrations dans le domaine des logements adaptés aux personnes hypersensibles aux polluants ont permis de constater qu'il était possible d'éliminer la plupart des polluants dans l'air intérieur.

Les recherches sur les problèmes d'humidité dans les bâtiments de faible hauteur ont conduit à la mise au point de méthodes de construction qui minimisent l'exfiltration de l'humidité dans l'enveloppe des bâtiments, pour endiguer les écoulements d'eau dans les sous-sols et optimiser le potentiel desséchant des murs. Des recherches sur la durabilité ont aussi porté sur les ruptures des parements des immeubles en hauteur, associés notamment aux parements de brique sur charpente d'acier, de même que sur des méthodes efficientes pour empêcher la détérioration du béton et la restauration du béton endommagé dans les stationnements.

Après de nombreuses expériences, les sociétés d'habitation et les constructeurs ont adopté des méthodes éprouvées de construction dans les régions nordiques et isolées, en mettant l'accent sur des fondations stables et des enveloppes durables. Les nouvelles techniques ont permis aux personnes âgées ainsi qu'aux personnes handicapées de continuer à vivre de façon autonome. D'autres domaines d'innovation comprennent la prévention des incendies, le contrôle du bruit et la rénovation des infrastructures.

La mise à niveau du parc immobilier existant a fait progresser les recherches sur l'amélioration de l'efficacité énergétique ainsi que sur le remplacement des composants principaux tels que les fenêtres, les parements extérieurs et les systèmes de chauffage.

Grâce à ces nombreuses innovations, les logements canadiens sont devenus beaucoup plus efficients sur le plan thermique, beaucoup plus respectueux de l'environnement, plus sains pour leurs occupants et plus durables, tout en demeurant accessibles à la plupart des Canadiens. Ces réalisations ont ouvert à de nombreux modèles de construction canadiens — tant pour les logements bas que pour les immeubles en hauteur — des marchés d'exportation.

Les principaux acteurs

Les principaux organismes à l'œuvre durant cette période ont entrepris des recherches et ont encouragé l'innovation. L'organisme parrainé par le gouvernement fédéral, la Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL, anciennement la Société centrale d'hypothèques et de logement) a mis en œuvre nombre d'activités dans les domaines de la recherche technique et du transfert de connaissances, en plus d'être à la source d'une vaste gamme d'innovations sur les plans de la conception et de la planification, et de démonstrations extrêmement audacieuses. L'Association canadienne des constructeurs d'habitations (ACCH, anciennement l'Association canadienne de l'habitation et du développement urbain, qui elle-même était issue de l'Association nationale des constructeurs de maison) a parrainé des projets d'innovation en collaboration avec l'industrie et le gouvernement. L'Institut de recherche en construction (IRC, anciennement la Division de recherches en bâtiment) du Conseil national de recherches du Canada (CNRC), a poursuivi ses recherches de soutien, et Ressources naturelles Canada (anciennement Énergie, Mines et Ressources Canada) a favorisé les découvertes sur le plan de l'efficacité énergétique des maisons. Le Comité national de recherche sur le logement, sous la coupe de la SCHL, de même que le Comité de recherche technique de l'ACCH ont encouragé les discussions sur la collaboration et les activités interorganismes.

TABLE DES MATIÈRES

1. INTRODUCTION **1**

« Le Canada est l'un des pays où les gens sont les mieux logés au monde » 1

Les deux premières décennies 1

L'histoire dévoilée 3

Références et méthodologie 3

PARTIE I REGARD SUR LA SITUATION DU LOGEMENT AU CANADA **5**

2. LES PRINCIPAUX FACTEURS QUI ONT INFLUÉ SUR LE LOGEMENT AU CANADA **7**

Les mouvements de population et les tendances démographiques 7

L'économie 7

Le contexte sociopolitique 10

Le contexte réglementaire 12

L'évolution de l'industrie canadienne du logement 15

Les politiques et les programmes du gouvernement fédéral 17

PARTIE II INNOVATION EN MATIÈRE DE PLANIFICATION ET DE CONCEPTION **21**

3. DONNER FORME AU PAYSAGE RÉSIDENTIEL **23**

Des réponses innovatrices à l'augmentation des coûts des terrains et des coûts sociaux . . . 23

Les nouvelles approches de la rénovation urbaine 27

Les influences internationale et environnementale sur la planification au Canada 30

4. LE LOGEMENT EN ÉVOLUTION **31**

La taille et la forme des maisons, et les équipements installés 31

La conception adaptée aux styles de vie en évolution 33

Les tendances dans la conception et les traditions 35

La transformation des vieilles maisons 37

PARTIE III INNOVATION EN MATIÈRE DE PRODUCTION **39**

5. L'ÉPOQUE DES GRANDS CONSTRUCTEURS **41**

Les grands constructeurs adoptent le concept de fabrication en usine 43

Des préfabricateurs audacieux font face à une chaude lutte 44

La maison usinée survit mais ne se développe pas 47

6. LES CONSTRUCTEURS VISENT LA PRODUCTION ET LA PRODUCTIVITÉ 49

Les initiateurs du changement technologique 51

L'accroissement de la productivité 52

Les maisons Mark, une illustration de l'évolution des objectifs en matière d'innovation 53

7. UNE RÉVOLUTION DANS LA CONSTRUCTION DES IMMEUBLES D'HABITATION 55

La technologie répond à la demande de constructions en hauteur 55

De nouveaux outils permettent de créer un système unique au monde 57

Les développements continus et les innovations 59

8. CIBLER DES CRÉNEAUX PRÉCIS 62

Les habitations du Grand Nord : les maisons du bout du monde 62

Les marchés d'exportation : les innovations font le tour du monde 63

9. L'ÉMERGENCE DE L'INDUSTRIE DE LA RÉNOVATION 65

Les améliorations systématiques 65

PARTIE IV INNOVATION EN MATIÈRE DE PERFORMANCE 69

10. RÉDUIRE LES INCIDENCES SUR LES RÉSERVES ÉNERGÉTIQUES ET L'ENVIRONNEMENT 73

La crise de l'énergie et la recherche de sources de rechange 74

Les premières démonstrations d'efficacité énergétique 75

Le Programme R-2000 77

Une mine de techniques à haut rendement énergétique 79

Les démonstrations de maisons durables 86

Les technologies durables en émergence 90

11. DES SOLUTIONS AUX PROBLÈMES D'HUMIDITÉ ET DE DURABILITÉ 92

La condensation dans les murs et dans les greniers 92

L'assèchement des sous-sols 96

Les technologies visant l'amélioration des taux d'humidité dans les maisons de faible hauteur 96

La construction de murs plus durables pour les tours d'habitation 98

La restauration des failles dans le béton 99

12. ASSAINIR L'ENVIRONNEMENT INTÉRIEUR 101

Les inquiétudes de la population envers les polluants intérieurs 101

La solution : contrôler les sources d'émission et la ventilation 102

Les techniques favorisant la pureté de l'air 105

13. RELEVER LES NOUVEAUX DÉFIS ET OPTIMISER LES POSSIBILITÉS 108

L'autonomie 108

L'amélioration de la sécurité des maisons 109

La conception d'environnements plus silencieux 111

Relever les défis environnementaux : les maisons des régions nordiques et isolées 112

Éviter la crise des infrastructures 115

Des solutions adaptées aux difficultés régionales 117

14. RENDRE LES ANCIENNES STRUCTURES AUSSI PERFORMANTES QUE LES NOUVELLES 119

Améliorer le rendement énergétique du parc immobilier existant 120

Réduire l'entretien et améliorer l'esthétique 122

RÉFÉRENCES 123

LISTE DES ABRÉVIATIONS 131

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 Résumé des changements qui ont dominé la production de logements 41

Tableau 2 Origines et causes apparentes des changements technologiques survenus dans les grands courants de la construction résidentielle 49

Tableau 3 L'évolution des méthodes de production réduit la main-d'œuvre sur le chantier 52

LISTE DES FIGURES

Figure 1 Mises en chantier annuelles : 1966 à 1995. 9

Figure 2 Dépenses annuelles dans le secteur de l'habitation : nouvelles constructions par rapport aux rénovations 9

LISTE DES PHOTOGRAPHIES

Photo 1 Tant en ce qui a trait aux maisons qu'aux tours d'habitation, les Canadiens comptent parmi les populations les mieux logées au monde 2

Photo 2 Les Canadiens demeurent très attachés au « rêve de la banlieue » qu'évoque la maison individuelle construite sur un grand terrain tranquille où les arbres abondent (photo de **Oliver Drerup**) 11

Photo 3 Les ensembles de logement social attrayants de densité moyenne des années 70 remplacent les grands ensembles de logements publics austères qui dominaient le paysage des années 50 et 60 11

Photo 4 Cette initiative du programme Abordabilité et choix toujours (ACT) réalisée à Montréal, au Québec, montre que des modifications apportées aux règlements municipaux peuvent se traduire par de meilleures maisons de chambre 14

Photo 5 Le lancement du Programme de logement pour les ruraux et les Autochtones (LRA) dans les années 70 fournit de l'aide au logement aux résidents des régions éloignées comme ceux de Long Body Creek au Manitoba 17

Photo 6 Le Programme d'aide pour l'accession à la propriété (PAAP) procure des prêts et des subventions visant des maisons de prix moyen comme celles de ce quartier de Windsor, en Ontario 18

Photo 7 Dans les années 80, la SCHL met l'accent sur la réhabilitation des logements publics et sociaux existants comme ceux d'Uniacke Square, à Halifax, en Nouvelle-Écosse 19

Photo 8 Bien des exigences du *Code national du bâtiment du Canada* sont modifiées par suite des recherches menées par le CNRC au moyen d'installations d'essai spécialisées comme ce four pour poteaux 20

Photo 9 Les « maisons reliées » sont des logements jumelés ou en rangée reliées uniquement par un garage ou un abri d'auto comme cet exemple photographié à Pointe-Gatineau, au Québec 24

Photo 10 Le quartier Mill Woods d'Edmonton, en Alberta, sert de banc d'essai à une utilisation novatrice de terrains comprenant un aménagement « à marge latérale zéro » au sein duquel on élimine la marge de recul sur une ou plusieurs faces des bâtiments 24

Photo 11 L'aménagement des Plaines Lebreton, à Ottawa (Ontario), constitue un des importants projets de démonstration de quartier à densité moyenne des années 70 qui a mis à l'essai des innovations techniques comme les chauffe-eau solaires, les pare-sons et le chauffage urbain 25

Photo 12 Le Strathcona Rehabilitation Project, à Vancouver, en Colombie-Britannique, s'avère un point tournant en matière de politique de rénovation urbaine puisque les citoyens sont invités à participer au processus de planification 27

Photo 13 L'aménagement False Creek de Vancouver transforme, dans les années 70, un emplacement industriel abandonné près du centre-ville en milieu très convoité pour la vie urbaine. On y intègre 1 800 logements sous diverses formes d'habitation et d'occupation 29

Photo 14 L'ensemble St. Lawrence, au centre-ville de Toronto (Ontario), est constitué de logements sociaux et du marché ainsi que d'espaces commerciaux situés dans des bâtiments de huit étages et moins 29

Photo 15 La prospérité des années 80 entraîne une augmentation de la taille moyenne des maisons et la construction de ce que l'on appellera des « maisons monstres » . . .31

Photo 16 La réduction en largeur des terrains, destinée à contrer l'escalade des prix en milieu urbain,transforme le paysage de rue de certains lotissements, car les garages sont placés à l'avant 32

Photo 17 La « Maison évolutive » de l'université McGill répond à la demande de maisons pour accédants à la propriété construites sur des terrains étroits. Elles peuvent prendre la forme de maisons en rangée ou de maisons individuelles 33

Photo 18 Les maisons avec entrée à mi-étage permettent d'aménager de plus grandes fenêtres au sous-sol et offrent plus de possibilités sur le plan des espaces habitables 33

Photo 19 Des démonstrations de pavillons-jardins, comme cette initiative issue du programme ACT à Fredericton, au Nouveau-Brunswick, favorisent l'acceptation plus large de cette forme de logement pour les personnes âgées 34

Photo 20 Cet immeuble situé à Vancouver, en Colombie-Britannique, représente bien l'abandon des configurations de plancher rectangulaires pour la construction d'immeubles de logements en copropriété afin de maximiser l'exposition des façades 36

Photo 21 L'expérience de Moshe Safdie dans le domaine des maisons modulaires, appelée Habitat, est en vedette à l'Expo 67 de Montréal, au Québec 36

Photo 22 Les solariums sont fréquemment ajoutés aux maisons anciennes 37

Photo 23 Rothwell-Perrin, un chef de file innovateur dans la fabrication de maisons en panneaux fermés établit son usine à Portland, en Ontario, et l'exploitera dès les années 60 et jusqu'à la fin des années 70 (photo de **R.E. Platts**) 44

Photo 24 Les grandes industries tentent leur chance dans la production d'habitations, lesquelles prennent généralement la forme de maisons modulaires. L'usine d'Alcan construite au milieu des années 60 fournit des logements au sud de l'Ontario (photo de **Scanada Consultants**) 45

Photo 25 Aménager des endroits isolés : dans les années 80 en particulier, les maisons modulaires servent à ériger des villages miniers comme celui-ci, au Nouveau-Brunswick (photo de **Scanada Consultants**) 46

Photo 26 Les constructeurs d'habitations usinées diversifient leurs opérations pour réaliser des maisons modulaires et des maisons en panneaux 47

Photo 27 De petits entrepreneurs se lancent aussi dans la construction de maisons modulaires. Cet ensemble de logement social de Kingston, en Ontario, probablement le premier du genre, est réalisé en 1972 par la société North American Modular (photo de **Scanada Consultants**) 48

Photo 28 Un exemple de bâtiment de moyenne hauteur des années 80 érigé à partirde modules empilables (photo de **l'Association canadienne de l'habitation usinée**) 48

Photo 29 Outre les détails visant à accroître l'économie d'énergie, la souplesse et l'efficacité des murs mis en place par relèvement ainsi que les toitures à fermes montrent que les constructions à ossature de bois n'ont que peu changé entre les années 60 et 90 53

Photo 30 Les Lincoln Towers de Waterloo, en Ontario, sont un bon exemple d'immeubles d'appartements de moyenne hauteur à dalle de béton comme on en trouve un peu partout au pays 55

Photo 31 Les nouvelles méthodes de production et les nouveaux équipements permettent aux tours d'habitation de s'élever toujours plus haut 56

Photo 32 Les grues à tour et les tours de levage ont une énorme incidence sur la hauteur des bâtiments commerciaux et résidentiels 57

Photo 33 Un accroissement de la production s'avère possible grâce à l'emploi de « coffrages grimpants » grâce auxquels une grue à tour peut déplacer des sections entières de coffrages et d'étais d'un seul bloc (photo du **Conseil national de recherches du Canada**) 58

Photo 34 Des économies de matériaux et de main-d'œuvre sont réalisées grâce à des assemblages composites comme celui mis au point au Canada par la société Hambro, dont les coffrages font partie intégrante de la structure (photo de **Canam Hambro**) 60

Photo 35 Les techniques d'isolation et de finition extérieures viennent concurrencer la brique comme matériau de revêtement (photo de **Gemite Products**) 61

Photo 36 En Arctique, des maisons modulaires livrées par bateau contribuent à créer ce village minier, Nansivik, dans les années 80 (photo de **Scanada Consultants**) . . 62

Photo 37 Les ossatures en acier léger s'avèrent une solution de rechange au bois pour la construction d'habitations (photo de **l'Institut canadien de la tôle d'acier pour le bâtiment**) 63

Photo 38 Les coffrages isolés de façon permanente allient des panneaux internes et externes de polystyrène à une âme en béton coulé sur place (photo de **AAB Building Systems** et de **Polycrete Industries**) 64

Photo 39 Le remplacement des fenêtres devient populaire auprès des consommateurs et se révèle profitable pour les petites entreprises de vitrage 66

Photo 40 L'installation d'essai de murs dynamiques du CNRC permet l'analyse de spécimens en vraie grandeur pour en déterminer l'infiltration d'eau dans des conditions simulées de vent et de pluie (photo du **Conseil national de recherches du Canada**) 73

Photo 41 Les premières expériences menées sur des systèmes d'énergie solaire actifs portent sur ces installations à North Saanich, en C.-B., et à Charlottetown, à l'Î.-P.-É 74

Photo 42 En 1977, la Conservation House Saskatchewan située à Regina, comporte presque tous les concepts utilisés plus tard par le Programme R-2000 76

Photo 43 Les quatre maisons Mark XI servent à effectuer des études exhaustives sur l'économie d'énergie (photo du **Conseil national de recherches du Canada**) . . .76

Photo 44 L'Arche, à l'Île-du-Prince-Édouard, va au-delà d'une simple utilisation de techniques solaires actives et passives puisqu'elle fournit également une source de nourriture au moyen de serres et de piscicultures 77

Photo 45 Bon nombre de maisons R-2000 sont indiscernables de leurs voisines moins éconergétiques (photo de **l'Association canadienne des constructeurs d'habitations**) 78

Photo 46 La conception de certaines maisons R-2000 leur permet de réaliser des gains solaires passifs grâce à leurs fenêtres orientées vers le sud (photo de **l'Association canadienne des constructeurs d'habitations**) 78

Photo 47 On prépare un lanterneau dans un caisson pour grande fenêtre du CNRC qui peut tester la condensation et la résistance thermique à une température aussi basse que -40 °C (photo du **Conseil national de recherches du Canada**) 79

Photo 48 Les fermes à chevrons relevés permettent d'augmenter l'isolation et la mise en place de déflecteurs de ventilation dans le vide sous toit à la jonction du plafond et du mur (photo de **l'Association canadienne des constructeurs d'habitations**) 80

Photo 49 Les charpenteries de toit de haute technologie, comme cet assemblage bois-acier, accroissent la quantité d'isolant de façon économique dans les plafonds cathédrales (photo de **MacMillan Bloedel Building Products**) 80

Photo 50 L'isolant humide et taché de moisissure, comme dans ce mur d'une tour d'habitation à ossature d'acier, fait ressortir la nécessité de maîtriser les fuites d'air au moyen d'un pare-air continu 81

Photo 51 La mise au point des ventilateurs-récupérateurs de chaleur est l'un des grands succès de l'histoire des technologies canadiennes. Ils se répandent dans les constructions neuves au cours des années 90 (photo de **Terry Robinson**) 82

Photo 52 Les « super fenêtres » font appel à différents moyens pour améliorer la performance énergétique. Cette fenêtre comporte un film de polyester entre les deux vitrages afin de créer un assemblage dit à « triple vitrage » 82

Photo 53 L'efficacité des foyers à feu ouvert traditionnels est améliorée grâce à la mise au point de foyers encastrables dotés de portes en verre étanches à l'air 84

Photo 54 À l'isolant traditionnel en fibre de verre s'ajoutent de nouveaux produits comme les mousses d'isocyanurate (photo de **Icynene Inc.**) 84

Photo 55 La maison saine de Vancouver consomme seulement le quart de l'énergie utilisée par une maison ordinaire 87

Photo 56 La maison saine de Toronto recueille et traite elle-même l'eau dont les occupants ont besoin et fait usage des techniques solaires actives et passives 88

Photo 57 La maison performante de Winnipeg, au Manitoba, fait partie d'une série de maisons construites par Ressources naturelles Canada afin de faire la démonstration de techniques éconergétiques et responsables en matière d'environnement 88

Photo 58 Le Clos St-André, un immeuble en copropriété de huit étages construit à Montréal, au Québec, est l'un des cinq concepts régionaux primés par le Défi IDÉES organisé pour encourager la construction d'immeubles d'appartements très performants (photo de **Sandra Marshall**) 89

Photo 59 Les déchets de construction et leur gestion prennent de l'importance à mesure que les décharges se remplissent 90

Photo 60 La recherche de techniques écologiques renouvelle l'intérêt pour les maisons en ballots de paille caractérisées par une valeur isolante élevée et par l'utilisation d'une ressource renouvelable (photo de **Linda Chapman Architecte**) 91

Photo 61 La détérioration des structures, particulièrement dans les régions côtières humides, se traduit par un intérêt soutenu envers les problèmes de condensation et d'humidité 92

Photo 62 Les bâtiments d'essai de l'Atlantique servent à étudier différents assemblages muraux de même que leurs caractéristiques de séchage afin de réduire au minimum les problèmes reliés à l'humidité 93

Photo 63 L'importance de la continuité des pare-vapeur, surtout autour des baies de fenêtre et des embrasures de porte, est renforcée par des cours et des ateliers de formation destinés aux constructeurs (photo de **Oliver Drerup**) 94

Photo 64 Les images thermographiques, lesquelles indiquent les différences de température, peuvent révéler la présence de fuites d'air et de condensation invisibles à l'œil nu dans les assemblages muraux 95

Photo 65 L'isolation du sous-sol par l'extérieur offre une efficacité énergétique accrue et achemine l'eau vers le drain périmétrique 97

Photo 66 Les membranes à lame d'air et à alvéoles s'avèrent une excellente façon de maintenir les sous-sols au sec (photo de **la société Big 'O'**) 97

Photo 67 Des poteaux corrodés et des briques détachées révèlent des techniques défaillantes pour la construction de tours d'habitation 98

Photo 68 Associée au sel, l'humidité peut entraîner une défaillance généralisée du béton dans les parcs de stationnement 99

Photo 69 La prolifération des moisissures dans ce mur signale des fuites d'air et d'humidité autour de cette prise de courant mal isolée (photo de **l'Association canadienne des constructeurs d'habitations**) 102

Photo 70 Les émanations de gaz de combustion sont notamment causées par un manque d'air comburant, comme le montre le refoulement des gaz de combustion de ce générateur de chaleur (photo de **l'Association canadienne des constructeurs d'habitations**) 103

Photo 71 La maison de démonstration de la SCHL pour personnes hypersensibles aux polluants environnementaux a été construite avec une ossature de bois tandis qu'un bâtiment similaire réalisé à Barrhaven, en Ontario, se caractérise par des planchers en béton et des murs en blocs de béton 104

Photo 72 La qualité de l'air intérieur occupe l'avant-scène des projets de démonstration Rénovation en vedette, comme cet ouvrage réalisé à Red Deer, en Alberta 105

Photo 73 Le CNRC a construit un caisson d'essai en acier inoxydable afin de mesurer les émissions dégagées par les matériaux de construction et les revêtements de finition (photo du **Conseil national de recherches du Canada**) 105

Photo 74 Ce banc d'essai, mis au point par la SCHL, est utilisé pour évaluer le débit, les fuites et la performance thermique des conduits et des cheminées 107

Photo 75 Les fabricants ont répondu aux demandes en matière d'accès sans obstacles en créant de nouveaux produits comme cette plate-forme élévatrice résidentielle pouvant être installée sur un escalier existant 108

Photo 76 Les chercheurs observent une expérience ayant rapport aux incendies dans un grand laboratoire du CNRC situé près d'Almonte, en Ontario, où une tour de 10 étages sert à réaliser des études en vraie grandeur sur le mouvement et la maîtrise de la fumée (photo du **Conseil national de recherches du Canada**) 109

Photo 77 Des fondations tridimensionnelles ont été utilisées avec succès dans le Nord pour faire échec aux écarts d'affaissement sur le pergélisol 112

Photo 78 La « maison monocoque » fait usage de connecteurs métalliques pour assembler les éléments structuraux et former une coquille rigide qui permet de contrer l'affaissement du pergélisol. La maison peut ainsi reposer sur seulement quatre patins d'appui 113

Photo 79 Le programme de démonstration pour les ruraux et les Autochtones vise à trouver des moyens de réduire le coût des logements en régions nordiques grâce à l'autoconstruction et à des techniques plus simples. Cet exemple provient de Davis Inlet, au Labrador 115

Photo 80 Les fondations permanentes en bois gagnent en popularité, surtout là où le béton est difficile à obtenir (photo du **Conseil Canadien du bois**) 117

Photo 81 La remise en état de Regent Court, à Regina (Saskatchewan) montre qu'il est possible de rénover à grande échelle le parc de logements publics 119

Photo 82 Certains travaux de restauration comportent la réalisation de murs à ossature rapportée, mettant à contribution la ferme Larsen que l'on voit ici, qui permet d'accroître la quantité d'isolant (photo de **Oliver Drerup**) 120

Photo 83 Des ventilateurs à débit contrôlé sont mis au point afin de pressuriser ou de dépressuriser des habitations dans le but de tester les fuites d'air et de contribuer à l'analyse thermographique 121

I. INTRODUCTION

« Le Canada est l'un des pays où les gens sont les mieux logés au monde »

Le logement au Canada a connu une évolution inégalée dans la dernière moitié du XXe siècle. Nos logements — si on les compare à ceux de la plupart des autres nations occidentales — sont spacieux, bien équipés, efficaces sur le plan énergétique et adaptés aux modes de vie et aux climats, tout en restant relativement abordables pour la plupart des habitants du pays. De ce fait, le Canada est souvent cité comme étant l'un des pays où les habitants sont les mieux logés au monde.

Quels sont les facteurs de cette réussite canadienne?

L'innovation — dans les technologies du bâtiment résidentiel, la conception et la planification, de même que dans les politiques et les modes de financement — constitue sans doute l'un des principaux facteurs qui a permis aux Canadiens de relever des défis importants associés :

- à la pénurie de logements durant l'après-guerre;
- aux fluctuations des cycles économiques;
- aux changements majeurs sur les plans démographique et social;
- à la hausse des coûts des terrains viabilisés;
- aux pénuries de main-d'œuvre qualifiée;
- aux fluctuations des coûts des matériaux et de la main-d'œuvre;
- aux contraintes énergétiques et environnementales;
- aux rigueurs du climat.

En 1996, la Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL) a fêté son 50e anniversaire, une période intense sur le plan des innovations. Durant cette période remarquable, plus des trois-quarts du parc immobilier canadien actuel ont été construits, le secteur de l'habitation a pris forme et a évolué, les politiques des gouvernements fédéral et provinciaux en matière de logement se sont raffinées et les matériaux de construction, de même que les systèmes et les méthodes, ont connu des transformations radicales.

Si des centaines de rapports ont abordé le thème des solutions à des défis techniques particuliers, très peu ont été écrits sur l'évolution générale des technologies du bâtiment résidentiel au Canada et sur les progrès remarquables dans ce domaine. Or, c'est une histoire qui vaut la peine d'être racontée.

Les deux premières décennies

En 1994, la SCHL a publié le document *Deux décennies d'innovation en technologie du bâtiment résidentiel de 1946 à 1965* [1], qui relate les percées technologiques incroyables qu'ont connues les années de l'après-guerre. La période qui s'étend de 1946 à 1965 a été caractérisée par une croissance rapide de la capacité de production de logements au Canada, qui répondait à la pénurie de logements durant l'après-guerre et à la croissance économique qui a suivi, de même qu'au baby-boom des années 50 et 60.

De nombreuses méthodes de construction nouvelles ont été adoptées, contribuant à abaisser les coûts et la durée moyenne du travail sur place, qui est passée de 2 400 à 950 heures par logement. Les constructions de faible hauteur à ossature de bois, qui auparavant exigeaient un travail intensif sur place, font maintenant appel à une plus grande utilisation de la préfabrication et des matériaux composites. Le contreplaqué a remplacé les parements en planches; les fermes ont remplacé les chevrons dans les toits; le gypse a remplacé le plâtre; le béton coulé a dépassé les fondations de maçonnerie; les composants comme les fenêtres, les armoires et les escaliers ont été de plus en plus fabriqués hors du site. De nouveaux produits — l'aluminium, les bardages en panneaux de fibres durs, les isolants en

mousse de plastique, les panneaux à parois structurales et les coupe-vapeur en polyéthylène — sont offerts sur le marchés. Le confort des occupants a été amélioré au moyen de murs et de plafonds mieux isolés, de fenêtres scellées à double vitrage, de fournaises à air pulsé, de moquettes et de plinthes chauffantes électriques. de même que par des sous-sol plus secs, plus faciles à habiter. Les immeubles de grande hauteur ont vu le jour parce qu'ils offraient une solution économique au logement urbain. La mécanisation, notamment des équipements d'excavation, a aussi contribué à réduire les coûts de main-d'œuvre. La découverte de techniques de construction pour les températures froides a rendu possible la construction de maisons durant toute l'année.

Durant ces deux premières décennies, les organismes de recherche du Canada ont commencé à étudier très sérieusement la science du bâtiment, en mettant l'accent sur les flux d'air, de chaleur et d'humidité. Ces recherches ont conduit à des normes améliorées, ainsi qu'à la découverte de meilleurs matériaux pour les fenêtres, les systèmes de chauffage, l'isolation et le contrôle de l'humidité. De plus, les assises

Photo 1 :
Tant en ce qui a trait aux maisons qu'aux tours d'habitation, les Canadiens comptent parmi les populations les mieux logées au monde

des futurs changements technologiques ont été établies par la recherche et la démonstration de nouvelles technologies telles que les fondations en bois traité, les systèmes d'égout autonomes, les tuyaux de plomberie en plastique et des tests sur les fuites d'air. D'intérêt particulier, les démonstrations des quatre premiers projets Mark, des prototypes de maisons émanant de recherches de la SCHL, de l'Association canadienne des constructeurs d'habitations (ACCH), ainsi que de la Division des recherches en bâtiment (DRB) du Conseil national de recherches du Canada (CNRC), visaient à mettre à l'épreuve des techniques et des matériaux de construction innovateurs et à coûts réduits.

De concert avec les importants changements dans les méthodes de construction traditionnelles, on remarque l'adoption générale de nouvelles formes de planification communautaire et de modèles de maisons. Les banlieues de l'après-guerre s'inspiraient des principes de la « ville-jardin » (né en Angleterre, ce concept a été approfondi par Ebenezer Howard au début du XXe siècle, un penseur qui proposait de remplacer par de petites villes « vertes » les villes industrielles sales et congestionnées ainsi que la campagne dépeuplée en perdition), où les rues étaient curvilignes et la densité de population, faible. Les bungalows de style ranch, à pans ouverts et dotés de façades basses, dominaient; s'y sont ajoutées par la suite les maisons à deux étages et les maisons à demi-niveaux. Les tours d'habitation, de hauteur moyenne au début, ont été élevées. Les règlements de zonage sont devenus monnaie courante et les professions axées sur la planification étaient en expansion.
Le service des plans de la SCHL favorisait les maisons modestes et abordables, particulièrement celles qui avaient un étage et demi, qui ont dominé immédiatement après la Seconde Guerre mondiale. De nouvelles collectivités ont vu le jour dans le nord et à l'extérieur des zones urbaines.

Trois acteurs importants étaient en scène :

- La Société centrale d'hypothèques et de logement, créée en 1946, a joué un rôle de premier plan dans la conception et l'offre

directes des maisons de l'après-guerre, parce qu'elle établissait des normes nationales et qu'elle fournissait un service d'évaluation des matériaux, en plus de parrainer des recherches et des démonstrations.

- La Division de la recherche en bâtiment du Conseil national de recherches, créée en 1947, effectuait des recherches techniques à l'appui de la SCHL, des études sur le *Code national du bâtiment* et de l'industrie.

- L'Association canadienne des constructeurs d'habitations, créée en 1943, représentait l'industrie de la construction et établissait les liens entre les constructeurs privés et les organismes gouvernementaux; au milieu des années 50, elle établissait son Comité de recherche technique.

L'histoire dévoilée

La présente publication est la suite du document *Deux décennies*; elle donne un aperçu des changements survenus dans le domaine de la technologie du bâtiment résidentiel au Canada durant trois décennies (de 1966 à 1996). Durant cette période de 30 ans, on a poussé encore plus loin les découvertes de techniques de construction efficientes; le Canada est devenu un expert mondial dans les domaines de l'efficacité énergétique et des sciences du bâtiment; on a fait des expériences sur des formes de logements plus denses; l'industrie de la rénovation a vu le jour et les nouveaux produits, répondant à des demandes de plus en plus pressantes sur le plan de la performance et de l'environnement, ont connu une croissance explosive. Si les deux premières décennies de l'après-guerre ont été marquées par les innovations sur le plan de la *production* des logements, les trois décennies qui ont suivi ont été plus innovatrices sur le plan de l'amélioration de la *performance* des habitations.

Les parties I et II du présent rapport expliquent le contexte dans lequel s'est inscrite l'évolution technologique entre 1966 et 1996. Plus particulièrement, la partie I décrit les facteurs contextuels qui ont donné forme au secteur canadien de l'habitation, tels que les tendances, les événements mondiaux, les attitudes des consommateurs et les modes de vie, les rôles changeants des gouvernements et l'évolution du secteur de l'habitation. La partie II approfondit cette explication en donnant une vue d'ensemble des principaux changements qu'a connus la planification urbaine, particulièrement évidents dans le domaine de la conception des logements de même que les facteurs sous-jacents qui ont provoqué ces changements.

Les parties III et IV donnent le détail des innovations technologiques importantes durant cette période de 30 ans. La partie III explique les améliorations liées à la productivité qu'a connues le secteur, tant sur les chantiers de construction que dans les usines, pour les constructions de faible et de et en hauteur, de même que dans la rénovation. La partie IV souligne les progrès techniques dans des domaines tels que l'efficacité énergétique, la durabilité et l'environnement intérieur.

Références et méthodologie

La recherche et la rédaction du document *Trois décennies d'innovation en technologie du bâtiment résidentiel de 1996 à 1996* ont été effectuées par Scanada Consultants Ltd., pour le compte de la Division des politiques et de la recherche en matière technique de la SCHL. L'équipe de rédaction était formée de Terry Robinson, Robert Platts, Kevin Lee et Nicola Rutherford, qui ont reçu l'aide de Linden Holmen de Clayton Research Associates Ltd. et de Marc Denhez.

De nombreuses sources d'information ont été exploitées pour la rédaction du rapport, y compris des documents de consultation et des rapports de recherche de la SCHL, des publications de l'ACCH et du CNRC, les procès-verbaux du Comité de recherche technique de l'ACCH, les magazines publiés par les associations des différents métiers et les dossiers de l'équipe.

L'équipe tient à souligner particulièrement l'apport de trois sources :

- La première est le livre de Marc Denhez, publié en 1994 et intitulé *The Canadian Home: From Cave to Electronic Cocoon* [2]. Ce livre présente un compte rendu exhaustif, souvent sur un ton humoristique, des politiques et des attitudes qui ont joué un rôle dans l'évolution du logement au Canada. Le livre de Denhez a été particulièrement utile pour la rédaction des sections sur le contexte du logement canadien, de même que pour les sections sur la conception et la planification.

- La deuxième source importante a été la série de documents de la SCHL, *L'industrie du logement : Perspectives et prospectives*, produite par Clayton Research Associates et Scanada Consultants à la fin des années 80. Le Document de travail n° 2 – *L'évolution de la production de logements entre 1946 et 1986* [3], de même que les entrevues effectuées à cette période, ont constitué une ressource des plus importantes pour la rédaction de la section sur la production de logements.

- La troisième référence — les compendiums de recherche et les bibliographies préparés par le Centre canadien de documentation sur l'habitation (CCDH) — a fourni une liste de vérifications inestimable pour le résumé des nombreux progrès technologiques dans la section sur la performance des logements. Les photos et les diapositives fournies par le Centre ont aussi constitué une source primordiale pour étoffer le texte.

Il nous faut enfin reconnaître la collaboration précieuse de Paula Archer et de Brian Eames, tous les deux membres de la Division de la recherche de la SCHL. La première a servi à l'origine de directrice du projet pour l'aspect textuel, alors que M. Eames a supervisé la section des illustrations et a coordonné la révision finale et la production.

L'élaboration du document *Trois décennies* s'est appuyée sur un nombre beaucoup plus considérable de documents que le document *Deux décennies*, ce qui explique en partie le changement de ton, parce que le texte s'appuie moins sur des entrevues et des anecdotes.

PARTIE I

REGARD SUR LA SITUATION DU LOGEMENT AU CANADA

2. LES PRINCIPAUX FACTEURS QUI ONT INFLUÉ SUR LE LOGEMENT AU CANADA

Depuis le milieu des années 60 jusqu'au milieu des années 90, le Canada a connu des changements importants sur le plan démographique, ainsi que des cycles économiques qui allaient d'expansions en récessions. Les difficultés mondiales, qui touchaient notamment les réserves d'énergie et l'environnement, ont aussi influencé l'habitation au Canada. Cette période en était une d'évolution constante du secteur de l'habitation. Fait des plus importants, ces trois décennies ont été caractérisées par un débat continu sur les politiques en matière d'habitation, par une intervention du fédéral très importante dans les marchés du logement dans les années 70, qui ont abouti éventuellement à une redéfinition des rôles des gouvernements fédéral et provinciaux.

La présente section trace le portrait général des facteurs qui ont influencé l'habitation au Canada entre 1966 et 1996. Elle tente de définir le contexte dans lequel se sont inscrites les innovations technologiques, sans vouloir présenter une analyse détaillée des politiques du logement ou de l'activité de l'industrie durant cette période.

Les mouvements de population et les tendances démographiques

La croissance urbaine

La population canadienne a augmenté de 50 p. 100, passant de 19,5 millions d'habitants en 1965 à près de 30 millions en 1995 [1]. Les zones urbaines ont été les plus touchées. L'exode rural amorcé immédiatement après la guerre s'est poursuivi, en raison surtout de la transformation incessante de l'économie canadienne, qui est passée d'une économie axée sur les ressources à une économie de service et d'information. La croissance urbaine a aussi été alimentée par l'immigration, puisque les nouveaux arrivants cherchaient de l'emploi dans les grandes villes, alors que les immigrants de l'avant-guerre cherchaient des terres agricoles. Cette croissance a provoqué une expansion massive des banlieues canadiennes et le besoin d'élargir l'infrastructure existante.

La démographie en mouvement

La génération du baby-boom au Canada — proportionnellement la plus importante des pays occidentaux — a commencé à investir le marché de l'habitation à la fin des années 60 et dans les années 70. Au début, il s'agissait de célibataires qui voulaient leur propre appartement mais, au cours des années 70 et 80, ce sont des jeunes familles qui cherchaient une première maison ou qui voulaient rénover une maison ancienne. Ce phénomène a provoqué des sommets successifs dans la construction de logements, l'aménagement des banlieues et la rénovation.

La population canadienne prenait aussi de l'âge. Au début de cette période, seulement 8 p. 100 des Canadiens étaient âgés de plus de 65 ans, une proportion qui était passée à 12 p. 100 au milieu des années 90, et qui devrait atteindre les 25 p. 100 d'ici l'an 2031 [2]. Plus riche et en meilleure santé que les générations des années précédentes, la population vieillissante du Canada a créé une demande de copropriétés de luxe, d'appartements locatifs abordables et de logements plus accessibles qui leur permettaient de vivre de façon autonome.

La taille des ménages a diminué, passant d'une moyenne de 3,8 à 2,8 entre 1961 et 1991 [1,3], parce que les Canadiens avaient de moins en moins d'enfants. Le nombre de ménages monoparentaux a triplé, ce qui a provoqué l'augmentation de la demande de logements urbains modestes et abordables. À la fin de cette période, l'arrivée à l'âge adulte de la génération du *baby-bust* (dénatalité) — moins nombreuse que la génération du baby-boom — combinée à des niveaux d'immigration moins importants ont résulté en une demande moindre de nouveaux logements.

L'économie

Les cycles économiques

Contrairement aux deux premières décennies de l'après-guerre, durant lesquelles la croissance

avait été continue, la période allant du milieu des années 60 au milieu des années 90 a connu une économie en dents de scie. À la fin des années 60, des membres de la génération du baby-boom à l'extérieur du foyer parental avaient alimenté l'explosion de la construction de nouveaux logements, et le nombre de mises en chantier avait triplé durant la décennie. Ces années ont aussi vu les coûts de construction monter en flèche. La croissance urbaine — surtout dans les banlieues — a été encore plus échevelée au début et au milieu des années 70, avec un nombre de mises en chantier annuelles jamais encore enregistré dans l'histoire du Canada. En 1976, le nombre total de mises en chantier a atteint 273 000 logements, et le nombre de mises en chantier de maisons individuelles était de 184 000.

La crise mondiale de l'énergie a eu une incidence inattendue sur les marchés canadiens de l'habitation durant les années 70. La crise du pétrole qu'ont connue les pays membres de l'Organisation des pays exportateurs de pétrole (OPEP), à compter de 1973, a créé des pénuries temporaires de certains produits, des changements rapides dans les habitudes de consommation des carburants, avec une préférence pour le gaz naturel et l'électricité plutôt que l'huile, des changements dans les méthodes de construction éconergétiques et, en raison de nombreux programmes de subventions gouvernementales, la naissance d'une industrie axée sur l'amélioration de l'efficacité thermique.

À la fin des années 70 et au début des années 80, la Banque du Canada a adopté une politique de taux d'intérêt élevés pour contrebalancer l'accessibilité réduite au logement attribuable à l'inflation. En 1981, les taux hypothécaires ont atteint des sommets, allant jusqu'à 22 p. 100, et les frais de possession d'un logement type ont augmenté du tiers [4]. La récession qui a fait rage au début des années 80 a fait péricliter le niveau de mises en chantier, qui ont stagné à 126 000 en 1982. Après plus d'une décennie d'explosion phénoménale, le secteur de l'habitation a subi un rétrécissement considérable et a vu la chute de nombreux constructeurs. En Ontario, par exemple, 30 p. 100 des constructeurs ont dû fermer leurs portes. Les survivants ont changé leur stratégie, passant de la construction spéculative à la prévente. Le krach albertain — exacerbé par la chute des prix du pétrole à l'échelle mondiale — a été particulièrement éprouvant, et les taux d'inoccupation ont excédé les 10 p. 100, avec une multiplication des cas de défaut de paiement hypothécaire. La chute des coûts énergétiques a aussi mis un terme à certains programmes d'efficacité énergétique.

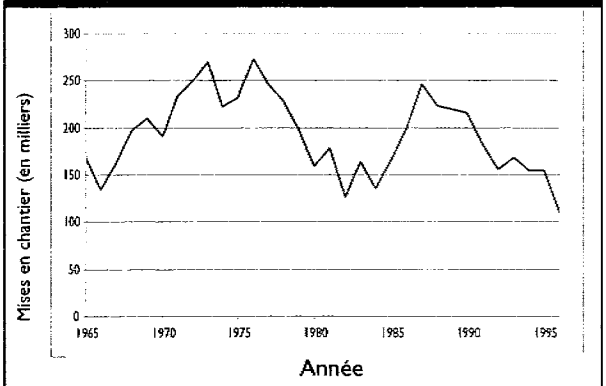
La rénovation, cependant, n'a cessé d'être en hausse et, au début des années 80, elle surpassait même le volume de nouvelles constructions sur le plan financier. Le boum de la rénovation s'était amorcé à la fin des années 70, pour répondre à une demande émanant en grande partie des *yuppies* — ces jeunes professionnels urbains à la recherche d'une forme de logement pour remplacer leurs logements de banlieue.

Si le nombre de mises en chantier est demeuré assez faible dans les Prairies et dans les provinces de l'Atlantique au cours des années 80, la reprise économique a provoqué un boum sans précédent dans le domaine du logement et une croissance des prix vertigineuse dans le centre du Canada et en Colombie-Britannique au milieu et à la fin des années 80. Ce phénomène a connu une force particulière dans les zones métropolitaines de Toronto et de Vancouver. L'activité dans le marché du neuf, avec des mises en chantier atteignant les 246 000 en 1987, a de nouveau déclassé les rénovations, mais de façon temporaire cependant. L'abordabilité a atteint des proportions de crise dans les marchés en ébullition. En raison de pénuries importantes de main-d'œuvre et de matériaux, les dates d'achèvement étaient souvent reportées et nombre d'acheteurs ont manifesté leur insatisfaction relativement à la qualité des constructions.

La fin des années 80 et le début des années 90 ont aussi été marqués par l'émergence du facteur énergétique dans les considérations économiques. La nécessité d'améliorer l'efficacité thermique a été aiguillonnée par les activités de gestion axée sur la demande de la part des fournisseurs d'électricité, parce qu'ils n'étaient plus capables

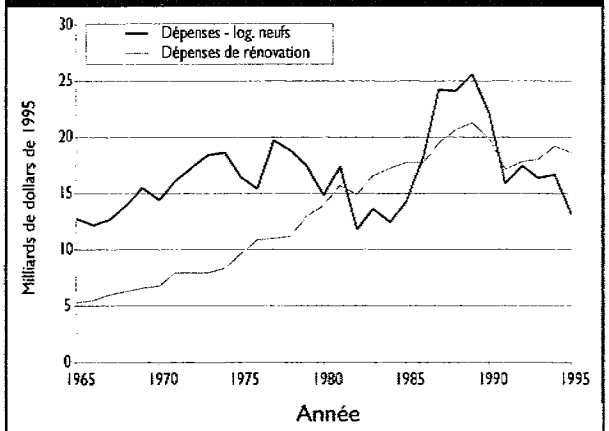
de financer l'expansion des installations d'approvisionnement en énergie. Les liens de plus en plus évidents entre l'économie et l'environnement — notamment après la publication du rapport de la Commission Brundtland, des Nations Unies en 1987, intitulé *Notre avenir à tous* [5] — ont aussi relancé l'intérêt pour des formes plus durables de logements et de collectivités.

Figure 1
Mises en chantier annuelles : 1966 à 1995



Source : SCHL [1.6]

Figure 2
Dépenses annuelles dans le secteur de l'habitation : nouvelles constructions par rapport aux rénovations



Source : Clayton [7] et SCHL [6. 8]

Après une croissance économique sans précédent durant les années 60 et 70 et la fin des années 80, les années 90 nous ont ramenés à des réalités beaucoup plus sobres. Une récession importante, suivie par la « reprise économique sans emploi », a été marquée par des tendances déflationnistes dans le domaine du logement, des écarts entre les taux d'intérêt et les taux d'inflation, de même que des baisses généralisées de la confiance des consommateurs, inquiets par rapport à leur sécurité d'emploi et à une dette gouvernementale éléphantesque. Au milieu des années 90, la nécessité de recourir à des réductions budgétaires dans tous les domaines, y compris le logement, a frappé autant les échelons fédéral et provincial que municipal. Les nouvelles mises en chantier ont diminué à 100 000 environ, et même le marché de la rénovation a été touché.

L'augmentation (et la diminution) de la richesse

Le revenu personnel de la plupart des Canadiens a augmenté considérablement dans les années 60 et 70. Cette hausse de la richesse, mariée à une proportion croissante de familles à deux revenus, a provoqué des attentes plus élevées sur le plan des logements, non seulement en ce qui a trait à la propriété, mais aussi à l'accroissement de la taille des habitations et des équipements qui les meublent.

Cependant, pour de nombreuses personnes du troisième âge, les parents seuls et d'autres qui gagnaient seulement des salaires minimums ou des revenus fixes, les taux d'inflation élevés et les coûts du logement qui montaient en flèche — particulièrement durant les années 70 et de nouveau à la fin des années 80 — signifiaient un écart de plus en plus large sur le plan de l'accessibilité. Les politiques et les programmes en matière de logements sociaux ont pris le haut du pavé (ils sont discutés davantage plus loin dans la section).

Dans les années 90, les revenus réels étaient en déclin. Le lieu commun le plus souvent entendu était que le style de vie que l'on pouvait s'offrir avec un seul revenu dans les années 50 exigeait dorénavant deux revenus. Si cette constatation était exagérée, il n'en demeure pas moins que le résultat net de divers facteurs économiques — inflation, salaires plus élevés, nombre plus élevé de familles à deux revenus, coûts plus élevés des

logements et habitations plus vastes — faisait en sorte que le pourcentage du revenu familial consacré au logement était relativement similaire au milieu des années 90 à ce qu'il était dans les années 50 [4]. En ces années qui mettront un terme au XXe siècle, les perspectives pour les futures générations d'acheteurs de maisons (la génération X) apparaissent considérablement moins réjouissantes qu'elles ne l'étaient pour la génération du baby-boom, en raison d'un manque de possibilités d'emplois sûrs.

Le contexte sociopolitique

Les années 60 et 70 ont été l'époque du *flower power*, qui donnait une place prépondérante à la jeunesse, à des attitudes libérales envers le style de vie (il suffit de penser à la fameuse « révolution sexuelle »), à un optimisme inébranlable envers le futur et au désir de changer la société. Le terme *société juste* a été popularisé par le Parti libéral du Canada, au pouvoir durant la grande majorité de cette période. En ces temps, on faisait des expériences dans la conception des logements et les aménagements urbains. Le gouvernement fédéral ne se gênait pas non plus pour intervenir dans les marchés de l'habitation.

Après les hauts et les bas économiques des années 80 et l'évidence implacable des répercussions de la dette accumulée par le gouvernement, l'attitude des Canadiens s'est modifiée au début des années 90. Ils sont de plus en plus inquiets et conservateurs. La société est polarisée par différents problèmes, qui vont de l'aide sociale aux droits des homosexuels, en passant par la peine de mort. Le nombre croissant d'ordinateurs personnels, les communications perfectionnées et l'autoroute de l'information ont révolutionné autant l'industrie que la vie à domicile, mais ces facteurs ont aussi contribué à augmenter les niveaux de stress. Les Canadiens sont devenus plus introspectifs, en s'isolant (*cocooning*) dans leur maison pour fuir un monde hostile. On ne pense plus désormais que les problèmes de société peuvent être réglés par des programmes gouvernementaux d'envergure, et on compte de plus en plus sur le secteur privé et sur la collaboration entre le privé et le public.

Voici quelques-unes des tendances sociopolitiques qui ont particulièrement été à l'œuvre dans le domaine de l'habitation au Canada :

La préférence pour la propriété

Malgré (ou peut-être à cause d'eux) les coûts du logement en croissance, le désir des Canadiens de devenir propriétaires d'une maison est resté aussi fort qu'avant. Inspirés par la manne ramassée par leurs parents (par exemple, un bungalow payé 13 000 $ en 1955 pouvait être revendu à plus de 100 000 $ à la fin des années 70), les acheteurs de maisons éventuels se sentaient souvent obligés d'aller jusqu'à leur limite financière pour acquérir une maison qui pourrait très bien ne plus leur être accessible du tout l'année suivante. Même dans les années 90, alors que le logement n'était plus un investissement aussi intéressant que dans le passé, les Canadiens, y compris les trois quarts des locataires [9], restaient attachés à leur rêve de propriété. Pour les ménages plus petits ou moins nombreux, le concept de la copropriété, importé d'Europe et des États-Unis durant les années 70, donnait à de nombreux locataires la possibilité de devenir enfin propriétaires. La chute du marché de la copropriété durant la récession au début des années 80, combinée à des plaintes incessantes relativement aux frais élevés de copropriété, a terni le lustre de ce mode d'occupation, mais ce secteur est tout de même resté un marché de créneaux à succès.

La préférence pour les logements isolés

Le rêve de la banlieue est resté ancré chez les Canadiens — ils veulent tous avoir leur maison individuelle —, attisé par le marketing des secteurs de l'habitation et de l'immobilier. Bien que de nombreuses autres formes d'habitations de remplacement ont été introduites durant ces années, particulièrement durant les années 70, et malgré les efforts considérables de la part de la SCHL pour promouvoir les ensembles bien conçus, à densité moyenne, les maisons isolées sont demeurées dans l'esprit de la plupart synonymes de meilleure qualité, de valeur supérieure de

Photo 2 :
Les Canadiens demeurent très attachés au « rêve de la banlieue » qu'évoque la maison individuelle construite sur un grand terrain tranquille où les arbres abondent (Photo de Oliver Drerup)

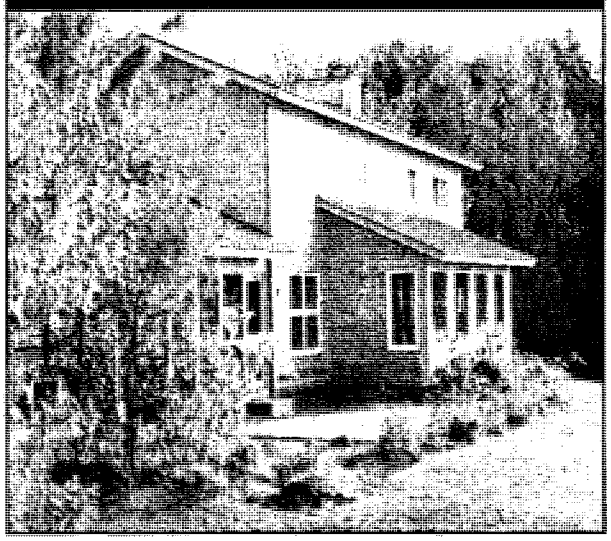
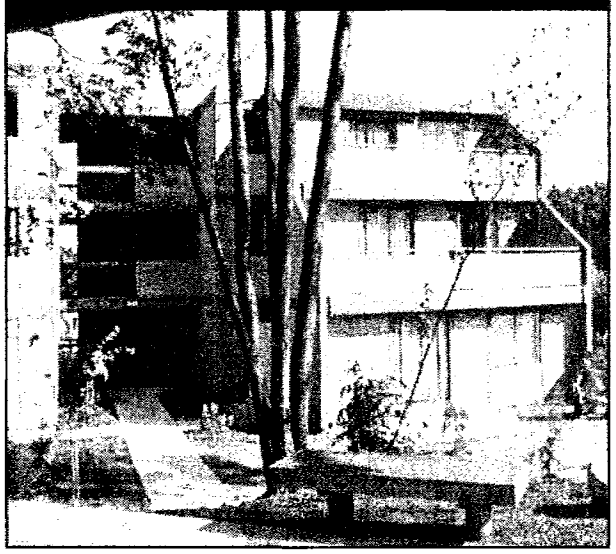


Photo 3 :
Les ensembles de logement social attrayants de densité moyenne des années 70 remplacent les grands ensembles de logements publics austères qui dominaient le paysage des années 50 et 60



revente, de meilleure isolation sur le plan acoustique et d'intimité visuelle, de même que d'un meilleur statut social. Les logements collectifs, du point de vue de la plupart des Canadiens, sont au point d'entrée dans le marché du logement, et non une finalité.

Les contrôles des loyers

Instaurées en Colombie-Britannique en 1974, des formes diverses de contrôle des loyers étaient en place dans toutes les provinces en 1976, parce qu'il fallait combattre l'inflation. Bien qu'ils aient permis de garder les logements locatifs plus abordables, les contrôles des loyers ont aussi eu un effet dissuasif assez important sur les nouvelles constructions.

Les changements d'attitudes envers le logement social et l'abordabilité

Les logements publics des années 50 et 60, souvent austères en apparence et facilement identifiés aux ménages à faible revenu, ont été progressivement remplacés par des complexes sociaux à densité moyenne au design attrayant dans les années 70 et 80. Les politiques en matière de logements sociaux du fédéral et du provincial visaient à intégrer ces logements dans les collectivités, en assimilant des locataires subventionnés et des locataires qui ne l'étaient pas, par des designs et des méthodes de construction innovateurs et améliorés, et à encourager les partenariats, souvent sous le cap d'organismes à but non lucratif. Les résultats sur le plan de la construction étaient impressionnants, mais les coûts étaient trop élevés et le nombre de Canadiens qui avaient besoin d'aide au logement ne cessait d'augmenter. L'année 1985 a marqué un grand tournant. Cette année-là, le groupe de travail Nielsen a clairement indiqué que la priorité en matière de logements sociaux était de loger les personnes qui avaient les plus grands besoins [10], et le Document d'étude sur le logement [11] inaugurait une nouvelle ère de collaboration entre le gouvernement fédéral et les nombreux autres intervenants du secteur de l'habitation. Les logements sociaux sont devenus beaucoup plus simples, particulièrement en raison du gel des dépenses au début des années 90, et ce secteur était de plus en plus dominé par les ministères provinciaux responsables de l'habitation.

La participation du secteur public

Des mouvements de citoyens ont vu le jour dans les années 60 et au début des années 70 qui demandaient qu'on arrête de détruire les quartiers existants, un phénomène qui découlait des politiques de l'après-guerre visant à éliminer les taudis et à renouveler le tissu urbain. Ces mouvements ont engendré une participation gouvernementale plus formelle durant les années 70, dont la restauration des logements des plaines LeBreton à Ottawa, entreprise par la SCHL, est un exemple. Bien que les pleins pouvoirs accordés au public aient permis de contrer les excès des gouvernements et des promoteurs, ils ont aussi mené à une individualisation exacerbée et au syndrome « pas dans ma cour », des phénomènes qui ont entravé la construction de logements abordables ou d'infrastructures pourtant nécessaires.

L'intérêt envers la préservation et la rénovation

Pour de multiples raisons — concentration moins élevée de la pauvreté urbaine, diminution des tensions raciales, filet social moins efficace, infrastructures et édifices urbains récents, existence de divers programmes d'amélioration — les villes canadiennes n'ont pas, règle générale, subi les détériorations des villes américaines, mais ont plutôt connu une revitalisation. L'attrait né durant l'après-guerre envers le renouveau urbain et les logements « modernes » a progressivement été remplacé par une répugnance envers les damiers de tours et de stationnements. On constate un intérêt de plus en plus grand envers la préservation du tissu urbain existant, la restauration du patrimoine architectural et le recyclage du parc immobilier existant. Sous la coupe des « embourgeoiseurs » (qui se contentaient de masquer les failles de propriétés en ruines pour les revendre rapidement à profit) qui ont découvert la vie dans les centres-villes au début des années 70 et qui ont été favorisés par la crise de l'énergie et par la pulvérisation du mythe des ressources illimitées, l'activité de rénovation a connu un regain à la fin des années 70 et au début des années 80. Alors qu'elles représentaient seulement 25 p. 100 des dépenses consacrées aux nouvelles constructions en 1970, les dépenses de rénovation les ont dépassées au début des années 80. Parmi les facteurs qui ont encouragé les rénovations, notons le vieillissement du parc immobilier, le vieillissement de la population, la revitalisation des centres urbains et les coûts élevés des nouvelles constructions. Les municipalités reconnaissaient de plus en plus que la rénovation ajoutait plus à l'assiette fiscale nette que les nouvelles constructions, parce que la rénovation en règle générale ne requérait pas de nouvelles infrastructures de transport ou souterraines.

Les questions environnementales

L'intérêt pour la conservation s'est intensifié au cours des années 60, aidé par le mouvement de la contre-culture et par des auteurs comme Rachel Carson, Jane Jacobs et le Club de Rome, qui ont sonné l'alarme des incidences éventuelles d'une croissance urbaine sauvage et de la consommation des ressources. Les activités de conservation, qui ont atteint des sommets durant les années 70, notamment en raison de la crise de l'énergie, ont diminué à partir des années 80, en même temps que la chute des prix du pétrole à l'échelle mondiale, pour connaître un nouveau regain après la sortie du rapport de la commission Brundtland de l'ONU en 1987. Les activités ont de nouveau chuté durant la crise économique des années 90. Malgré des hauts et des bas, les questions liées à l'énergie et à l'environnement sont devenues de plus en plus déterminantes dans le secteur de l'habitation au Canada; la partie IV traite en détail de ces questions et des progrès technologiques.

Le contexte réglementaire

La période 1966-1996 a été marquée par une croissance continue des exigences réglementaires en ce qui a trait au logement, exigences qui visaient une augmentation de la qualité et de la performance énergétique, l'amélioration de la santé et de la sécurité et la réduction des dangers environnementaux.

Les codes du bâtiment et les règlements afférents

Le *Code national du bâtiment du Canada* (CNB) et les codes provinciaux en matière de construction n'ont cessé d'évoluer, d'être raffinés et approfondis.

Les exigences relatives à la ventilation mécanique, à l'évacuation des gaz de combustion et des pare-vent ont été au cœur de débats importants durant les années 80, mais ces notions ont été de plus en plus implantées dans les codes du bâtiment au milieu des années 90. Le nombre de modifications apportées aux codes ont provoqué l'inquiétude de l'industrie en ce qui a trait aux incidences sur l'abordabilité, notamment en Ontario après les révisions considérables qui ont été apportées au *Code de bâtiment de l'Ontario* en 1993, suivies en 1997 par l'assouplissement de certaines exigences.

En ce qui a trait aux incidences sur l'innovation, si le CNB et les codes provinciaux ont très clairement permis les équivalences, les autorités locales du logement se sont souvent montrées réticentes à accepter des méthodes de remplacement en raison des responsabilités qu'elles entraînaient [12]. C'est l'un des facteurs qui ont mené aux essais sur le rendement des diverses méthodes, notamment pour ce qui est des activités de rénovation [13].

Dans le sillage de la crise énergétique des années 70, les codes provinciaux ont peu à peu adopté des exigences liées à la conservation de l'énergie, souvent fondées sur les Mesures d'économie d'énergie dans les nouveaux bâtiments, énoncées par le CNRC en 1978. Les principales incidences sur les méthodes de construction n'ont pas été ressenties avant les années 80 et 90, années où on a commencé à ressentir les effets des codes provinciaux sur les méthodes de construction. Les nouvelles maisons sont 30 p. 100 plus éconergétiques en 1995 qu'elles ne l'étaient en 1980 [14]. Au début des années 90, on a élaboré un *Code national de l'énergie pour les bâtiments* fondé sur une approche des cycles de vie des coûts et sur les coûts énergétiques dans les provinces. La parution du code modèle était prévue pour 1996, mais son avenir a été remis en question en raison de la résistance du secteur et de certains gouvernements provinciaux.

Les règlements municipaux ont aussi eu une influence sur les nouvelles constructions. Certaines collectivités voulaient assurer une qualité certaine des aménagements (par exemple, en prescrivant une surface minimale ou l'utilisation de « tons terreux » pour l'extérieur). Dans les années 90, plusieurs municipalités ont adopté des exigences liées aux extincteurs d'incendie dans les bâtiments de faible hauteur.

À mesure que les municipalités offraient de moins en moins de services directs de viabilisation durant les années 70 et transféraient cette responsabilité aux promoteurs, on a assisté à l'augmentation des normes en matière de services, afférentes notamment aux réserves routières, à l'éclairage et aux égouts. Ce phénomène a provoqué l'augmentation des coûts des terrains viabilisés.

L'approbation, l'étiquetage et les directives liées aux produits

La responsabilité du processus d'évaluation des matériaux, qui a eu une influence énorme tant sur les dispositions de la *Loi nationale sur l'habitation* (LNH) en matière de financement des nouvelles maisons que sur le restant du parc de nouveaux logements, a été transférée du Service d'évaluation des matériaux de la SCHL au Centre canadien de matériaux de construction du CNRC, en 1988.

L'étiquetage des produits est devenu de plus en plus important dans les suppléments aux règlements. Durant les années 80, les étiquettes ÉnerGuide du ministère Énergie, Mines et Ressources (EMR) étaient appliquées sur les appareils et les équipements pour indiquer leur efficience énergétique. Durant les années 90, un système canadien de cotation des fenêtres très raffiné a été implanté; l'ÉcoLogo d'Environnement Canada a commencé à être appliqué sur une vaste gamme de matériaux de construction, et des mesures ont été prises pour élaborer un système national d'évaluation énergétique des logements.

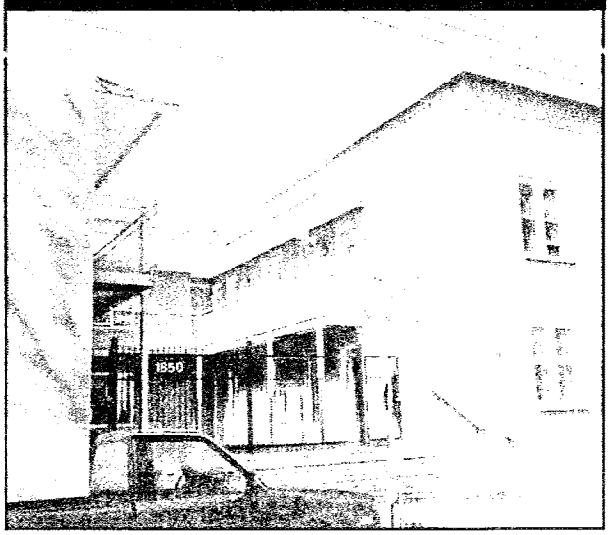
Des directives non obligatoires ont influencé divers domaines en émergence, tels que la qualité de l'air intérieur. Santé et Bien-être social Canada, en 1997, a promulgué des *Directives d'exposition concernant la qualité de l'air des résidences*, qui ont fait du Canada un pionnier en cette matière; les directives sont rapidement devenues des normes incontournables pour les recherches et les enquêtes.

L'approbation des plans

À l'étape de la conception, l'approbation des plans est devenue de plus en plus longue et onéreuse. L'approbation du rezonage et d'autres variantes des plans officiels faisait face à des délais répétés. Les lois en matière d'évaluation environnementale, tant fédérales que provinciales, exigeaient la modification et même l'arrêt des nouveaux aménagements, surtout lorsque des terres à vocation agricole ou des terrains humides étaient en cause. La nouvelle tendance vers l'intensification de la densité urbaine, qui souvent se traduisait par la réutilisation de terrains industriels ou d'installations de transport, a suscité de nouvelles inquiétudes liées à la contamination des sols. Devant ce phénomène, la SCHL a commencé à exiger des évaluations environnementales des sites au début des années 90.

En réponse à la reconnaissance du fait que les délais réglementaires faisaient augmenter les coûts des logements et réduisaient la capacité d'innovation, le programme Abordabilité et choix toujours (ACT) a été lancé en 1990 par la SCHL, l'ACCH, l'Association canadienne d'habitation et de rénovation urbaine, ainsi que la Fédération canadienne des municipalités, afin de promouvoir la réforme réglementaire au moyen de démonstrations et d'études. Le programme ACT encourageait aussi l'élaboration de normes non conventionnelles sur l'utilisation des terrains, qui favoriseraient la réduction des terrains utilisés et de la consommation des ressources.

Photo 4 :
Cette initiative du programme Abordabilité et choix toujours (ACT) réalisée à Montréal, au Québec, montre que des modifications apportées aux règlements municipaux peuvent se traduire par de meilleures maisons de chambre



Les incidences réglementaires et financières sur les aménagements collectifs

Les contrôles des loyers ont contribué à abaisser le nombre de logements collectifs construits après le boum du logement des années 60. Cette tendance a été partiellement contrebalancée au milieu des années 70 par les abris fiscaux dont bénéficiaient les IRLM (immeubles résidentiels à logements multiples). Les décisions yo-yo qui autorisaient puis empêchaient de nouveau la déduction des intérêts sur les prêts fonciers ont influencé le taux de disponibilité des terrains viabilisés dans le marché.

La conversion au système métrique

Le gouvernement fédéral a pris la décision d'adopter le système métrique au milieu des années 70, bien qu'il fallut encore longtemps avant qu'il soit complètement intégré. Dans le domaine de la construction d'immeubles commerciaux et de logements, la conversion avait été pratiquement achevée au début des années 80 mais, pour les bâtiments de faible hauteur à ossature en bois, les mesures impériales sont restées largement utilisées, en grande

partie à cause des exportations de bois d'œuvre et de contreplaqué vers les États-Unis, un marché important. La conversion au système métrique a été présentée comme une occasion de rationaliser la taille des produits, mais cet objectif n'a été réalisé que dans une faible mesure.

L'évolution du secteur canadien de l'habitation

Le secteur canadien de l'habitation est restée très fragmenté : c'est encore l'affaire de petits constructeurs et de sous-traitants. Si on le compare à d'autres industries, telles l'industrie de l'automobile ou le secteur de l'habitation d'autres pays comme le Japon, cette fragmentation représente un défi pour ce qui est de la recherche et du développement à l'intérieur des entreprises, de la formation et des économies d'échelle. Cependant, c'est aussi une force parce qu'elle permet l'expansion et la décroissance rapide du secteur, au gré des cycles économiques et de l'émergence de nouvelles technologies. Essentiellement, ce facteur en a été un de survie.

Les bâtiments de faible hauteur

La taille des entreprises de construction de maisons individuelles a varié énormément. Le boum des années 70 a donné naissance à un nombre effarant de constructeurs importants, particulièrement dans le sud de l'Ontario et en Alberta. Cependant, nombre d'entre eux ont disparu ou ont dû réduire considérablement leurs activités après la récession de 1981-1982. Dans les années 80 et 90, la plupart des entreprises étaient de petite taille, et construisaient moins de 25 logements par année, mais les 5 p. 100 d'entre elles qui étaient de taille moyenne ou importante bâtissaient environ la moitié du nombre total de nouvelles maisons. La nature même de la construction sur place d'immeubles de faible hauteur a favorisé les constructeurs de moyenne et de petite envergure. Les activités de dégraissage des entreprises durant les revers économiques ont connu des sommets. Le secteur a maintenu les écarts régionaux, sur le plan de la taille des industries de construction, des méthodes de construction et des matériaux utilisés et de la conception et des maisons. Les constructeurs de bâtiments de faible hauteur ont conservé leur position unique qui leur permettait de combiner les analyses de marché, l'aménagement des terrains, le financement, la conception, la construction et le marketing sous un seul chapeau.

L'ACCH a changé son nom pour devenir l'Association canadienne de l'habitation et du développement urbain (ACHDU) en 1971, ce qui reflétait l'engagement accru dans l'aménagement urbain et communautaire. L'ACHDU est à son tour devenue l'Association canadienne des constructeurs d'habitations (ACCH), en 1984. Les associations provinciales et locales étaient très puissantes dans la plupart des provinces, et l'ACCH rassemblait au milieu des années 90 quelque 12 000 entreprises. L'Association provinciale des constructeurs d'habitations du Québec (APCHQ) est restée relativement autonome et demeure la seule association qui administre directement un programme de garantie.

L'industrie de la rénovation

Cette période a vu naître l'industrie canadienne de la rénovation, qui était dominée par des petits entrepreneurs, dont nombre exerçaient en même temps plusieurs métiers. La création du Conseil canadien des rénovateurs par l'ACCH en 1984, l'émergence de comités de rénovateurs actifs dans de nombreuses provinces et villes, ainsi que la naissance de l'Association pour la préservation et ses techniques ont donné ses lettres de noblesse à l'industrie et ont alimenté les débats publics sur ses difficultés. Si les conflits entre les constructeurs et les rénovateurs font toujours rage dans certaines provinces, l'industrie de la rénovation est devenue de plus en plus reconnue comme un partenaire égal sur les plans économique et technique. Un nombre croissant de constructeurs de nouvelles maisons ont accepté des travaux de rénovation afin de compléter leur volume de travail, contribuant ainsi à l'aplanissement des distinctions.

Les habitations usinées

Si l'intérêt pour les habitations usinées ne s'est jamais démenti durant cette période où on

cherchait des solutions abordables, l'expansion qu'on avait promise à ce secteur ne s'est jamais matérialisée. Les maisons mobiles ont connu un certain degré de popularité dans les années 60 et au début des années 70, mais le Programme d'aide pour l'accession à la propriété (PAAP) a mis un frein à cette popularité croissante parce qu'il ne s'appliquait pas aux maisons mobiles [3]. Dans les années 80, les fabricants ont commencé à créer des liens plus solides avec les constructeurs sur place, et ont intégré les marchés de créneaux. L'industrie des maisons modulaires et des maisons mobiles était représentée par l'Institut canadien de l'habitation usinée, et les producteurs de systèmes de charpentes en panneaux préfabriqués, pièce sur pièce et en planches, étaient représentés par la Manufactured Housing Association of Canada.

L'industrie de l'aménagement des terrains et des logements

Au contraire des industries de la construction de maisons et de la rénovation, l'industrie de l'aménagement des terrains et de la construction d'immeubles d'appartements était composée d'entreprises de plus grande envergure, qui avaient plus de traits en commun avec le secteur de la construction commerciale qu'avec celui de la construction de maisons de faible hauteur. Les années 70 ont été l'âge d'or des entreprises d'aménagement foncier, en raison de la croissance massive des banlieues au Canada. À ce moment, un nombre restreint de grandes entreprises se partageaient le secteur. Les récessions subséquentes au début des années 80 et 90, combinées à l'élimination de la déduction des intérêts sur les investissements fonciers, ont fait de l'aménagement de terrains une industrie beaucoup moins rentable et beaucoup plus à risque. Les promoteurs d'immeubles d'appartements, après le boum de la construction des années 60 (époque où plus de 50 p. 100 des mises en chantier étaient des immeubles d'appartements), ont connu un déclin de leur industrie en raison de facteurs économiques, y compris les contrôles des loyers. Travaillant surtout à construire des complexes de location pour le compte de promoteurs immobiliers dans les années 60, l'industrie a dû se tourner vers des promoteurs d'IRLM qui bénéficiaient d'abris fiscaux au milieu des années 70, puis ensuite vers la construction de copropriétés à la fin des années 70 et dans les années 80 [15]. L'Institut canadien des compagnies immobilières publiques (ICCIP) représentait en grande partie l'industrie de l'aménagement.

Les difficultés de l'industrie

Dans les années 80 et 90 surtout, les comités étendus de l'ACCH, notamment le Comité de recherches techniques, le Comité de recherches économiques, le Conseil des fabricants, le Comité consultatif national sur l'éducation et la formation, de même que le Conseil canadien des rénovateurs, ont joué un rôle de plus en plus primordial dans les débats sur les difficultés de l'industrie et la coordination des activités nationales. Outre les difficultés d'ordre technique, l'industrie s'est attaquée aux notions de professionnalisme. L'ACHDU a mis en place un système pancanadien de programmes de garantie pour les nouvelles maisons au milieu des années 70, système qui se fondait sur les exigences de la SCHL relativement à la garantie obligatoire des maisons pour qu'elles soient admissibles à l'assurance hypothécaire LNH. La formation et l'éducation ont pris de plus en plus d'importance, et les constructeurs de maisons avaient dorénavant accès à des formations techniques de plus en plus poussées, notamment la Série des ateliers des constructeurs SCHL/ACCH, et les ateliers R-2000 offerts par le CNRC. La SCHL mettait en outre l'accent sur les aptitudes commerciales des rénovateurs, par le biais notamment du Programme national de formation des rénovateurs. Étant donné la difficulté de conserver une main-d'œuvre permanente en des temps économiques incertains, une pénurie de main-d'œuvre qualifiée s'est fait sentir durant les périodes d'intensification et a provoqué l'insatisfaction croissante des acheteurs de maisons. À compter du début des années 80, l'industrie s'est prononcée publiquement contre l'intervention du gouvernement dans les marchés. La croissance d'une économie souterraine, particulièrement après l'instauration de la taxe sur les produits et services (TPS) en 1990, surtout dans l'industrie de la rénovation, a pris une ampleur de plus en plus inquiétante.

L'industrie de la rénovation a aussi critiqué le traitement qu'elle jugeait inéquitable en vertu de la *Loi de l'impôt sur le revenu* et du *Code national du bâtiment du Canada.*

Les politiques et les programmes du gouvernement fédéral

On se souviendra de la période s'étendant du milieu des années 60 au milieu des années 90 pour les débats houleux dans le domaine des politiques de logement et pour leur évolution. Des politiques et des programmes qui ont eu une incidence négligeable sur les technologies du bâtiment résidentiel ont toutefois déterminé le taux de croissance des logements et leur forme. D'autres, tels les programmes de conservation de l'énergie, ont directement influencé l'avènement de nouvelles technologies.

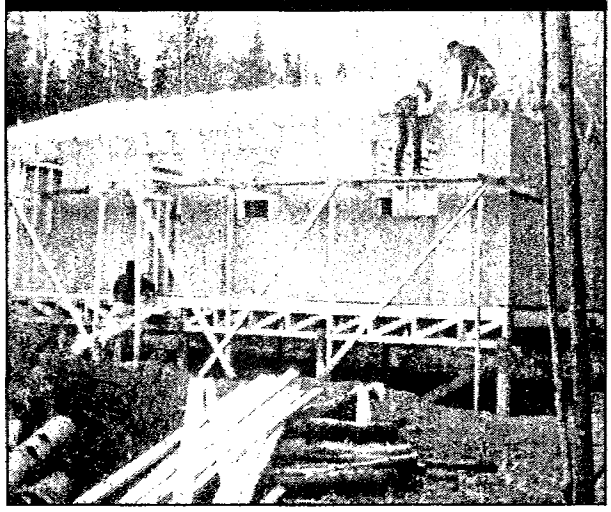
La Société centrale d'hypothèques et de logement, la société d'habitation parrainée par le gouvernement fédéral, est devenue la Société canadienne d'hypothèques et de logement en 1979.

Les politiques du gouvernement fédéral en matière d'habitation ont été extrêmement interventionnistes tout au long des années 60 et 70. En cette période où les budgets étaient généreux, le logement était considéré comme un instrument de la croissance économique et des changement sociaux, et le gouvernement fédéral s'est octroyé un rôle de premier plan dans l'aménagement urbain. Comme témoin éloquent de cette attitude, soulignons la création du très éphémère ministère d'État aux Affaires urbaines en 1970, qui a été absorbé par la SCHL à la fin de la décennie. Tout au long des années 80 et 90, les programmes de logements sociaux ont été dégraissés, plus ciblés et de plus en plus transférés aux provinces. Les relations fédérales-provinciales allaient en dents de scie, mais la collaboration s'est intensifiée avec la diminution des ressources. Les relations entre le gouvernement et l'industrie sont aussi devenues beaucoup plus coopératives, fondées sur des consultations nombreuses.

Les logements publics et sociaux

Au milieu des années 60, les organismes provinciaux œuvrant dans le domaine de l'habitation voulaient avoir plus de pouvoirs. La Société centrale d'hypothèques et de logement, le plus important promoteur au pays après la Seconde Guerre mondiale, avait réduit ses activités directement liées à la construction et avait plutôt mis sur pied des partenariats entre les gouvernements fédéral et provinciaux dans les domaines des logements publics et des logements à but non lucratif et des coopératives d'habitation pour les résidents à faible revenu. Au début des années 70, la SCHL a lancé le programme Logement pour les ruraux et les Autochtones (LRA), afin de venir en aide aux habitants des régions isolées. À la fin de cette décennie, les programmes de logements publics faisaient l'objet de critiques de plus en plus virulentes en raison des coûts élevés et du phénomène de la « ghettoïsation » des ménages à faible revenu. Les programmes ont été restructurés pour favoriser l'intégration de résidents subventionnés et non subventionnés. Le secteur tertiaire – les organismes sans but lucratif – était désormais le principal acteur de la prestation des programmes.

Photo 5 :
Le lancement du Programme de logement pour les ruraux et les Autochtones (LRA) dans les années 70 fournit de l'aide au logement aux résidents des régions éloignées comme ceux de Long Body Creek au Manitoba



Les ententes fédérales-provinciales signées en 1986 proposaient des stratégies de prestations diversifiées, qui la plupart du temps accordaient un rôle prépondérant aux provinces [16]. Le Programme de démonstration pour les ruraux et les Autochtones, à la fin des années 80, a constitué un modèle stimulant pour l'intégration du concept de l'autoconstruction. Dans les années 90, la SCHL et les provinces possédaient plus de 600 000 logements subventionnés, par le biais de divers portefeuilles. Les dépenses du gouvernement fédéral en matière de logements sociaux approchaient les 2 milliards de dollars chaque année, et ne cessaient de croître. Le gel des dépenses associées aux logements sociaux et les réductions qui en ont découlé dans les années 90 ont favorisé un meilleur ciblage de ceux qui avaient les besoins les plus criants.

Le marché de l'habitation

Le gouvernement fédéral a continué d'encourager la propriété. L'assurance hypothécaire LNH de la SCHL, mise en place dans les années 50, est devenue un élément de plus en plus important aux yeux des Canadiens qui souhaitaient financer leur rêve de propriété. Environ le tiers de toutes les hypothèques accordées depuis la Seconde Guerre mondiale ont été assurées par la SCHL. Pour maintenir l'abordabilité malgré l'escalade des prix des maisons dans les années 70, le Programme d'aide pour l'accession à la propriété (PAAP) offrait des prêts et des subventions pour les maisons à prix modéré, une aide qui a permis la construction de plus de 150 000 nouveaux logements entre 1974 et 1978. Le Programme d'aide au logement locatif (PALL) offrait des prêts aux constructeurs d'immeubles locatifs, ce qui a permis la construction de 120 000 logements, et des dispositions liées à des abris fiscaux particuliers ont entraîné la construction de 380 000 logements dans des IRLM entre 1974 et 1981.

Durant la récession économique qui a frappé l'Alberta au début des années 80, le Fonds d'assurance hypothécaire de la SCHL et son maintien de dizaines de milliers de propriétés en défaut de remboursement hypothécaire ont empêché les marchés de l'habitation de la province de s'écrouler complètement. Après la récession,

Photo 6 :
Le Programme d'aide pour l'accession à la propriété (PAAP) procure des prêts et des subventions visant des maisons de prix moyen comme celles de ce quartier de Windsor en Ontario

le Programme canadien d'encouragement à l'accession à la propriété (ECEAP) a aidé quelque 176 000 acheteurs d'une nouvelle maison en 1982-1983. Ce programme était complété par des programmes provinciaux similaires. Ces divers programmes ont aussi stimulé les marchés de l'habitation, causant des sommets temporaires, qui étaient inévitablement suivis de creux. Éventuellement, le secteur de l'habitation a fait des pressions contre de telles interventions dans le marché, avec succès. Dans les années 90, des options de financement innovatrices ont été offertes, telles que le Régime d'accession à la propriété, qui autorisait l'utilisation de régimes enregistrés d'épargne-retraite (REER), et le Programme d'assurance-prêt pour accédants à la propriété, qui faisait en sorte que la mise de fonds obligatoire pour avoir droit à une hypothèque assurée était de 5 p. 100 seulement. La mise en place de garanties de titres hypothécaires par la SCHL a permis d'augmenter l'offre de financement hypothécaire à long terme dans le marché.

La rénovation urbaine, les améliorations et l'augmentation de l'efficacité thermique

Le Programme de rénovation urbaine de la SCHL a été abondamment utilisé par les municipalités mais, à la fin des années 60, il faisait l'objet d'une opposition croissante de la part des groupes qui voulaient préserver plutôt que démolir les

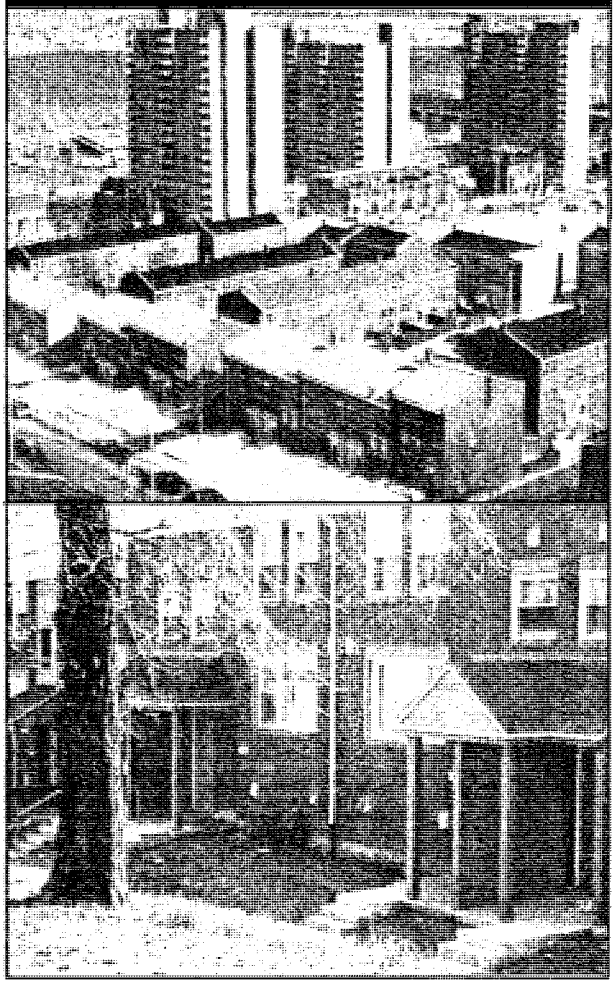
quartiers existants. Au début des années 70, afin de favoriser la restauration du parc immobilier, la SCHL lançait le Programme d'amélioration des quartiers (PAQ) à l'intention des municipalités, ainsi que le Programme d'aide à la remise en état des logements (PAREL) à l'intention des propriétaires et des propriétaires-bailleurs. Le PAREL a continué d'exister dans les années 90, sous diverses formes, y compris un programme visant à faciliter les conversions de logements pour les personnes handicapées. Le Centre de formation pour la restauration des habitations, en place jusqu'au début des années 80, offrait de la formation aux inspecteurs, aux agents d'administration et aux rénovateurs du PAREL.

En réponse à la crise de l'énergie des années 70, de nombreux programmes ont été lancés pour promouvoir l'amélioration de l'efficacité thermique des maisons existantes. Parmi eux, les deux plus connus sont le Programme d'isolation thermique des résidences canadiennes (P.I.T.R.C.), un programme administré par la SCHL, ainsi que le Programme canadien de remplacement du pétrole (PCRP), en vigueur entre 1980 et 1985 et administré par Énergie, Mines et Ressources Canada.

Au début des années 80, un autre programme d'encouragement, le Programme canadien de rénovation domiciliaire, donnait des subventions pour les améliorations des maisons données à contrat. S'ils ont contribué à stimuler les marchés de la rénovation, ces programmes ont aussi été accusés d'encourager la prolifération d'entrepreneurs véreux. Énergie, Mines et Ressources a participé activement à la prestation de formations sur l'amélioration de l'efficacité thermique durant les années 80. La SCHL mettait pour sa part l'accent sur la restauration des logements publics et sociaux, en mettant de l'avant des projets importants tels que Regent Court, à Regina, et Uniacke Square, à Halifax.

Dans les années 90, les autorités ont été obligées de tourner leur attention vers l'assouplissement du processus d'approbation pour la rénovation et l'amélioration des compétences commerciales dans l'industrie, par le biais notamment du Programme national de formation des rénovateurs.

Photo 7:
Dans les années 80, la SCHL met l'accent sur la réhabilitation des logements publics et sociaux existants comme ceux d'Uniacke Square, à Halifax, en Nouvelle-Écosse



Développement des ressources humaines Canada a subventionné une évaluation d'envergure des besoins de formation, par le truchement du Service d'aide à l'adaptation de l'industrie, qui établissait un cadre pour l'amélioration du professionnalisme dans l'industrie.

La recherche, les normes et le transfert technologique

La *Loi nationale sur l'habitation* donnait à la SCHL le mandat élargi de faire des recherches et d'entreprendre des activités éducatives visant l'amélioration de la qualité des logements. La Division des recherches en bâtiment du CNRC, qui devint au milieu des années 80 l'Institut de recherche en construction, et Énergie, Mines et

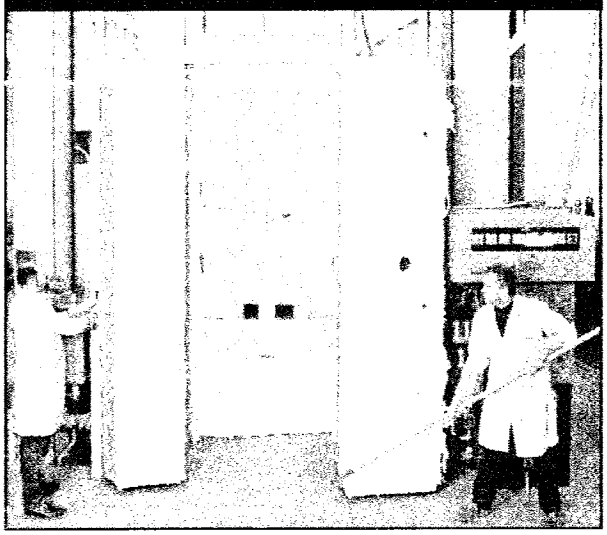
Ressources Canada, fondu dans l'organisme Ressources naturelles Canada en 1993, étaient les deux autres organismes fédéraux qui effectuaient des recherches liées au logement. La portée des recherches fédérales, les démonstrations ainsi que les activités de transfert de l'information sont décrites en détail dans toute cette publication.

Comme nous l'avons déjà mentionné, tout au long de la période à l'étude, la SCHL a exercé une influence considérable sur la qualité des constructions au moyen de deux véhicules importants : le Service de l'évaluation des matériaux et les Normes de construction résidentielle et les *Bulletins des constructeurs*. Ces normes s'appliquaient seulement aux logements financés en vertu de la LNH, mais elles devinrent tout de même reconnues par tout le secteur de l'habitation. Le CNRC a pris en charge le Service d'évaluation des matériaux de la SCHL en 1988; il a connu une forte expansion, et est devenu depuis le Centre canadien de matériaux de construction.

L'établissement du coût marginal risque d'entraîner des problèmes de capitaux propres lorsqu'il est question d'installations jugées nécessaires comme les postes de police, les casernes de pompiers, de même que les usines d'épuration des eaux usées ou d'égout. Certains membres de la collectivité ne peuvent pas se permettre le coût intégral de construction et d'entretien de ces installations. Par conséquent, il serait peut-être tout indiqué de leur imputer des frais inférieurs au coût marginal.

Dans les années 80, la SCHL a mis de l'avant trois programmes de recherche pour répondre à la demande, qu'il vaut la peine de mentionner parce qu'ils complètent les recherches dirigées : le Programme d'encouragement à la technologie du bâtiment résidentiel, le Programme de subventions de recherches et le Programme de bourses. Le Programme des prix d'innovation sur les chantiers, lancé en 1988, encourageait et reconnaissait les innovations de la part des constructeurs et des gens de métier. Le Programme d'aide à la recherche industrielle (PARI) du CNRC a été élargi au secteur de l'habitation par un réseau de conseillers techniques.

Photo 8 :
Bien des exigences du Code national du bâtiment du Canada sont modifiées par suite des recherches menées par le CNRC au moyen d'installations d'essai spécialisées comme ce four pour poteaux



À partir du milieu des années 80, une grande partie de la recherche effectuée à la SCHL et par d'autres organismes était présentée et discutée lors de réunions du Comité national de recherche sur le logement. Le Centre canadien de documentation sur l'habitation (CCDH) a servi de point central pour la diffusion des résultats des recherches au secteur et au public.

Le Comité associé du Code national du bâtiment, qui a fusionné avec le Comité associé sur le Code national de prévention des incendies pour former la Commission canadienne des codes du bâtiment et de prévention des incendies en 1993, a continué de coordonner les exigences de plus en plus nombreuses relativement à la performance des logements, tout en poursuivant la concertation avec le secteur en ce qui a trait aux incidences des coûts. Des codes types révisés ont été publiés tous les cinq ans durant cette période. La SCHL appliquait ses Normes résidentielles et ses *Bulletins des constructeurs*, qui prescrivaient des exigences supplémentaires, en matière notamment de conservation, pour les logements financés en vertu de la LNH, jusqu'au milieu des années 80. Par après, elle se fondait sur des règlements similaires promulgués par les autorités locales.

PARTIE II

INNOVATION EN MATIÈRE DE PLANIFICATION ET DE CONCEPTION

De prime abord, l'aspect le plus remarquable de cette période en ce qui a trait à la planification et à la conception résidentielle est l'apparente *absence de changement*. Les aménagements des banlieues au milieu des années 90 n'apparaissent pas tellement différents de ceux qui avaient cours au milieu des années 60. Cependant, cette similarité de surface cache nombre de changements importants sur le plan de la conception. En outre, les années intermédiaires ont été caractérisées par toutes sortes d'expériences intéressantes avec de nouvelles approches. Certaines se sont révélées des échecs, mais d'autres ont connu du succès et ont exercé une influence durable.

La section qui suit ne présente pas un compte rendu détaillé d'exemples de planification et de conception; elle constitue plutôt un complément à la partie I, Regard sur la situation du logement au Canada, et donne des précisions additionnelles sur le contexte dans lequel se sont inscrites les innovations technologiques dans le domaine du bâtiment résidentiel. Le chapitre 3, Donner forme au paysage résidentiel, explore les tendances dans les aménagements urbains et de banlieue, et le chapitre 4, Le logement en évolution, souligne les principaux changements dans la conception des logements.

3. DONNER FORME AU PAYSAGE RÉSIDENTIEL

La croissance urbaine et démographique a donné lieu à une expansion continue et parfois impressionnante des banlieues canadiennes, ce qui a créé un laboratoire permanent pour l'expérimentation et le raffinement des principes de la planification. Certaines communautés de banlieue sont devenues plus autonomes, avec leurs propres entreprises de services, magasins de détail et industries de haute technologie, qui sortent du noyau urbain traditionnel. Malgré tout, dans la majorité des cas, les villes canadiennes sont demeurées relativement vivantes et sûres en comparaison des villes américaines plus vieilles.

Nombre de facteurs importants — le baby-boom, le déclin de la famille nucléaire et l'intérêt accru envers le développement durable, tous décrits à la partie I — ont contribué à modeler les aménagements urbains et de banlieue au cours de cette période de 30 années. Les pages qui suivent expliquent les incidences qui en ont découlé.

Des réponses innovatrices à l'augmentation des coûts des terrains et des coûts sociaux

Les Canadiens n'ont pas cessé de chérir leur « rêve de banlieue », et la maison individuelle avec une grande cour est devenue une réalité pour des millions d'entre eux. Ils ont été aidés en ce sens par une augmentation de la richesse, des taux d'inflation élevés qui ont contribué à réduire le fardeau hypothécaire, des programmes d'aide à la propriété mis de l'avant par les gouvernements, et par leur volonté à se déplacer. Les banlieues sont restées le lieu de prédilection pour les bâtiments de faible hauteur. Aux célibataires, aux couples, aux personnes âgées et aux familles à revenu faible, il reste toujours les appartements.

La demande élevée de terrains viabilisés durant ces périodes d'effervescence, les coûts élevés des services, le transfert des coûts des infrastructures des municipalités aux promoteurs, les frais croissants d'aménagement et les impôts fonciers, de même que les délais bureaucratiques imposés par le processus d'approbation des aménagements ont tous été des facteurs de l'augmentation des coûts des terrains, particulièrement dans les zones métropolitaines les plus importantes. Il en a résulté des densités urbaines plus élevées et des maisons plus dispendieuses.

À mesure que les banlieues s'étendent et que les logements s'agrandissent, la polarisation dans le secteur canadien de l'habitation est perçue comme étant malsaine. D'un côté, les aménagements à haute densité ne sont pas vus comme propices à la vie familiale, parce qu'ils troublent l'atmosphère des quartiers existants, bloquent les rayons solaires et exigent des techniques de construction plus dispendieuses. À l'autre extrémité, les banlieues à faible densité dépassent rapidement les limites de l'abordabilité, exigent une infrastructure de transport lourde et inefficace, et se retrouvent contraintes par des règlements d'utilisation des terrains agricoles.

Pour que le logement puisse rester abordable, tout en fournissant des cadres de vie sains sur le plan social, la réponse se trouve dans la diminution de la taille des terrains et dans leur utilisation novatrice ainsi que dans des logements à densité moyenne.

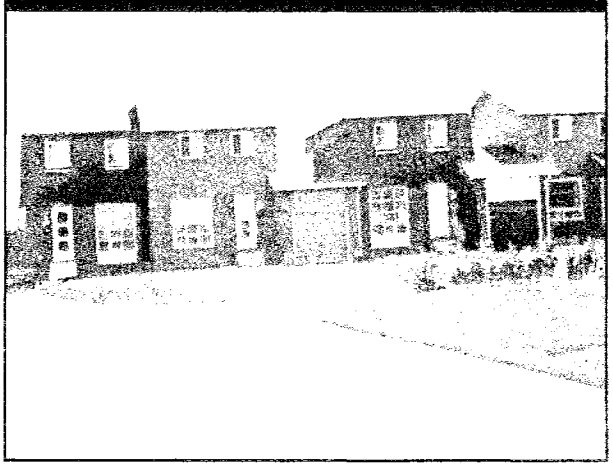
L'utilisation innovatrice des terrains

Dans les années 60, la largeur standard des terrains était de 18 mètres, une taille qui a été réduite à 12 mètres dans de nombreuses municipalités, voire à 9 mètres. Cette réduction a eu des incidences considérables sur la conception des maisons et sur leur apparence. Des méthodes innovatrices de planification permettent la construction de maisons isolées, ou du moins de maisons qui donnent l'illusion d'être isolées sur des terrains beaucoup plus petits. Voici des exemples de ce phénomène :

- des aménagements à marge latérale zéro, où la marge de reculement est éliminée sur une ou plusieurs faces;

- des maisons reliées, qui sont officiellement des maisons jumelées mais qui sont offerts par les promoteurs comme deux maisons distinctes, liées seulement par une barre de métal au-dessus du sol;
- des maisons jumelées ou en bande, unies seulement par des garages ou par des abris d'auto, qu'on appelle aussi des « maisons reliées »;
- les aménagements en fermeture éclair, où l'orientation des façades est alternée, et où la devanture est plus large que l'arrière;
- les aménagement à angles décalés, qui augmentent la présence des maisons étroites dans la rue et qui offrent une ouverture visuelle dans les cours latérales.

Photo 9 :
Les « maisons reliées » sont des logements jumelés ou en rangée reliées uniquement par un garage ou un abri d'auto comme cet exemple photographié à Pointe-Gatineau au Québec



La sous-division Mill Woods à Edmonton constitue un laboratoire vivant pour mettre à l'épreuve plusieurs de ces concepts. Il s'agit d'une large bande de terrain de 2 500 hectares, acquise par la ville et la province en 1970 afin de stabiliser l'augmentation fulgurante des prix des terrains. Une grande partie de la zone a été aménagée en 1980, et plus de 100 000 personnes y vivent. Mill Woods a été l'un des premiers exemples d'un aménagement à marge latérale zéro, qui permet à la SCHL de mettre à l'épreuve ses critères liés à la planification des chantiers mis en vigueur pour les petits terrains. Un projet de démonstration initial, construit en 1975-1976, comprend 49 logements isolés disposés en grappes dans des culs-de-sac, sur des terrains de 230 mètres carrés seulement. La densité atteint presque 35 logements par hectare. L'aménagement démontre qu'il est possible de construire des maisons isolées sur de petits terrains, qu'on peut atteindre des densités intéressantes et qu'on réalise des économies considérables par rapport aux aménagements conventionnels [1].

Les expériences dans le secteur des logements à densité moyenne

Les logements à densité moyenne favorisent le retour à des densités plus élevées, apparentées à celles qui caractérisaient auparavant les zones urbaines, et l'utilisation optimale des terrains et des infrastructures, tout en rendant possibles les bâtiments de faible hauteur, avec un accès au niveau du terrain et des espaces de vie extérieurs adéquats. Les zones de logements à densité moyenne constituent une solution abordable encouragée par la SCHL et le Conseil canadien de l'habitation, un organisme indépendant qui offre des récompenses annuelles. Le Programme de

Photo 10 :
Le quartier Mill Woods d'Edmonton, en Alberta, sert de banc d'essai à une utilisation novatrice de terrains comprenant un aménagement « à marge latérale zéro » au sein duquel on élimine la marge de recul sur une ou plusieurs faces des bâtiments

subventions d'encouragement aux municipalités favorise aussi les aménagements à densité moyenne. Parmi les exemples de ces méthodes innovatrices, ajoutées aux types de logements isolés mentionnés ci-dessus, se trouvent :

- les « maisons en grappes », soit un petit nombre de logements mitoyens groupés autour d'un cul-de-sac;
- des maisons autour d'une cour, soit des logements en L ou rectilignes unis en damier par les coins;
- des maisons en bande en dents de scie, où le décalage entre les maisons est suffisant pour permettre une plus grande individualité et une plus grande intimité;
- les maisons en bande à devanture étroite, dont la largeur était de 4,8 mètres ou moins;
- les maisons dos-à-dos, unies par le mur arrière;
- les multiplex de 8 logements et plus, ayant chacun un accès au niveau du terrain;
- les maisons en bande hors-rue, souvent groupées autour d'un stationnement et d'aires communes;
- les maisons en bande superposées, où les étages supérieurs sont dotés d'un accès direct au niveau du terrain ou par un corridor intérieur;
- les appartements-jardins sans ascenseur, souvent dotés d'escaliers et exempts de corridors intérieurs et, à l'occasion, où le niveau moyen du sol est soit à l'avant, soit à l'arrière afin de permettre un accès au niveau du terrain au plus grand nombre d'appartements possible.

La SCHL construit directement ou subventionne d'autres projets de démonstration importants dans les années 70, afin de démontrer les avantages des logements à densité moyenne.

Les appartements des Plaines LeBreton à Ottawa sont l'un des exemples les plus éloquents. Cet ancien site industriel de 27 hectares avait été acquis en 1962 par la Commission de la Capitale nationale (CCN) et avait été revendu pour la réalisation d'un vaste programme de réaménagement. Une structure de planification interorganisme, sous la direction de la SCHL et de la CCN, et intégrant un conseil de citoyens, coordonne l'aménagement, qui se déroule entre 1974 et 1980. Les objectifs du projet sont de former une collectivité équilibrée, intégrée dans les quartiers existants et composée de ménages avec des revenus différents et divers types d'occupation, où l'on privilégie l'intimité et l'utilisation des terrains, et la participation du public dans le processus d'aménagement. Le site, divisé en dix parcelles, a permis la mise en œuvre de diverses méthodes innovatrices d'aménagement à faible densité, y compris des maisons en bande à devanture étroite de 4,2 mètres, des maisons en bande superposées à un et deux étages, des immeubles d'appartements de hauteur moyenne, des cours intérieures pour les stationnements et l'accès. Une attention considérable est accordée aux aménagements extérieurs et à l'intimité. Le projet des Plaines LeBreton constitue un terrain d'essai pour de nombreuses innovations techniques, telles que les chauffe-eau solaires, les écrans antibruit et les installations de chauffage urbain [2].

Photo 11 :
L'aménagement des Plaines Lebreton, à Ottawa (Ontario), constitue un des importants projets de démonstration de quartier à densité moyenne des années 70 qui a mis à l'essai des innovations techniques comme les chauffe-eau solaires, les pare-sons et le chauffage urbain

Construit entre 1977 et 1979, le projet Maryfield à Charlottetown constitue un autre exemple de tels aménagements, issus d'une collaboration entre la SCHL, la province et la ville. L'aménagement comporte à la fois des maisons et des appartements isolés, mitoyens ou en bande. Il permet d'atteindre des densités plus élevées tout en préservant la prairie naturelle et en créant des aires de jeux. La plupart des logements sont disposés en grappes de deux ou quatre autour de culs-de-sac. Certains terrains sont coupés en biseau et les marges de reculement sont variées.

La planification des sites pour atteindre des densités plus élevées

Le *Manuel pour l'aménagement des espaces extérieurs* de la SCHL, publié pour la première fois en 1966, établit des exigences minimales relatives à la taille des terrains, aux marges de reculement, aux aires d'agrément, aux types d'utilisation des terrains et à la conception de zones de circulation pédestre et automobile. Le but est de garantir la valeur à long terme des maisons financées en vertu de la LNH et de protéger les intérêts publics. En 1977, le Manuel est revu et corrigé, et est publié de nouveau sous le titre *Critères d'aménagement du terrain*. Il devient une source quasi incontournable pour la conception d'aménagements à moyenne et à haute densité [3].

De concert avec de nombreux autres documents informatifs parus durant les années 70 et au début des années 80, ces normes et ces directives deviennent le cadre des recherches de solutions innovatrices aux problèmes du bruit, de l'intimité, de la qualité des espaces extérieurs, de la sécurité des piétons et de l'amélioration de l'apparence. S'ils ne sont plus obligatoires après 1980, sauf dans le cas des logements sociaux, ces documents ont continué de servir de normes pour la conception des espaces de vie extérieurs, le contrôle du bruit et les parcs de maisons mobiles [4].

Certaines municipalités ont aussi adopté des directives de planification très élaborées, notamment le District régional de Vancouver [5] et la ville d'Ottawa [6]. Le Conseil canadien de l'habitation, bénéficiant de subventions de la SCHL, fait aussi la promotion des concepts d'habitation à densité moyenne et diffuse des publications fondées sur des études de cas [7].

Le rejet des logements à densité moyenne dans les marchés

Malgré les avantages apparents des aménagements à densité moyenne comme solution de rechange aux extrêmes que représentent les logements isolés et les tours d'habitation élevées, et malgré la qualité de la conception de la plupart des aménagements de démonstration, on n'a pas ou peu réussi à les faire accepter dans les marchés. De faux problèmes, par exemple l'association des logements à faible densité avec les logements sociaux et les coopératives d'habitation, la supposée valeur de revente inférieure, l'intimité et le bruit, en plus du statut social plus élevé conféré à la maison isolés ont fait en sorte que les formes plus denses de logements sont vues par la plupart des acheteurs de maisons comme une étape. Les taux de roulement dans le marché des logements à densité moyenne sont très élevés, et la satisfaction des occupants est beaucoup plus faible que pour les maisons isolées ou pour les tours d'habitation.

Inévitablement donc, les nouveaux aménagements résidentiels à la fin des trois décennies ressemblent beaucoup plus à ceux qui étaient en vogue au milieu des années 60 et le marché continue d'être dominé par des maisons individuelles. Il serait erroné cependant de conclure que l'expérimentation dans le domaine des logements à densité moyenne a été un échec total. Au contraire : les leçons apprises ont été adaptées et intégrées dans différents secteurs de l'habitation. Il ne fait aucun doute que les logements sociaux des années 80 et 90 offrent des environnements beaucoup plus humains que les logements publics du style casernes offerts à la fin des années 40 et que les ghettos créés par les tours dans les années 60. Dans les marchés de créneaux, les logements en copropriété ont intégré nombre de caractéristiques propres aux constructions de densité moyenne. Pratiquement tous les aménagements de logements multiples de faible

ou de moyenne hauteur accordent une importance accrue aux espaces extérieurs et à l'intimité. Les maisons en bande superposées se sont avérées une solution de rechange heureuse aux appartements sans ascenseur, parce qu'elles offrent, sur une surface égale, la possibilité d'éliminer les corridors et les entrées communes, et qu'elles permettent une plus grande individualité, des accès au niveau du terrain et une meilleure utilisation des espaces extérieurs. En outre, la chute du pouvoir d'achat durant les années 90 a favorisé, dans le domaine de la construction de maisons pour accédants à la propriété, le retour des logements mitoyens et liés, plus individualisés.

Les nouvelles approches de la rénovation urbaine

Le mariage de programmes d'amélioration du gouvernement, de la croissance économique et de l'attrait des Canadiens pour la vie urbaine a entraîné une renaissance dans la plupart des centres urbains. Les exemples les plus éloquents sont le secteur Cabbagetown à Toronto, le secteur Gastown à Vancouver, Le Vieux Montréal et le district des entrepôts de Winnipeg. Les plus petites villes ont aussi fait des efforts pour revitaliser leurs rues principales, afin de concurrencer de façon plus efficace les centres commerciaux des banlieues. Les logements dans les centres-villes représentent un élément important de la revitalisation urbaine dans la majorité des cas. On se fonde sur le principe selon lequel des centres-villes peuplés 24 heures par jour plutôt que de 8 h à 17 h sont bénéfiques pour la vitalité économique et rendent l'environnement plus sûr.

Le changement de cap vers la restauration et les constructions intercalaires

La volonté durant l'après-guerre d'éliminer les taudis — on démolissait les quartiers détériorés et on installait des tours d'habitation — a été étouffée à la fin des années 60 par les groupes communautaires et la découverte qu'il était très rentable de restaurer les logements existants. Les aménagements à haute densité en hauteur sont dorénavant perçus comme un facteur aggravant plutôt que comme une solution aux problèmes sociaux et, peu à peu, on s'est mis à leur juxtaposer des immeubles intercalaires de faible ou de moyenne hauteur.

Le projet de restauration Strathcona a marqué un point tournant dans les politiques de rénovation urbaine. Ce secteur résidentiel en ruines, qui abritait la communauté chinoise de Vancouver, a subi les activités de reconstruction de la ville, qui y installa des logements publics de densité moyenne et élevée à la fin des années 50 et dans les années 60. Cédant à l'opposition des résidents, orchestrée par la Strathcona Property Owners and Tenants Association (SPOTA), la SCHL impose un moratoire sur les constructions en 1969 et met en place un projet de restauration communautaire, sous la gouverne conjointe de la ville, de la province, de la SCHL et de la SPOTA. C'est un exemple précoce de la participation des citoyens à la planification des projets au Canada. Entre 1972 et 1974, des fonds publics sont investis dans le rehaussement des infrastructures; des bourses et des prêts sont accordés aux propriétaires et aux propriétaires-bailleurs pour les réparations des logements, et un parc linéaire et un terrain de jeux sont installés.

Photo 12 :
Le Strathcona Rehabilitation Project, à Vancouver, en Colombie-Britannique, s'avère un point tournant en matière de politique de rénovation urbaine puisque les citoyens sont invités à participer au processus de planification

Au total, 30 p. 100 de l'ensemble des logements ont été restaurés et beaucoup plus encore ont été améliorés sans aide. Des logements intercalaires ont aussi été construits. Ainsi, le secteur Strathcona a beaucoup plus d'attrait et les prix de revente sont en hausse. Plus important encore, le projet a servi de modèle pour l'élaboration du PAREL [8].

Des approches sensibles au contexte, axées sur les constructions intercalaires, sont vantées dans des publications de la SCHL [9]. De nombreux organismes provinciaux du secteur de l'habitation participent aussi à des projets de construction intercalaire, l'un des plus actifs étant la Société d'habitation et de rénovation du Manitoba. Celle-ci parraine un concours de conception en 1982, qui a donné lieu à des conceptions extrêmement intéressantes pouvant être intégrées dans les anciens quartiers de Winnipeg. La SCHL a de plus donné de nombreux conseils relativement à l'amélioration des anciens logements [10].

Les retombées du PAQ, du PAREL et du PCEC

Le Programme d'amélioration des quartiers (PAQ), dirigé par la SCHL entre 1973 et 1978, donne de l'aide aux municipalités pour l'amélioration des quartiers existants, en partageant le financement pour les installations sociales et récréationnelles et les services municipaux. Au total, les subventions des trois échelons de gouvernement ont totalisé 500 millions de dollars environ, qui ont été versés à 475 projets dans plus de 300 municipalités.

Le Programme d'aide à la remise en état des logements (PAREL), adopté comme programme conjoint au PAQ, vise en principe l'amélioration de la santé, de la sécurité, de l'apparence et de l'efficacité énergétique des logements non conformes et détériorés. Divers éléments du programme sont axés sur les propriétaires, les propriétaires-bailleurs et, plus tard, sur les personnes handicapées. Jusqu'au milieu des années 90, le PAREL a permis l'amélioration de plus de 400 000 logements, et a engendré 2,58 $ de dépenses dans le secteur privé pour chaque dollar investi par le gouvernement. Le programme a été la base d'une formation à l'intention des inspecteurs et des spécialistes de la rénovation.

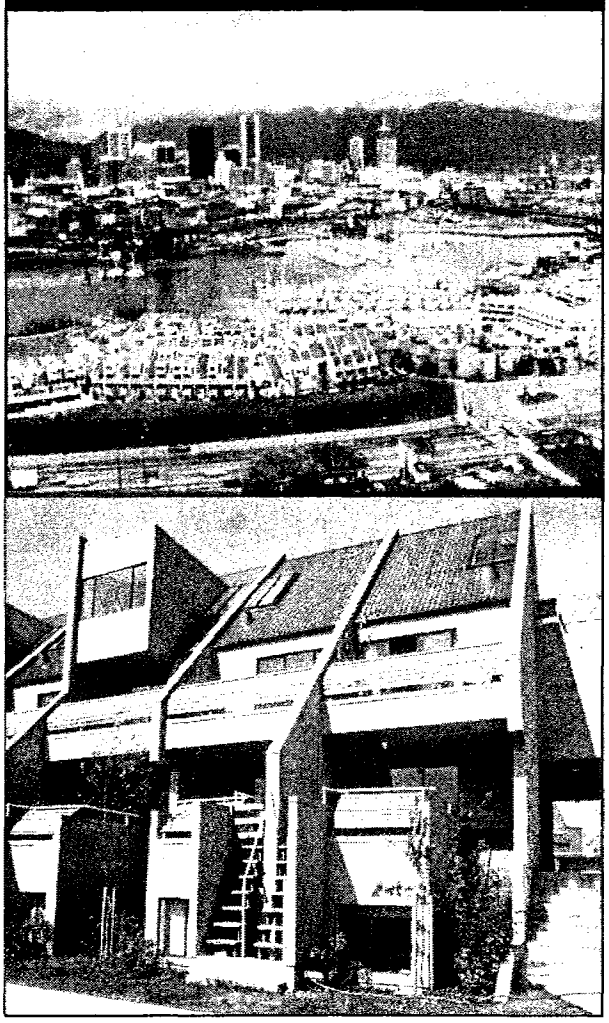
Après la disparition du PAQ, le Programme de contribution pour les équipements communautaires (PCEC) accorde des subventions en bloc aux provinces entre 1979 et 1984, en vue d'aider les municipalités à effectuer des améliorations des quartiers et des infrastructures; le programme a été utilisé pour 3 500 projets environ. Les incidences combinées de ces programmes fédéraux ont joué un rôle très important dans l'établissement de la restauration comme approche de choix du réaménagement urbain [11].

La désindustrialisation et la reconstruction des centres-villes

Le déclin et l'enlèvement progressif des anciennes infrastructures industrielles dans la plupart des villes, de concert avec la primauté des emplois dans les secteurs des services, des finances et de la haute technologie, ont provoqué le changement du type de logement requis. Les cols blancs ont remplacé les cols bleus, un phénomène qui a accéléré la conversion de logements plus anciens — souvent divisés en appartements — en logements unifamiliaux haut de gamme et la construction de logements en copropriété de luxe dans les centres-villes. La reconstruction sur des terrains qui logeaient autrefois des industries et des installations de transport ont permis de revitaliser les noyaux urbains et d'y intégrer des aménagements de qualité supérieure. Le secteur Harbourfront, à Toronto, qui comporte des appartements de luxe, des bureaux à loyer élevé, des hôtels, des boutiques et des installations de loisirs, entre le secteur des gratte-ciel et le lac Ontario, constitue l'un des exemples les plus impressionnants de ce mouvement au Canada.

De nombreux projets importants ont pavé la voie à de tels aménagements dans les centres-villes, qui à un certain moment ne semblaient ni réalisables ni possibles pour la majorité des villes américaines.

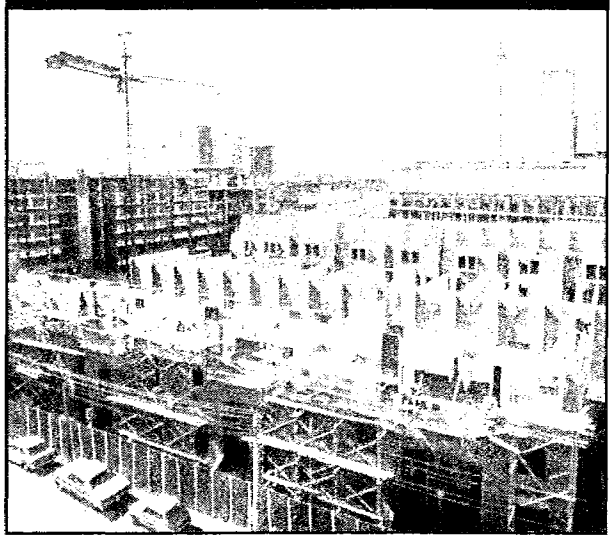
Photo 13 :
L'aménagement False Creek de Vancouver transforme, dans les années 70, un emplacement industriel abandonné près du centre-ville en milieu très convoité pour la vie urbaine. On y intègre 1 800 logements sous diverses formes d'habitation et d'occupation



Le plus remarquable a sans doute été le projet False Creek, à Vancouver. Dans les années 60, le bassin False Creek était une zone industrielle délaissée à proximité du centre-ville de Vancouver. La ville a coordonné l'acquisition des terrains et, en 1973, a commencé la reconstruction sur 21 hectares sur la rive sud, à l'aide de fonds provenant de programmes fédéraux sans but lucratif distribués par la SCHL. L'un des principaux objectifs est de créer une communauté sociale mixte. False Creek a été un succès, car le projet a permis d'atteindre des densités élevées avec la construction de bâtiments de faible et de moyenne hauteur, de deux à dix étages. Le secteur intègre divers types de logement et de modes d'occupation, créant un environnement urbain très attrayant. Au total, 1 800 logements ont été construits [12].

De façon similaire, le projet St. Lawrence, à côté du St. Lawrence Market à Toronto, offre un mélange de logements sociaux et du marché dans un environnement dense, sans qu'on ait à construire des tours élevées. La construction a débuté en 1977 et 3 500 logements dans des immeubles de trois à huit étages ont été produits, parmi lesquels on a intégré des espaces commerciaux de bonne envergure [12].

Photo 14 :
L'ensemble St. Lawrence, au centre-ville de Toronto (Ontario), est constitué de logements sociaux et du marché ainsi que d'espaces commerciaux situés dans des bâtiments de huit étages et moins



Un autre exemple, commencé à la fin des années 70 dans le mouvement de revitalisation du Vieux Port de Montréal, a été Le Cours St-Pierre, qui regroupe six entrepôts industriels convertis en immeubles résidentiels et à usage mixte [13].

Les influences internationale et environnementale sur la planification au Canada

Les tendances internationales dans le domaine de la planification

La croissance des banlieues après la guerre suivait l'approche de la « ville-jardin », née en Angleterre au début du siècle et très en vogue aux États-Unis dans les années 20. La construction du secteur Don Mills à Toronto dans les années 50 est un exemple de cette approche au Canada. Par la suite, beaucoup de concepts de design qui visaient à augmenter la densité des banlieues, tels que les maisons en grappes et d'autres formes d'aménagement urbain planifié, ont aussi inspiré des promoteurs canadiens. La copropriété, un concept qui est né aux États-Unis et qui visait à tirer profit de la déduction des intérêts hypothécaires aux fins d'impôt, a aussi été importée au Canada et a provoqué l'intensification de la construction de logements en copropriété dans les villes importantes durant les années 80. La reconstruction des villes européennes après la guerre — typiquement beaucoup plus denses que les villes nord-américaines — fournit des exemples de solutions de rechange pour des formes de logements à moyenne et à haute densité.

À la fin de cette période, l'insatisfaction croissante aux États-Unis envers les approaches en matière d'aménagement et leurs effets négatifs sur la qualité de vie ont contribué à un nouveau mouvement de planification néo-traditionnel. Les néo-traditionnalistes rejettent le modernisme et les aménagements avec des rues en cul-de-sac propres aux villes-jardins, et préconisent le retour aux approches en vogue à la fin du XIXe siècle. Ceux-ci mettaient l'accent sur des aménagements compacts, une grille de rue rectiligne, des densités plus élevées, un mélange des types de logements et de lieux de travail, l'orientation de rues qui réduisaient les marges de reculement et les zones de stationnement et de service arrière, des rues principales et des places. Au milieu des années 90, plusieurs communautés néo-traditionnelles ont été planifiées ou réalisées à Vancouver, à Toronto, à Calgary et à Edmonton.

La planification plus durable

L'intérêt planétaire envers l'environnement et la durabilité a favorisé la mise en place de nouvelles normes de planification relatives à l'aménagement et à l'utilisation des terrains, qui visent la réduction du gaspillage des terrains et l'augmentation des densités. On trouve un exemple de cette nouvelle tendance dans la municipalité régionale d'Ottawa-Carleton, qui propose des emprises plus étroites, des marges de reculement réduites et des terrains plus petits. Les questions liées aux « écosystèmes » intégrées dans la planification sont prises en compte dans les principales études, telles que celle de la Commission royale d'enquête sur l'avenir du Waterfront à Toronto. La SCHL a entrepris des expériences pilotes relatives à des formes durables d'aménagement des banlieues, où l'on trouve des poches de densité mixte, des « environs métropolitains » et d'autres formes d'« intensification » [14].

Cependant, malgré les nombreuses études, propositions et conférences, ces soucis environnementaux ont provoqué très peu de changements dans les méthodes de planification en usage au milieu des années 90. La population canadienne et les politiciens à l'échelon municipal, s'ils reconnaissent et appuient le concept du développement durable, sont très peu ouverts aux changements qui sont perçus comme ayant une incidence sur la valeur des propriétés à l'échelon local ou sur le caractère d'un quartier. D'une certaine façon, le débat est resté rhétorique. Actuellement, la population canadienne se stabilise et le nombre de mises en chantier est en déclin, ce qui laisse présager que les modèles d'aménagements existants, qui nous viennent des années 50 et de l'après-guerre, et qui sont à l'origine de plus des trois quarts du parc immobilier total, resteront une caractéristique dominante des villes canadiennes durant les décennies à venir.

4. LE LOGEMENT EN ÉVOLUTION

Des facteurs démographiques, le style de vie et des changements dans le domaine de la planification ont influencé la conception des logements, leur taille, leur apparence et les équipements dont ils sont dotés. Les prochaines pages font un résumé des facteurs qui expliquent ces phénomènes ainsi que les résultats obtenus.

La taille et la forme des maisons, et les équipements installés

Des designs abordables

L'abordabilité a constitué l'élément clé durant cette période de 30 ans, en raison surtout du nombre élevé de membres de la génération du baby-boom qui arrivaient sur le marché de l'immobilier. La taille des maisons a très peu augmenté durant les années 50, 60 et 70, années où la taille moyenne est passée de 100 à 110 m². La SCHL encourage la production de maisons modestes bien conçues, et perpétue cette tradition en publiant des plans intitulés *Modèles de petites maisons* au milieu des années 60. Cette publication reflète la tendance de plus en plus marquée vers l'augmentation d'un mélange des types de maisons dans les banlieues, dont des bungalows, des bungalows avec entrée à mi-étage et des maisons à deux étages. La suite, parue en 1977 et également intitulée *Modèles de petites maisons*, poursuit encore la tradition et met l'accent sur des logements avec entrée à mi-étage et des maisons jumelées.

Dans les années 70, la taille moyenne des logements diminue, en raison du nombre élevé de petites maisons subventionnées par le PAAP et L'IRLM. Dans les aménagements à densité moyenne, les aménagements sont compacts, dotés de corridors avec une superficie minimale, des chambres d'enfant petites, des cuisines fonctionnelles et des armoires et des aires de rangement bien planifiées. Pour favoriser la conception de logements fonctionnels, qui optimisent les superficies limitées, la SCHL produit des publications qui proposent des plans d'aménagement détaillés des chambres et du mobilier [1].

Maisons gigantesques et de luxe

Dans les années 80, l'effet cumulatif de la richesse croissante des Canadiens durant les années 60 et 70 provoque l'augmentation de la taille des maisons, et les constructeurs accordent de plus en plus d'intérêt au marché orienté vers le haut de gamme et les familles à double revenu. Les acheteurs de maison de la génération du baby-boom ont beaucoup moins d'enfants mais beaucoup plus de possessions que leurs parents. La taille moyenne des maisons est passée à 185 m² environ. En outre, ces maisons plus neuves ont deux étages ou deux étages et demi et leur toit est beaucoup plus élevé; elles sont dotées de garages pouvant abriter plus d'une voiture. Tous ces éléments contribuent à donner une apparence beaucoup plus imposante aux nouvelles maisons que celles de l'après-guerre.

Photo 15 :
La prospérité des années 80 entraîne une augmentation de la taille moyenne des maisons et la construction de ce que l'on appellera des « maisons monstres »

Ces « maisons monstres », construites particulièrement dans les marchés en effervescence de Toronto et de Vancouver à la fin des années 80, ont des superficies allant de 280 à 470 m². Parce qu'elles apparaissent souvent disproportionnées sur des terrains de banlieue minuscules et qu'elles sont intercalées dans des

secteurs plus anciens, elles sont la cible de critiques virulentes de la part du public.

La richesse des Canadiens les a aussi éloignés du modernisme fonctionnel, plutôt simple et minimaliste qui a marqué les années de l'après-guerre, et a provoqué l'engouement pour le luxe, le confort, des structures plus élaborées et plus décorées. Les nouvelles maisons comprennent plus d'équipement : des salles de bains plus nombreuses et plus imposantes, des baignoires de massage, des systèmes de climatisation d'air centraux, des armoires de cuisine plus nombreuses et plus d'appareils, des penderies spacieuses, des aspirateurs centraux et un foyer, voire plusieurs. La chambre des parents est énorme. Beaucoup de maisons comportent une entrée spacieuse, avec des escaliers imposants du style « Autant en emporte le vent ». Les matériaux de finition de qualité supérieure tels que le bois de feuillus, les carreaux de céramique, les dalles pour le pavage, la brique et les peintures et les papiers peints texturés sont désormais des arguments de vente. De plus en plus, les maisons doivent comporter une pièce pour loger les systèmes de cinéma maison à vaste écran, des chaînes audiophoniques perfectionnées, divers équipements de bureau et systèmes informatiques.

À l'instar des maisons de faible hauteur, les appartements — du moins ceux qui ont été construits sous forme de logements en copropriété — sont devenus plus grands et plus luxueux. En plus des améliorations au logement individuel, telles que des chambres principales doubles, des baignoires additionnelles, des coins de repos et des chambres d'invités et des solariums, les promoteurs offrent des équipements communs en plus grand nombre, tels que des installations de loisirs bien fournies et des salles de réception.

L'incidence de la réduction de la taille des terrains

Des devantures plus étroites, rendues nécessaires par la montée en flèche des prix des terrains dans les villes dans les années 70, posent un autre défi très important pour la conception de logements. Combinée à la tendance aux logements plus grands et à la préférence persistante pour des logements distincts, l'incidence la plus évidente de la diminution des terrains a été une transition progressive (à l'exception des zones rurales, où les terrains sont restés imposants) vers des bungalows, des bungalows à entrée à mi-étage orientés latéralement par rapport au terrain et à des maisons à deux étages orientées de façon longitudinale. Cette tendance provoque le retour à la monotonie et à un paysage de rue dominé par les garages. On a de la difficulté à insérer tant bien que mal une fenêtre et une entrée dans ce qui reste de la façade de la maison. Comme solution à ces restrictions très sévères, certains constructeurs ont choisi d'élargir les terrains et d'en réduire la profondeur dans les années 90.

Photo 16 :
La réduction en largeur des terrains, destinée à contrer l'escalade des prix en milieu urbain, transforme le paysage de rue de certains lotissements, car les garages sont placés à l'avant

Pour ce qui est des ensembles collectifs multiples, la SCHL a fait la promotion du concept des maisons en bande très étroites dans le projet de démonstration des immeubles LeBreton. Le mariage d'un modèle à entrée à mi-étage dos-à-dos, doté de puits de lumière au-dessus des cages d'escalier, de terrasses au-dessus de l'abri de voiture et d'aires ouvertes a permis de créer des intérieurs très éclairés et très agréables malgré une devanture de 3,6 m seulement. Le programme des maisons évolutives de l'université McGill propose aussi des devantures étroites pour des

maisons d'accédants à la propriété qui pourraient être construites comme des logements individuels ou comme des logements en rangée [2].

Photo 17 :
La « Maison évolutive » de l'université McGill répond à la demande de maisons pour accédants à la propriété construites sur des terrains étroits. Elles peuvent prendre la forme de maisons en rangée ou de maisons individuelles

La conception adaptée aux styles de vie en évolution

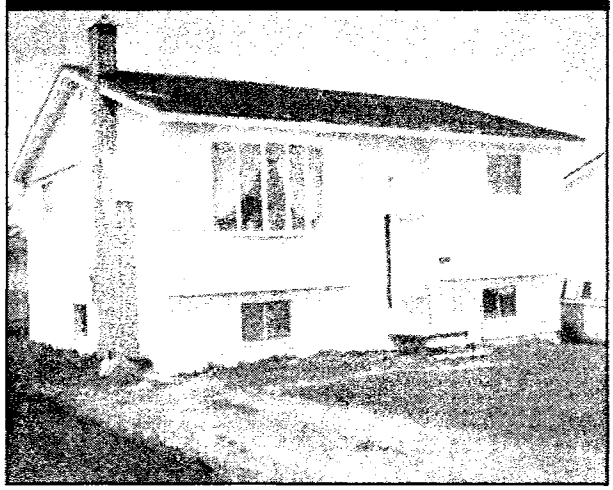
L'utilisation de l'espace

Le temps de plus en plus important accordé à la carrière et la révolution féminine signifient que l'on a moins de temps à consacrer à la maison et qu'il faut compter sur des cuisines plus fonctionnelles, avoir plus d'espace pour les appareils utilitaires et des espaces de stationnement plus importants pour loger plus de voitures. Les plans qui favorisaient les aires ouvertes dans les années 60 se sont peu à peu transformés en des plans hybrides qui mélangent les aires ouvertes et des aménagements traditionnels, dans lesquels les salles de séjour et les salles à manger beaucoup moins souvent utilisées sont reléguées à l'avant et ou l'intérieur de l'étage principal, et ou l'aire regroupant cuisine-coin repas et aire familiale plus vaste est située à l'arrière. Les cuisines, qui sont devenues beaucoup plus fonctionnelles mais plus petites immédiatement après la guerre, ont repris de l'ampleur et de l'importance comme élément central du foyer; on y accueille des invités de façon informelle tout en préparant le repas devant eux.

Le rôle évolutif du sous-sol

Le sous-sol, qui permet d'ajouter de l'espace de façon économique pour une foule de fonctions familiales, a pris de l'importance durant les années 60 et 70. Les plans prévoient des plafonds plus élevés et un contrôle accru des niveaux d'humidité et de la chaleur. Très bientôt, s'y entassent les salles de loisirs, les ateliers, les chambres noires, les chambres pour les adolescents et des espaces pour d'autres activités. Les conceptions innovatrices pallient le manque de lumière naturelle. Les logements à entrée à mi-étage ou les hautes maisons de style ranch, avec des entrées à mi-étage et des fondations moins profondes, facilitent l'installation de fenêtres larges dans les sous-sols, et l'aménagement de chambres supplémentaires.

Photo 18 :
Les maisons avec entrée à mi-étage permettent d'aménager de plus grandes fenêtres au sous-sol et offrent plus de possibilités sur le plan des espaces habitables



Ces modèles conviennent parfaitement pour les familles à revenu modeste, et sont devenus très recherchés dans les Prairies. De même, les maisons avec entrée à mi-étage font ressortir la moitié du sous-sol, qui devient de ce fait mieux éclairé et beaucoup plus facile à habiter. Quand

les consommateurs ont commencé à préférer les maisons plus grandes et plus luxueuses dans les années 80, les pièces qui se trouvaient traditionnellement au sous-sol, comme la salle familiale, la salle de lessive et la quatrième chambre ou le coin repos, ont été réinstallées aux étages supérieurs. De nouveau, les sous-sols sont vides, bien qu'on les considère toujours essentiels dans toutes les régions, sauf en Colombie-Britannique.

L'accumulation de plusieurs fonctions sous un même toit

À la fin de la période de référence, on utilise les maisons de façon plus intensive. Les progrès rapides dans la technologie des ordinateurs et des communications à la fin des années 80 et au début des années 90, mariés à des structures plus informelles dans les milieux de travail, ont provoqué l'apparition des bureaux à domicile pour des travailleurs autonomes ou pour le télétravail. Beaucoup de constructeurs font des bureaux situés à l'étage principal des arguments de vente. Les logements supplémentaires, souvent illégaux mais tolérés de façon ouverte, ont refait surface comme source principale de logement abordable. Ce phénomène a connu une ampleur particulière en Ontario après une reconnaissance officielle dans les années 90; ils servent aussi d'espaces supplémentaires où loger des parents vieillissants.

L'importance de l'automobile

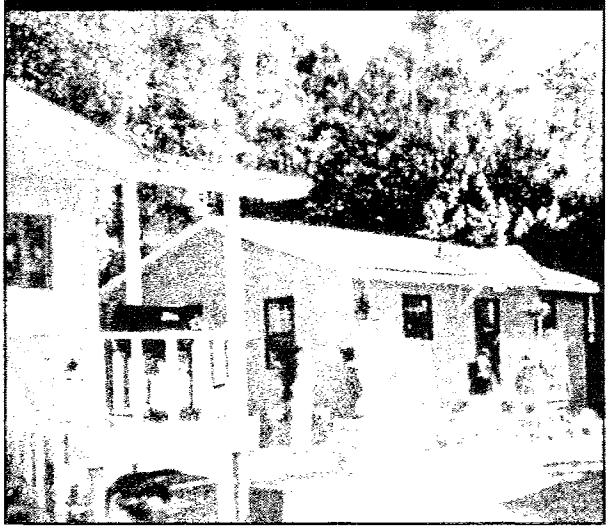
La dépendance continue sur les déplacements quotidiens fait augmenter le nombre de voitures par ménage et, par conséquent, la nécessité de disposer de davantage d'espaces de stationnement. Les abris de voitures et les entrées ouvertes des années 50 et 60 sont remplacés par des garages pouvant accommoder plusieurs voitures, qui dominent souvent le paysage des rues de banlieue. Dans les ensembles collectifs, l'absence de stationnement pour les visiteurs et pour une deuxième voiture continue de poser un problème sérieux, et les habitants affichent un degré d'insatisfaction généralisé parce que l'absence de stationnements intérieurs pose des problèmes de sécurité et de vandalisme.

Des logements pour les personnes âgées et les personnes handicapées

La reconnaissance du besoin d'augmenter l'accessibilité à des logements non institutionnalisés pour les personnes handicapées a donné naissance au concept des bâtiments à accès facile dans les années 70. Un nombre plus important d'appartements et de logements sociaux sont dotés de portes plus larges, d'espaces vastes où il est facile de tourner avec un fauteuil roulant, ainsi que des cuisines et des salles de bains plus accessibles. Le document de la SCHL, *Logements pour les handicapés,* offre des orientations relatives à la conception [3]. L'ACHDU a construit une maison de démonstration en 1975 qui favorise l'autonomie des personnes se déplaçant en fauteuil roulant.

Le vieillissement de la population et l'importance désormais reconnue de permettre aux personnes de « vieillir chez elles » ont intensifié davantage les projets de modèles de maisons accessibles. La SCHL a effectué des recherches approfondies durant cette période sur les choix de logements offerts aux personnes âgées. Le document *Les logements pour personnes âgées*, publié pour la première fois en 1970, a été suivi par de

Photo 19 :
Des démonstrations de pavillons-jardins, comme cette initiative issue du programme ACT à Fredericton au Nouveau-Brunswick, favorisent l'acceptation plus large de cette forme de logement pour les personnes âgées



nombreux guides, y compris des conseils sur l'adaptation des logements [4]. Les projets de démonstration de la SCHL ont exercé une influence considérable. Dans les années 80, les pavillons-jardins encouragent l'acceptation de cette forme de logements pour les personnes âgées dans de nombreuses municipalités [5]. Le projet conjoint ACCH/SCHL de maisons de démonstration Charlie, en 1989, illustre le concept de la maison adaptable pouvant être divisée en deux parties séparées [6]. Dans les années 90, le guide *Visite libre* propose des solutions d'accessibilité et d'autonomie pour les personnes ayant diverses formes de handicaps.

La conception assistée par ordinateur

Dans les années 90, l'apparition sur le marché de logiciels de conception assistée par ordinateur (CAO) puissants et faciles à utiliser facilitent l'adaptation des logements aux modes de vie et aux goûts de chacun. Même les petits constructeurs ont commencé à offrir des modèles informatisés à des acheteurs éventuels.

Les tendances dans la conception et les traditions

Les influences internationales

L'influence des tendances architecturales internationales sur le logement canadien a toujours été plutôt effacée et indirecte. Le mouvement moderne ou international, développé au début du XXe siècle, a dominé dans le secteur des immeubles commerciaux et institutionnels après la Seconde Guerre mondiale. L'expression du modernisme dans les immeubles résidentiels, incarné par les conceptions de l'architecte américain Frank Lloyd Wright, a influencé les bungalows de style ranch qui dominent dans les banlieues canadiennes au cours des années 50 et 60; ils sont caractérisés par des profils bas, des lignes nettes, des plans ouverts. Ces designs ont évolué vers les modèles plus contemporains des années 70, qui sont caractérisés par des toits à claire-voie, des formes géométriques simples, des fenêtres verticales et droites, des revêtements extérieurs en bardages de cèdre en diagonale, des portes coulissantes et des terrasses.

Les styles traditionnels

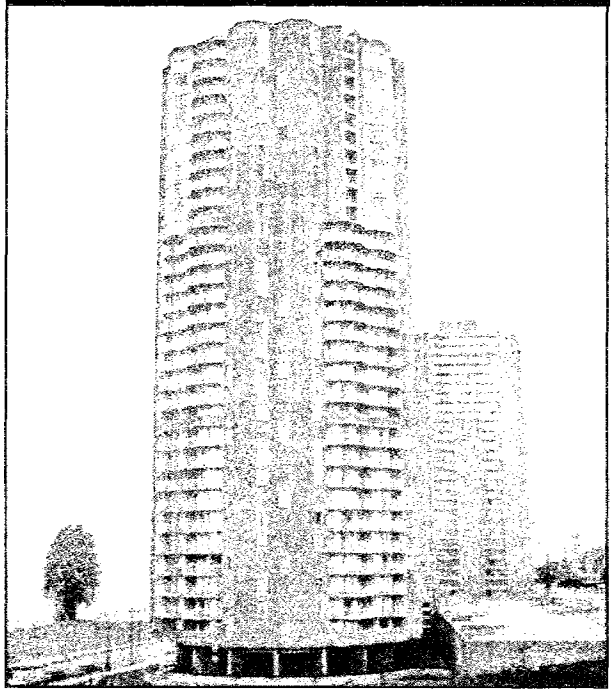
Durant toute cette période, malgré un nombre important de projets personnalisés à la fine pointe du modernisme — ou plus tard, du postmodernisme et du déconstructivisme — les préférences en matière d'habitation restent traditionnelles, très peu influencées par des considérations architecturales. L'attrait des styles traditionnels tels que les styles colonial, victorien, le style géorgien et Cape Cod est demeuré très fort, malgré des décennies de critiques de la part des architectes. Pour ces derniers, c'est tout juste un placage de décorations. Dans les années 80, la combinaison des grandes maisons carrées installées sur des petits terrains et du retour à des valeurs plus conservatrices ont sonné le rejet total de la part des acheteurs de maisons et des constructeurs du style moderne, perçu comme étant trop froid. Les styles traditionnels ont refait surface. Des motifs de brique élaborés, des dentelles de bois, des porches, des fenêtres à carreaux, des toitures à lucarnes et des coupoles — avec des degrés divers de fidélité historique — caractérisent les façades de nombreuses maisons neuves dans les années 90. Les critiques ont décrété que cette approche de la conception s'apparentait aux décors de Hollywood parce que, dans tous les aménagements, à l'exception des aménagements haut de gamme, les côtés et l'arrière sont en bardage de vinyle.

Les façades des immeubles à appartements

De même, l'extérieur des premières tours d'habitation dans les années 60 est souvent recouvert de béton apparent, un reliquat de l'architecture « brutaliste ». Ce revêtement a progressivement été remplacé par la brique, le béton préfabriqué et par la nouvelle technique d'isolation et finition extérieures. Si les dalles rectangulaires sont restées d'usage courant, l a croissance du marché des logements en copropriété dans les années 70 et 80 a stimulé l'utilisation de formes plus variées, y compris des entretoises d'assemblage de pointe (les tours d'habitation avec un nombre minimal de logements par étage, ce qui augmente l'exposition de plusieurs façades), des formes géométriques et des immeubles en terrasse qui viennent adoucir

l'aspect massif de ces immeubles. Les tours à assemblage en pointe sont particulièrement recherchées à Vancouver, en raison de l'importance des paysages. Des éléments du style postmoderne, tels que les arches, les baies palladiennes et les colonnes décoratives, ont souvent été intégrés dans les maisons des années 80, notamment à l'entrée et dans les appartements avec terrasse (*penthouse*).

Photo 20 :
Cet immeuble situé à Vancouver en Colombie-Britannique, représente bien l'abandon des configurations de plancher rectangulaires pour la construction d'immeubles de logements en copropriété afin de maximiser l'exposition des façades



Les influences nationales sur le design

Habitat, un ensemble immobilier modulaire expérimental de type « jardins-dans-le-ciel », conçu par Moshe Safdie pour l'Exposition 67 à Montréal, a probablement été l'ensemble canadien le plus en vue dans les milieux internationaux du design, mais l'expérience n'a pas été répétée. Le travail de l'architecte Arthur Erickson a été beaucoup plus marquant. Il a donné le ton si particulier aux habitations de

Photo 21 :
L'expérience de Moshe Safdie dans le domaine des maisons modulaires, appelée Habitat, est en vedette à l'Expo 67 de Montréal au Québec

la côte ouest, si approprié dans le paysage accidenté de la Colombie-Britannique, qui a dominé dans le concours de design résidentiel. D'autres parties du pays ont aussi conservé leurs couleurs régionales sur le plan du design, souvent en tirant profit d'éléments de leur patrimoine, comme c'est le cas des lambris en planches étroites et des toits escarpés dans les provinces de l'Atlantique, des frontons victoriens et des dentelles de bois en Ontario, et des toits à la Mansard au Québec.

Le Conseil canadien de l'habitation (CCH) a joué un rôle primordial dans la reconnaissance et la diffusion des solutions innovatrices aux difficultés de design, par le biais de son programme de récompenses et de ses publications, jusqu'à ce qu'il soit démantelé au début des années 80. Dans le secteur des logements collectifs, où les architectes sont plus impliqués, le CCH a joué un rôle particulièrement précieux en faisant la promotion de nouveaux concepts auprès d'un public national. L'Institut royal d'architecture du Canada (IRAC) et des associations architecturales provinciales ont comblé le départ du CCH en offrant des programmes de récompenses similaires. Des récompenses annuelles dans le domaine du design, parrainées par des associations locales

de constructeurs de maisons associés à l'ACCH, ont aussi encouragé l'émergence de modèles attrayants et fonctionnels.

À la fin des années 80 et dans les années 90, le Programme des prix d'excellence en habitation de la SCHL a rempli un rôle similaire, en offrant des récompenses bisannuelles axées sur des groupes d'utilisateurs particuliers, tels que les personnes âgées, les personnes handicapées, les Autochtones et les jeunes familles.

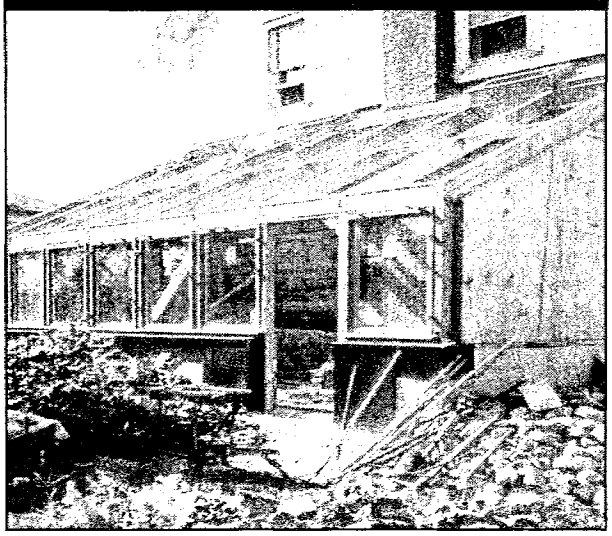
L'incidence de l'efficacité énergétique sur la conception

L'apparence de certains des premiers projets de maisons de démonstration éconergétiques à la suite de la crise de l'énergie plaisait probablement aux mordus de l'environnement, mais certainement pas au public, qui n'a pas été impressionné par des façades au nord sans fenêtres, des capteurs solaires massifs ou des logements souterrains. Reconnaissant l'importance de l'attrait pour les consommateurs, la SCHL, par le biais de ses publications telles que *Modèles de maisons solaires passives pour le Canada* [7], de concert avec EMR et l'ACCH, par le biais du programme R-2000, a fait la promotion de l'intégration des éléments éconergétiques dans la conception de maisons de style plus conventionnel. Le Programme R-2000 fait l'objet d'une discussion plus détaillée dans la partie IV de ce rapport. L'utilisation de solariums ou d'une quantité accrue de vitres au sud est en règle générale subtile et très bien intégrée. Pour ce qui est des maisons grand public, la sensibilisation à la nécessité d'économiser l'énergie a aussi influencé la conception. Même si les raisons énergétiques ne sont pas seules en cause, les grandes surfaces vitrées, les plafonds cathédrales et les surfaces étendues qui ont marqué les années 60 sont remplacés par des fenêtres de dimension plus modeste et des forme plus compacte.

La transformation des vieilles maisons

Le boum de la rénovation a favorisé la transformation du parc immobilier existant : la moitié du volume de dépenses est consacrée aux ajouts et à des rénovations majeures. Les améliorations les plus courantes sont fonctionnelles, touchant surtout les cuisines et les salles de bains. Les plus petites maisons sont agrandies vers l'arrière; on ajoute des salles familiales et on agrandit les chambres principales. Au-dessus des bungalows et des garages, on ajoute des chambres à coucher. On agrandit les surfaces habitables extérieures, au moyen de

Photo 22 :
Les solariums sont fréquemment ajoutés aux maisons anciennes



vérandas, de solariums et de terrasses. Les éléments de construction, notamment les fenêtres, les auvents, les bardages, le revêtement de sol et les finitions intérieures sont améliorés ou remplacés de façon continue. Dans certains cas, on restaure l'apparence traditionnelle et, dans d'autres cas, on la change radicalement. Dans les années 90, les acheteurs de maisons trouvent très rarement une ancienne maison qui n'a pas été rénovée ou modifiée au moins partiellement.

PARTIE III

INNOVATION EN MATIÈRE DE PRODUCTION

Les années d'après-guerre se caractérisent par un accroissement énorme de la capacité de production de logements au Canada et par une révolution dans les méthodes de construction qui entraînent une réduction significative de la main-d'œuvre sur place. Bon nombre de ces changements sont décrits dans *Deux décennies d'innovation en technologie du bâtiment de 1946 à 1965*. La section III du présent rapport en poursuit l'historique pour les années 60 et le début des années 70, période où ont pris racine les principaux changements sur le plan de la production. On y traite aussi brièvement d'autres changements survenus un peu plus tard, bien que la période des années 70 aux années 90 se caractérise davantage par des améliorations à la performance qu'à la production de logements, comme on peut le voir de façon détaillée dans la section IV. La section III s'inspire largement du Document de travail n° 2 de *L'industrie du logement : perspectives et prospectives* [1].

5. L'ÉPOQUE DES GRANDS CONSTRUCTEURS

Au milieu des années 60, les principaux constructeurs pensent régner en maîtres sur une machine de production qui évolue à toute vitesse, qui ne compte que quelques grands producteurs de plus en plus enracinés dans des procédés de fabrication en usine ou des procédés similaires, construisant des maisons avec de nouveaux matériaux plus imperméables et beaucoup moins de main-d'œuvre. Il en va de même des constructeurs d'immeubles à appartements au milieu des années 60 : tout est en place pour la mise en œuvre d'une machine de production plus rapide et davantage axée sur la production en usine — le tout menant à la construction des tours de 50 étages, que les générations précédentes n'auraient pu imaginer.

Les principaux constructeurs de maisons continuent d'être efficients de réaliser des économies, mais n'avancent pas beaucoup. Une grande partie de l'histoire se traduit non seulement par l'intégration toujours plus grande d'un « contenu usiné », qui a profité à l'ensemble de l'industrie (voir le tableau 1), mais aussi par la lutte des innovateurs pour atteindre l'objectif mal défini de fabriquer une maison complètement usinée. Cette lutte illustre bien l'évolution technologique irrégulière de l'ensemble de l'industrie à l'échelle du Canada, aux prises avec des contraintes réelles ou apparentes.

Tableau 1 :
Résumé des changements qui ont dominé la production de logements

Élément	Milieu des années 40	Milieu des années 60
Excavation	Le bulldozer remplace la niveleuse hippomobile. Le creusage et le façonnage à la pelle	Le bulldozer cède la place à la rétrocaveuse disparaissent.
Sous-sol	Les blocs de béton sont remplacés par le béton coulé, mélangé sur le chantier, avec des coffrages construits sur place. Début de l'utilisation du béton malaxé pendant le transport et des . coffrages de contreplaqué huilé. On trouve encore des planchers en terre battue.	Béton malaxé pendant le transport et coffrages préfabriqués en contreplaqué. Les blocs sont encore utilisés en régions rurales et les coffrages en panneaux sont encore utilisés dans la région de l'Atlantique. Dalles de béton.
Ossature murale	La plupart des constructeurs utilisent l'ossature à plate-forme, mais certains utilisent encore l'ossature à claire-voie. Dans l'Ouest, on utilise déjà la mise en place par relèvement et le processus de « ligne de montage stationnaire ».	Poteaux précoupés, mis en place par relèvement. « ligne de montage stationnaire » avec ordonnancement des sous-traitants. Les planchers servent de table de montage pour les murs, les cloisons et le toit.
Toit	Encore monté par des charpentiers spécialisés avec des chevrons coupés et assemblés sur place.	Dans la plupart des cas, les fermes de toit sont fabriquées en usine.
Plomberie et salles de bain	Conduit d'évacuation en fonte. Un peu d'acier galvanisé. Installation et coupe sur le site. La baignoire et les carreaux sont installés séparément.	Peu de changement, à l'exception des tuyaux de drain, de renvoi et d'évent en plastique qui qui accélèrent les travaux sur le chantier.
Électricité	En règle générale, 30 à 50 ampères.	En règle générale, 60 à 100 ampères.
Chauffage	Les calorifères sont courants	Chauffage à air pulsé et plinthes électriques. Sous-ensembles de conduites. Les cheminées préfabriquées sont de plus en plus courantes.
Intérieur	Murs et plafonds enduits de plâtre, renforcés et brossés. Revêtement de sol en bois dur ou en linoléum.	Plaques de plâtre et peinture au rouleau. Les planchers en bois dur sont encore présents, mais la moquette gagne en popularité.
Fenêtres	Encore fabriquées sur le chantier. Simple vitrage, montées verticalement, souvent avec des contre-fenêtres.	Fenêtres manufacturées, habituellement à double vitrage scellé, coulissement horizontal. Les cadres d'aluminium sont courants.
Armoires, escaliers, menuiserie	Se font sur place. Les revêtements de comptoirs sont souvent en linoléum ou en bois peint.	Manufacturés. Revêtements de comptoir en mélamine.

Tableau I (suite) :
Résumé des changements qui ont dominé la production de logements

Élément	Milieu des années 40	Milieu des années 60
Revêtement des murs et du toit	Planches usagées (souvent celles qui ont servi pour fabriquer les coffrages).	Feuilles de contreplaqué largement utilisées. Panneaux de fibres utilisés avec de la brique et du stuc.
Parement	Déclin de bois, coupé et peint sur le chantier à l'aide d'échafaudages. La brique et le stuc dominent dans certains secteurs.	L'aluminium préfini et les panneaux durs concurrencent fortement le bois. Bois et stuc fréquents au rez-de-chaussée.
Isolation	Murs non isolés ou 5 cm de laine minérale ou de copeaux. Vermiculite dans le grenier.	Encore minimale : 10 cm de matelas de fibre de verre dans les murs, 15 cm dans les plafonds. Introduction de la cellulose. Certains sous-sols sont isolés.
Pare-air et pare-vapeur	Peu connus.	Papier Kraft sur les matelas. Certains utilisent du polyéthylène de 2 mil. Les plaques de plâtre et le revêtement contribuent inévitablement à accroître l'étanchéité.
Ventilation	Naturelle.	Certains utilisent des ventilateurs d'extraction.
Ordonnancement, contrôle du chantier, établissement des coûts	À l'état rudimentaire.	En règle générale, les grands constructeurs utilisent des méthodes efficaces pour pour l'établissement des coûts et le contrôle.
Élément	**Milieu des années 80**	**Milieu des années 90**
Excavation	Aucun changement.	La rétrocaveuse est largement remplacée par l'excavateur.
Sous-sol	Essentiellement, aucun changement, mais les coffrages d'acier sont de plus en plus utilisés. Les fondations en bois traité gagnent du terrain.	Peu de changement, mais attention accrue à l'épaisseur du drainage et aux composantes de la membrane. Remplissage granulaire et polyéthylène sous la dalle. Aération et étanchage sous la dalle pour éliminer le radon.
Ossature murale	Adaptations en vue d'une isolation plus épaisse et pour réduire les ponts thermiques. Pose au pistolet automatique. Introduction des solives en bois composite. Un certain retour à la personnalisation pour construire des maisons grandes et complexes.	Ossature murale en 2 x 6 plus courante qu'en 2 x 4. Les composites de bois de haute technologie sont largement utilisés. L'ossature en acier est aussi prise au sérieux.
Toit	Fermes à chevrons élevés pour permettre	Peu de changement.
Plomberie et salles de bain	l'installation des déflecteurs de ventilation. Raccords de tuyauterie plus faciles et plus rapides à installer et toute la plomberie en plastique. Les unités baignoire-douche moulées en plastique s'imposent.	Mécanismes favorisant l'économie d'eau. Les baignoires-douches moulées en plastique et les baignoires de massage sont les nouveaux standards.
Électricité	En règle générale, 100 ampères; 200 ampères pour les maisons chauffées à l'électricité.	Éclairage et accessoires économmiseurs d'énergie. Domotique et introduction de ventilateurs et de moteurs efficaces.
Chauffage	Introduction de chaudières à moyen et à haut rendement. Le mazout est largement supplanté par le gaz naturel, là où il est disponible. Poêles à bois étanches à l'air et foyers encastrables. Cheminées et et conduits généralement préfabriqués.	Les chaudières à gaz à moyen et à haut rendement prennent le relais. Exigences en matière de résistance aux émissions. Climatisation centrale de plus en plus courante. chauffage/eau chaude sont introduits. Les Foyers au gaz sont recherchés. Les modules
Intérieur	Moquette et feuilles de revêtement de sol en vinyle posées directement sur le revêtement. Des moulures préfinies en plastique augmentent la rapidité.	Introduction du bois de finition à faible émission. Les garnitures de plastique ou ou de bois-plastique sont la nouvelle norme.
Fenêtres	Amélioration du rendement thermique : revêtement à faible émission, fenêtres à chargement de gaz, fenêtres isolantes, moins de fuites d'air.	Introduction des « super fenêtres ».

Tableau 1 (suite) :
Résumé des changements qui ont dominé la production de logements

Élément	Milieu des années 80	Milieu des années 90
Armoires, escaliers, menuiserie	Peu de changement. Les portes montées et les escaliers préfabriqués sont souvent utilisés.	Peu de changement. Les cuisines assemblées sont la norme.
Revêtement des murs et du toit	Les panneaux de copeaux dominent.	Les panneaux de copeaux continuent de dominer, mais les revêtements isolants et pare-air sont courants.
Parement	Les déclins de vinyle concurrencent les autres parements. La peinture sur le chantier disparaît presque complètement.	Le vinyle se répand. Le fibrociment est un nouveau concurrent.
Isolation	Des niveaux élevés sont courants : R20 pour les murs, R30 pour les plafonds. L'isolation partielle du sous-sol est courante.	Les niveaux élevés sont la règle. Grande variété d'isolants à haut rendement. L'isolation complète du sous-sol est courante.
Pare-air et pare-vapeur	Le polyéthylène est très hermétique en tant que pare-vapeur et pare-air : on remplace le 2 mil par du 6 mil. Introduction de la membrane de revêtement perméable à la vapeur (House-Wrap).	Diverses méthodes pour assurer l'étanchéité. Introduction des peintures pare-vapeur. Concept de la membrane de revêtement perméable à la vapeur (House-Wrap) courant.
Ventilation	Les ventilateurs-récupérateurs de chaleur et les échangeurs d'air gagnent en popularité.	Exigences obligatoires en matière de ventilation. Les ventilateurs-récupérateurs de chaleur sont de plus en plus courants.
Ordonnancement, contrôle du chantier, établissement des coûts	Peu de changement. Certains utilisent l'informatique pour l'établissement des coûts et le contrôle. Introduction de la CAO.	Peu de changement. La CAO est souvent utilisée tant pour la conception que pour pour la vente.

Source: Scanada [1], mis en jour en 1996.

Les grands constructeurs adoptent le concept de fabrication en usine

Le marché de l'habitation des années 60 est marqué par l'avènement de la construction d'immeubles à grande échelle un peu partout au Canada, principalement par l'intermédiaire d'usines de fabrication de maisons. Celles-ci dédoublent les installations centralisées du marché ouvert, depuis longtemps reconnu, des fabricants de maisons, mais sont destinées à fabriquer des ensembles de maisons pour les terrains aménagés afin de répondre aux besoins du constructeur lui-même. Au milieu des années 60, ces « fabricants d'ensembles » pouvaient construire de 200 à 800 maisons chacun par année, pour un total approximatif de 5 000 maisons annuellement. Ces constructeurs d'envergure dépendaient fortement de leurs usines, notamment de l'utilisation d'entrepôts qui permettait l'achat en masse, éliminant ainsi les fournisseurs de matériaux de construction. Ce type d'opérations a pris naissance en réponse à la demande des « grands acheteurs » du temps de guerre et de l'après-guerre, soit le ministère de la Défense nationale et la Société centrale d'hypothèques et de logement.

Engineered Buildings (prédécesseur de *Engineered Homes*) à Calgary et *Quality Construction* (prédécesseur de *Qualico*) à Winnipeg et à Calgary dominent le marché des constructeurs d'envergure dans l'Ouest. *Engineered Homes* fournissait ses propres ensembles de même que le marché ouvert au moyen d'un grand nombre de concessionnaires. Cette entreprise a innové dans les méthodes de fabrication d'armoires de même qu'en ce qui a trait au contrôle de l'apport d'air frais au moyen de la distribution d'air de reprise.

Campeau Corporation et *Minto Construction* ont dominé l'explosion du marché à Ottawa par des méthodes semblables pour leurs propres ensembles. Dans la région de Toronto, on trouve *Bramalea*, qui produit pendant un certain temps des enveloppes extérieures, et *Rockett Lumber*, qui effectue la production au complet.

Les diverses usines produisent des fenêtres, des escaliers, des armoires et des fermes pour le marché libre de même que l'enveloppe extérieure sous forme de panneaux ouverts. Campeau vend ses lave-vaisselle alimentés par un robinet et son système de cloisons modulaires. Bien que ce système ne remporte pas le succès escompté pour l'aménagement en souplesse des maisons, il connaît du succès dans les immeubles à bureaux. Les services de recherche et développement de l'entreprise intègrent des grands panneaux de plancher préfabriqués sur poutrelles d'acier, qui utilisaient le bois afin de retrouver la précision nécessaire en ce qui a trait aux dimensions.

En plus de cette évolution vers la propriété d'usines de fabrication par les grands entrepreneurs, d'autres changements surviennent au cours des années 60. Les petites et les moyennes entreprises qui font face à un marché d'acheteurs et à une concurrence accrue se tournent davantage vers le marché libre des fabricants pour des ensembles de maisons de même que pour obtenir de l'assistance sur les plans du financement et de l'aménagement foncier. Ces développements sporadiques ont déjà donné aux préfabricants une longueur d'avance dans les grandes villes. Des préfabricatants de plus petite taille desservent le milieu rural et les petites villes.

En outre, tous les constructeurs utilisent maintenant des composants préfabriqués dans la construction des maisons, surtout pour remplacer les éléments coûteux et nécessitant beaucoup de main-d'œuvre. Les fenêtres sont déjà fabriquées en usine, mais ce n'est que dans les années 60 que les constructeurs se tournent vers les armoires préfabriquées. L'utilisation de portes montées et de fenêtres assemblées se répand lentement alors que les fermes de toit fabriquées en usine font fureur dès que le CNRC élabore des critères de contrôle et de conception. Les cheminées de maçonnerie commencent à céder la place aux conduits de cheminée fabriqués en usine.

Photo 23 :
Rothwell-Perrin, un chef de file innovateur dans la fabrication de maisons en panneaux fermés, établit son usine à Portland, en Ontario, et l'exploitera dès les années 60 et jusqu'à la fin des années 70
(Photo de R.E. Platts)

Par ailleurs, les éléments des services qui requièrent beaucoup de main-d'œuvre — plomberie, électricité et, à un moindre degré, chauffage — continuent d'échapper à la préfabrication. La plomberie demeure régie par des codes locaux qui exigent que le coupage, l'installation et l'inspection se fassent sur place. Les autorités provinciales en matière d'électricité autorisent l'inspection en usine pour les travaux de câblage, ce qui permet de construire des sections de mur précâblées.

Des préfabricateurs audacieux font face à une chaude lutte

Malgré ces changements, les constructeurs continuent de construire des logements à ossature de bois, qu'ils soient produits en usine ou sur chantier. Les tentatives d'en arriver à

des innovations plus radicales mènent à des contraintes arbitraires ou à des obstacles, et les avantages anticipés ne semblent pas justifier la bataille.

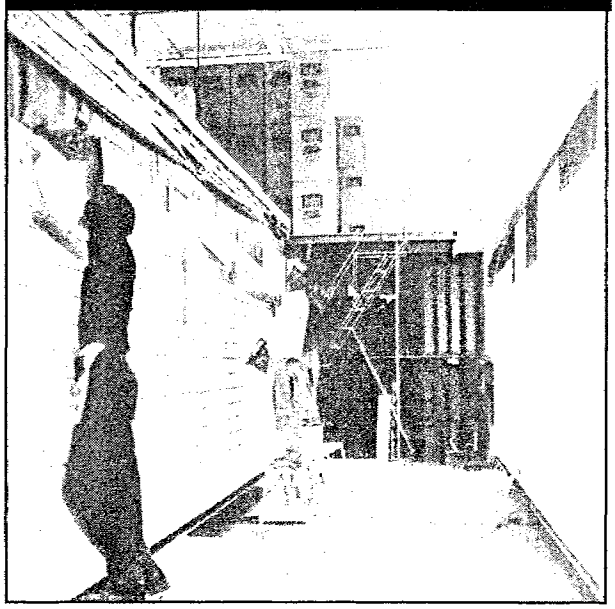
À titre d'exemple, *Aero Marine Industries* à Oakville, en Ontario, conçoit une salle de bains modulaire en plastique renforcé de fibre de verre au cours des années 60 et en produit un certain nombre pour *Bishop Homes*. Au même moment, *Polyfiber* à Renfrew, en Ontario, met au point un module intégré de salle de bains — salle utilitaire dos-à-dos. L'entreprise met fin à cette expérience après avoir découvert qu'il faudra surmonter un à un les obstacles posés par les codes et les corps de métiers locaux et que, dans certains cas, les efforts seront vains.

Dans un autre exemple, *A.V. Roe Ltd.* (*Avro*), au moment d'envisager de lancer sa division *Can Car* dans la fabrication de maisons modulaires, exprime des craintes au sujet d'obstacles qu'elle n'avait jamais affrontés dans la mise au point d'avions, de wagons de chemin de fer et de remorques de transport. Les querelles découlant des codes municipaux et des processus d'approbation à la pièce empêcheraient toute commercialisation à grand volume même des unités modulaires à ossature de bois traditionnelle et toute autre tentative de véritable innovation se heurterait aux mêmes difficultés. Malgré le succès considérable remporté par la livraison d'excellentes maisons pour la base de missiles de Bomarc à La Macaza, au Québec, *Avro* s'est retirée de la fabrication de maisons.

La rationalisation des codes et des compétences favorise la commercialisation des maisons modulaires, du moins des maisons à ossature de bois traditionnelles. Alcan a mis sur pied un important projet de maisons modulaires en Ontario en 1966, mais a aussi trouvé qu'il était difficile et coûteux d'obtenir toutes les approbations locales. L'entreprise a changé de mains et, pour diverses raisons, a fermé ses portes.

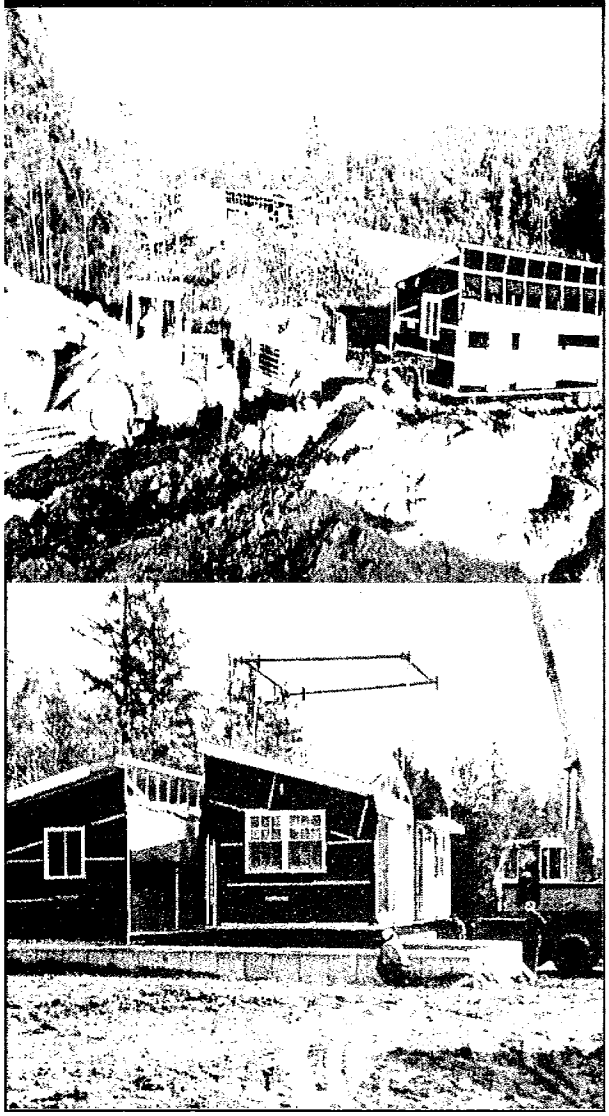
Néanmoins, on a connu une augmentation des maisons modulaires à l'échelle régionale, en particulier au Québec, dans les provinces de l'Atlantique et dans certaines zones de l'Ouest. À son sommet durant les décennies 60 et 70, le marché des modulaires atteignait 21 p. 100 de toute la production de maisons individuelles, triplant la proportion de 6 ou 7 p. 100 qui avait cours dans le milieu des années 50. Même s'il existe toujours une différence selon les régions, au cours des années 80 et au début des années 90 ce type de maison n'occupait de nouveau que 6 ou 7 p. 100 du marché de la maison individuelle.

Photo 24 :
Les grandes industries tentent leur chance dans la production d'habitations, lesquelles prennent généralement la forme de maisons modulaires. L'usine d'Alcan construite au milieu des années 60 fournit des logements au sud de l'Ontario
(Photo de Scanada Consultants)



Si les grands constructeurs ont été encouragés par les possibilités sur le plan institutionnel, comme le programme de logements du ministère de la Défense et le programme de financement des logements des anciens combattants de la SCHL, des changements dans ce secteur ont semé des embûches à leur ascension.

Photo 25 :
Aménager des endroits isolés : dans les années 80 en particulier, les maisons modulaires servent à ériger des villages miniers comme celui-ci, au Nouveau-Brunswick
(Photos de Scanada Consultants)



La construction en hiver et l'assurance-chômage

Au milieu des années 60, les mesures publiques visant à inciter la construction en hiver favorisent particulièrement les constructeurs de maisons usinées en raison des investissements dans l'usine et de l'intérêt à retenir un noyau d'employés compétents à longueur d'année. Vient ensuite le programme d'assurance-chômage, prolongeant la protection « saisonnière » pour couvrir de longues périodes de ralentissement — y compris l'hiver. Les petits constructeurs peuvent dorénavant « garer » leur personnel au programme d'assurance-chômage pendant l'hiver. Les constructeurs d'envergure ne disposent pas de la même souplesse.

Le programme d'aide pour l'accession à la propriété (PAAP)

L'introduction du PAAP en 1973 provoque une activité considérable chez les petits constructeurs, au détriment cependant du secteur des maisons mobiles de l'industrie des maisons usinées, qui était florissante à cette époque. Les prêts et les subventions du PAAP étaient accordés seulement aux maisons construites sur chantier, ce qui eut pour effet de réduire de façon draconienne la demande de maisons mobiles.

Le coût de l'argent

Au moment de la flambée des taux d'intérêt à la fin des années 70, tous les constructeurs de maisons ont vu leurs opérations décimées, mais ce sont les propriétaires d'usines et les organismes de crédit foncier qui ont le plus souffert. La reprise du marché au milieu des années 80 s'est caractérisée par la demande de grandes maisons dispendieuses, généralement construites dans le cadre de petits ensembles qui ne nécessitent pas un recours accru à la préfabrication de la part des constructeurs qui ne possèdent pas d'usine. On voit alors croître le nombre de petits constructeurs, qui se procurent leurs matériaux de construction à la pièce auprès des fournisseurs, ce qui n'est pas sans rappeler la fin des années 40. Toutefois, les usines de fabrication de maisons restent généralement fermées dans les années 90, sauf dans les secteurs où la demande de maisons modulaires modestes à coût raisonnable n'a pas diminué.

Les constructeurs de maisons sur chantier, qui utilisent des processus similaires à ceux des usines, des outils mécaniques ainsi qu'un large éventail de matériaux en feuilles et de composants préfinis, continuent d'être le fer de lance de la production de logements. Quant aux constructeurs d'envergure qui produisent en usine, ils ont

laissé leur marque en ouvrant la voie à des processus de construction remarquablement productifs.

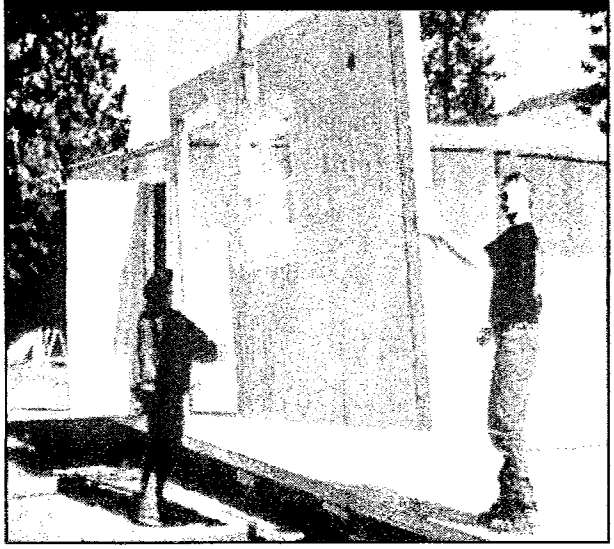
L'un des survivants de cette époque des constructeurs qui possèdent leur usine est Minto Construction d'Ottawa, qui demeure l'un des constructeurs de grande envergure au Canada. Minto a réussi à conserver ses installations en fabriquant des systèmes de panneaux ouverts. Par-dessus tout, Minto a réussi à organiser sa production sur chantier pour lui donner la précision de la production en usine, répartissant le processus de construction en une série de tâches d'un jour ou d'une demi-journée qui peuvent être exécutées par des équipes spécialisées ou des sous-traitants, ce qui entraîne une amélioration des délais de construction.

La maison usinée survit mais ne se développe pas

La disparition des constructeurs qui possèdent leur usine entraîne une certaine polarisation entre les constructeurs sur site et les maisons usinées. Les autorités publiques et municipales mettent souvent sur le même pied la maison usinée et le parc de maisons mobiles, et montrent une préférence marquée pour les maisons construites sur place.

Les fabricants offrent une variété de systèmes sous forme de modules ou de panneaux, répondant ainsi à des créneaux du marché comme les collectivités minières, les installations dans l'Arctique, les maisons de campagne, les zones rurales, les États-Unis et les pays d'outre-mer. L'industrie développe également un certain nombre de domaines de spécialité. La SCHL participe à la mise au point de maisons-jardins (studios pour grands-parents) autonomes, qui deviennent une solution de rechange pour les personnes âgées, une fois surmontée la résistance locale. Le programme R-2000 de RNCan, en association avec l'ACCH et d'autres partenaires de l'industrie, permet de mettre au point des logements certifiables R-2000, adaptant le

Photo 26 :
Les constructeurs d'habitations usinées diversifient leurs opérations pour réaliser des maisons modulaires et des maisons en panneaux



contrôle de la qualité qu'offre la construction en usine pour satisfaire aux exigences en matière d'efficacité énergétique. Le concept de la Maison évolutive de l'Université McGill a pu être usiné grâce à un système de panneaux muraux. La pénurie de main-d'œuvre dans la région de Toronto vers la fin des années 80 permet à certaines usines de systèmes modulaires de travailler plus étroitement avec les constructeurs sur site afin d'incorporer des sections modulaires dans les maisons en série. Les maisons fabriquées entièrement de plastique par Royal Plastic sont exportées vers plus de 40 pays.

Habitat, le projet domiciliaire associé à l'Expo 67 à Montréal, est un exemple audacieux de la possibilité d'empiler des modules pour créer des logements à plus haute densité, mais ce concept s'avère beaucoup trop coûteux pour être viable. Le premier exemple de logements sociaux empilables a été construit à Kingston au début des années 70. D'autres modules à empiler en configurations de moyenne hauteur ont été construits à la fin des années 80 et au cours des années 90.

Comme la maison usinée remplit sa promesse d'une meilleure abordabilité, bon nombre de personnes continuent de s'en faire les promoteurs, des professeurs d'université aux inventeurs du concept, à titre de solution aux besoins de logement tant pour le Canada que pour les pays en développement. La SCHL finance périodiquement des recherches menées par l'industrie sur des sujets tels que les économies potentielles pour une production à volume élevé [2], des stratégies concurrentielles pour les systèmes sous forme de panneaux, des possibilités de transférer les méthodes japonaises, scandinaves et américaines au Canada ainsi que sur les façons de faire le lien entre la conception assistée par ordinateur (CAO) et la fabrication assistée par ordinateur (FAO). Un catalogue des systèmes de construction en usine a été préparé en 1990 [3].

Photo 27 :
De petits entrepreneurs se lancent aussi dans la construction de maisons modulaires. Cet ensemble de logement social de Kingston, en Ontario, probablement le premier du genre, est réalisé en 1972 par la société North American Modular ***(Photo de Scanada Consultants)***

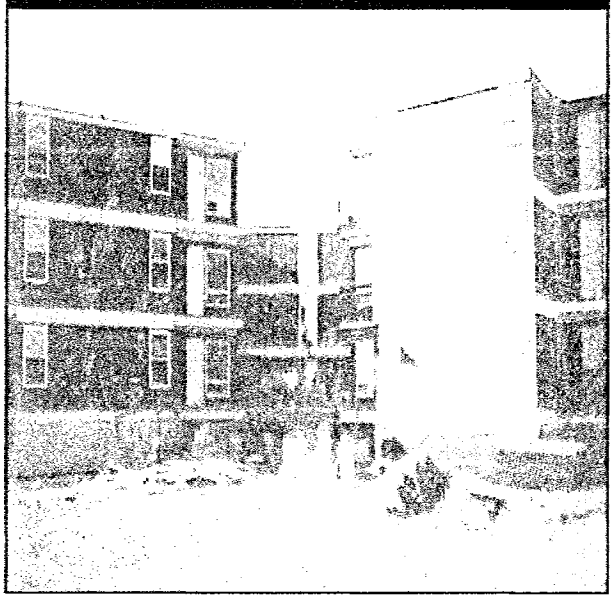
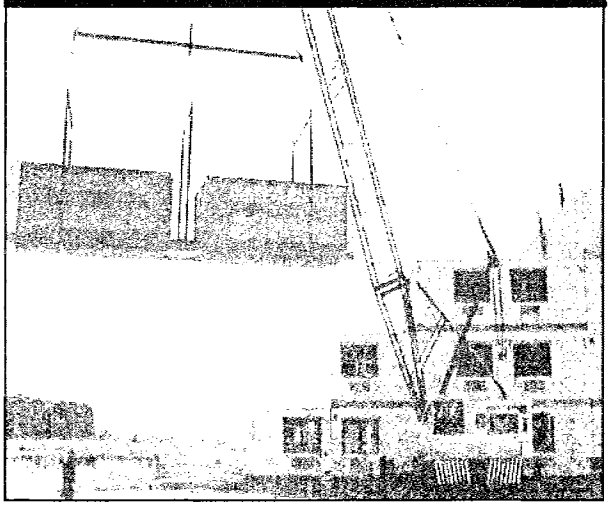


Photo 28 :
Un exemple de bâtiment de moyenne hauteur des années 80 érigé à partir de modules empilables ***(Photo de l'Association canadienne de l'habitation usinée)***



6. LES CONSTRUCTEURS VISENT LA PRODUCTION ET LA PRODUCTIVITÉ

Lorsqu'on considère la production de logements, il faut reconnaître certains aspects fondamentaux. Il n'y a pas, et il n'y a jamais eu, de très grands constructeurs de maisons : rien qui pourrait ressembler à un *General Motors* de la construction domiciliaire, rien qui ne s'approche d'une envergure nationale, encore moins internationale. Pour ce qui est du pouvoir d'achat ou du poids auprès des fabricants de matériaux et de l'influence, même les plus importants constructeurs ont peu de poids. Il n'y a pas non plus de gros acheteurs de maisons, ni d'associations coopératives permanentes (comme en Scandinavie) ni d'industries primaires ou autres qui prennent des engagements à long terme relativement à la construction de logements d'une qualité, d'un type et d'un volume raisonnablement prévisibles. De tels acheteurs auraient pu favoriser l'émergence de grands constructeurs efficaces et hautement concurrentiels ou de fabricants de maisons de luxe, ou tout simplement d'un grand nombre de maisons de bonne qualité. Le programme de construction de logements pour la Défense nationale au cours de la Seconde Guerre mondiale, le programme de construction de logements pour les anciens combattants après la guerre de même que quelques entreprises minières ont été des gros acheteurs importants qui ont été les moteurs de la construction résidentielle moderne et de l'industrie de la maison usinée. Mais ces acheteurs ont presque disparu.

Tableau 2 :
Origines et causes apparentes des changements technologiques survenus dans les grands courants de la construction résidentielle

Évolution du produit ou du procédé (avec date approx. de généralisation)	**Recherche et développement réalisés par**				**Motifs pour inciter l'acceptation des constructeurs**			**Encouragé ou découragé par**	
	Fabricants de matériaux ou de composantes	Constructeurs et associations	Secteur public (CRNC, SCHL, etc.)	Universités	Rapidité à moindre coût et à compétences moindres	Amélioration de la qualité	Profiter d'un programme du secteur public	Codes du bâtiment	Homologation (SCHL, CCMC)
Charpente à plate-forme; apparition de la mise en place par relèvement et du précoupage (1946)	C	C	C	C	C	C	C		
Isolation (1950)	P		P	P		P	C	C	P
Convection inverse pour le chauffage à air chaud (1950)	P		C	C		C			
Fenêtres usinées avec châssis (1950)	P				P	C			
Sous-sol en béton malaxé pendant le transport (du milieu à la fin des années 50)	P				P	C			
Armoires préfabriquées (années 50)	P								C
Sous-planchers et revêtement de contreplaqué (milieu des années 50)	P	C	C	C	P	C		C-R	P
Finition intérieure en plaques de plâtre (fin des années 50)	P				P			P-R	
Coffrages préfabriqués pour le sous-sol (fin des années 50)	P	C			P	C			
« Ligne de montage stationnaire » (fin des années 50)	C	P		C	P		C		

Tableau 2 : (suite)
Origines et causes apparentes des changements technologiques survenus dans les grands courants de la construction résidentielle

Évolution du produit ou du procédé (avec date approx. de généralisation)	**Recherche et développement réalisés par**				**Motifs pour inciter l'acceptation des constructeurs**			**Encouragé ou découragé par**	
	Fabricants de matériaux ou de composants	Constructeurs et associations	Secteur public (CRNC, SCHL, etc.)	Universités	Rapidité à moindre coût et à compétences moindres	Amélioration de la qualité	Profiter d'un programme du secteur public	Codes du bâtiment	Homologation (SCHL, CCMC)
Fermes de toit (milieu des années 60)	P		P	P	P	C		P-R	P
Chariots élévateurs, grues hydrauliques sur camion, palettes (milieu des années 60)	P				P				
Construction en hiver (milieu des années 60)	P	P	P	C	C		C	C-R	P
Parements préfinis nécessitant peu d'entretien (milieu des années 60)	P				P				P
Fenêtres doubles scellées (milieu des années 60)	C		P			P			P
Pare-vapeur en polyéthylène (années 70)	P		C			P		P	P
Tuyaux de drain, de renvoi et d'évent en plastique (début au milieu des années 60)	P							C-R	P
Tuyaux d'évacuation en plastique (début des années 70)	P	C			P				P
Revêtement et sous-planchers en panneaux de copeaux (milieu des années 70)	P		C		C			C-R	P
Planchers en une étape : moquette ou vinyle posés directement sur le revêtement (années 70)	C	P			P				
Augmentation des niveaux d'isolation et d'étanchéité à l'air (milieu des années 80)	C	C	P	C		C	C	C	C
Plomberie entièrement en plastique (années 90)	P				P			C-R	C
Baignoires-douches modulaires en plastique (années 90)	P							C-R	C
Contrôle informatisé des coûts (années 90)	C	C			P	C			
« Super-fenêtres » (années 90)	P	C	P	C		C	C	C	C
Traitement de l'air et et récupération de la chaleur mécaniques (années 90)	P	C	P	C		C	C	P	C

LÉGENDE
P = « Oui », influence ou rôle positif substantiel
C = Une certaine influence positive
R = « Non », a contribué à retarder ou à empêcher le changement

Source : Scanada [1], mis à jour en 1996.

Les initiateurs du changement technologique

Dirigés par les constructeurs d'envergure, la majorité des constructeurs de maisons ont très bien réussi dans leur tentative d'améliorer l'efficacité de la production, même si leur portée et leur influence étaient limitées. C'est entre 1946 et le début des années 70 que l'on constate les principaux progrès. Le tableau 2 présente certains des principaux changements pour permettre d'en comparer les origines, les avantages, les contraintes et la chronologie.

Le tableau 2 nous permet de constater que la grande majorité des changements en matière de production proviennent de l'extérieur de l'industrie de la construction, c'est-à-dire des services de recherche et de développement des fabricants de matériaux et d'équipement, surtout aux États-Unis. Dans les années 50 et 60, les entrepreneurs et les constructeurs de maisons sont aussi encouragés et aidés par les activités de recherche dans les universités, en particulier par le Small Home Council de l'université de l'Illinois, l'université Purdue et l'université de la Saskatchewan. Les organismes publics participent davantage à la recherche et au développement dans le domaine de la production, en particulier à la fin des années 50, pendant les années 60 et au début des années 70.

Si on se rappelle les années d'effervescence d'après-guerre, il est juste de dire que le transfert de la technologie est grandement encouragé par quatre parties :

- le secteur des matériaux et de l'équipement;
- les constructeurs d'habitations;
- les ingénieurs, les architectes et les inspecteurs de la SCHL, qui ont particulièrement aidé à former, à informer et à diriger l'armée des petits constructeurs de la période d'après-guerre;
- les programmes de la Division des recherches en bâtiment du CNRC et des laboratoires de recherche sur les produits forestiers; souvent mis en place par les ingénieurs et les responsables de l'homologation des matériaux de la SCHL. Ces véhicules ont influencé les outils les plus directs du transfert de technologie, le *Code national du bâtiment du Canada* et les *Normes de construction résidentielle*.

Un examen plus approfondi du tableau 2 peut aider à comprendre les facteurs à l'œuvre. Les codes et les normes, qui émanent dans une large mesure du secteur public, tendent à entraver l'innovation technologique pendant les premières années ou même les premières décennies, mais s'avèrent par la suite utiles pour le transfert et l'application de la technologie en fonction des changements découlant du code. Dans certains cas, des changements rentables ont été introduits dans l'industrie de la construction de cette façon. Le tableau 2 tend à donner une perspective (faussement) positive sur les répercussions des codes : il ne porte que sur les changements « sûrs » ou courants, ceux qui ont été acceptés. Le tableau n'indique pas en combien de temps s'est produit le changement. Par exemple, il a fallu 20 ans ou plus aux producteurs pour faire approuver la salle de bains modulaire et les tuyaux de plastique.

Les constructeurs faisant eux-mêmes preuve de prudence avant d'adopter des innovations, le facteur le plus stimulant est la possibilité d'accroître la production et d'améliorer la productivité en utilisant une main-d'œuvre moins spécialisée, en vue de contrôler et de réduire les coûts et d'accroître les bénéfices.

La participation du secteur public dépasse la recherche et le développement ainsi que les fonctions de transfert de technologie. Les programmes de logement et les mécanismes de financement mis en place pendant la guerre et immédiatement après donnent aux entrepreneurs d'envergure l'occasion d'améliorer des techniques de production et de productivité, notamment la charpente à plate-forme, la mise en place par relèvement, les ateliers de préfabrication et la ligne de montage stationnaire.

L'accroissement de la productivité

Si l'industrie de la construction de maisons individuelles visait le contrôle et la réduction des coûts parallèlement à un accroissement de la productivité, la diminution du nombre d'employés sur chantier, spécialement la main-d'œuvre spécialisée, a manifestement permis d'atteindre ce but. On présente au tableau 3 quelques-uns des principaux changements et leurs effets.

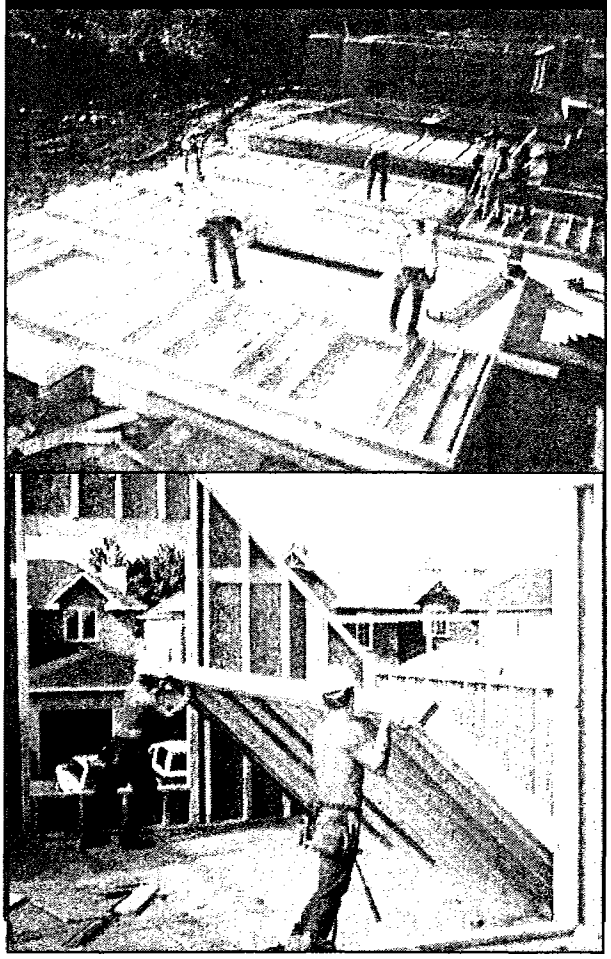
En même temps que les changements énumérés au tableau 3 permettent une réduction des effectifs et une amélioration des échéanciers, d'autres changements opérationnels améliorent l'efficacité et le contrôle. La méthode dite de la « ligne de montage stationnaire » consiste à ordonnancer les sous-traitants maison par maison, et permet la manutention par chariots élévateurs et grues montées sur camion de même que l'utilisation d'outils mécaniques et de pistolets de scellement, en particulier les marteaux pneumatiques et les pistolets à vis. Tous ces progrès ont grandement contribué à améliorer cette partie des opérations où les matériaux et les installations ont peu changé, telles que les installations électriques, la plomberie, le chauffage et même le nettoyage.

On peut retracer et comparer les changements liés à la main-d'œuvre sur chantier si les affectations pour les modifications au format des produits et des équipements sont prises en compte. Le point de référence est une maison à deux étages du milieu des années 60 dont la surface habitable est de 110 mètres carrés, comportant une salle de bain et demie, une cuisine de bonne taille et beaucoup d'armoires ainsi qu'un bon aménagement paysager. Au milieu des années 40, l'équivalent peut répondre à des normes similaires, de la même façon qu'une maison typique du milieu des années 90. Le nombre total d'heures sur chantier reflète tous les changements relatifs à la production énumérés ci-dessus pour les maisons construites dans le cadre d'un ensemble, comprenant la surveillance des travaux et les imprévus.

Tableau 3 :
L'évolution des méthodes de production réduit la main-d'œuvre sur le chantier

Le remplacement de cette opération	par celle-ci	a réduit la main-d'œuvre sur chantier à
Montage de la charpente pièce par pièce dans la construction à claire-voie	Charpente à plate-forme montée à l'aide d'outils mécaniques	Environ un tiers ou moins
Construction des fenêtres sur place	Installation de fenêtres usinées	Un quart ou moins
Recouvrement des murs, des planchers et des toits avec des planches	Recouvrement avec des feuilles de contreplaqué	Un tiers ou moins
Utilisation pour les sous-sols de coffrages et de béton malaxé sur place	Utilisation de coffrages de contreplaqué préfabriqués et de béton malaxé pendant le transport	Un tiers ou moins
Construction des armoires sur place	Installation d'armoires préfabriquées	Un quart ou moins
Finition intérieure au plâtre	Finition en plaques de plâtre	Un tiers ou moins
Montage du toit pièce par pièce, solives de plafond/chevrons/ entraits retroussés	Montage du toit et du plafond avec des fermes	La moitié ou moins
Peinture intérieure au pinceau; deux ou trois couches	Peinture au rouleau; une ou deux couches	Un tiers ou moins
Cheminées construites en briques et tuile d'argile	Installation de conduits de cheminée préfabriqués	Un quart ou moins
Tuyaux de drain, de renvoi et d'évent en fonte et en acier galvanisé	Tuyaux de drain, de renvoi et d'évent en plastique	Environ la moitié
Source : Scanada [1]		

Photo 29 :
Outre les détails visant à accroître l'économie d'énergie, la souplesse et l'efficacité des murs mis en place par relèvement ainsi que les toitures à fermes montrent que les constructions à ossature de bois n'ont que peu changé entre les années 60 et 90



- Au milieu des années 40, le nombre approximatif d'heures est de 2 400 [2]. Au milieu des années 60, ce chiffre a baissé à 950 [3]. On constate une légère amélioration depuis, à la suite de l'introduction de la tuyauterie en plastique et des salles de bains modulaires dans les années 90.

- Au milieu des années 40, il fallait, au mieux, environ sept mois pour construire une maison, et les retards étaient fréquents en raison de l'approvisionnement en matériaux [2]. Au milieu des années 60, cette période est réduite à sept ou huit semaines [3]. Dans ce domaine, il n'y a pas eu non plus de changements significatifs depuis lors.

La SCHL a publié la première édition de la *Construction de la maison à ossature de bois* en 1967, qui présente l'essentiel des techniques de construction de la maison à ossature de bois et qui sert de bible sur le chantier pour un grand nombre de petits constructeurs et d'apprentis [4].

Les maisons Mark, une illustration de l'évolution des objectifs en matière d'innovation

Malgré les observations précédentes, il serait faux de dire qu'il n'y a pas eu d'améliorations dans la productivité depuis le milieu des années 60. La maison des années 90 s'est remarquablement améliorée pour ce qui est des fenêtres, de l'isolation, de l'étanchéité à l'air, de l'efficacité thermique, de la finition et des exigences en termes d'entretien, sans pour autant que la main-d'œuvre sur chantier augmente ou que les délais de construction soient prolongés. Les maisons de la série Mark illustrent le passage de l'amélioration de la productivité pure à un accroissement de la performance [5]. Ces maisons expérimentales ont été construites entre 1957 et 1986 par l'ACCH et ses prédécesseurs en collaboration avec la SCHL, le CNRC, les organisations locales de la construction et d'autres organismes en vue d'explorer des technologies prometteuses, jamais mises à l'essai. Dans les premières maisons Mark — Mark I à Mark IV — dont on traite dans le rapport *Deux décennies*, on insiste surtout sur la réduction des coûts, les innovations qui peuvent accroître la productivité, notamment les vides sanitaires chauffés, les toits à voiles minces, les cloisons de gypse de type sandwich et l'utilisation pour la première fois au monde de fondations de bois pour les maisons.

Mark V, 1965, Kanata

La maison Mark V avait pour but de déterminer s'il était possible de réduire davantage les coûts en améliorant les méthodes de construction. Deux

maisons ont été construites, l'une à l'aide de techniques conventionnelles, l'autre grâce à des techniques recommandées par le Comité de recherche technique de l'ACCH. Des registres détaillés des coûts et de la gestion du temps ont été tenus pendant la construction. Les résultats de cette étude ont démontré que, pour la maison témoin, les matériaux représentaient 74 p. 100 des coûts, la main-d'œuvre, 24 p. 100 et la location d'équipement, 2 p. 100. La conclusion était donc que dans l'ensemble les améliorations ne pouvaient être que minimes si le degré de préfabrication des composants, telles que les armoires et les portes montées, n'était pas accru.

Mark VI, 1968, Kitchener

Le projet Mark VI intégrait trois pratiques provenant de la construction commerciale, à savoir : semelle et panneaux muraux préfabriqués pour le sous-sol, solives de plancher et poteaux muraux en acier et chauffage électrique radiant intercalé entre les plaques de plâtre. Mark VI a aussi contribué à l'introduction de deux nouveaux produits préfabriqués dont l'usage s'est généralisé par la suite — les modules de salle de bain trois pièces préfabriqués ainsi que les soffites, bordures de toit, parements, gouttières et volets en vinyle; tous ces éléments ont contribué à réduire les coûts, et les derniers, l'entretien.

Mark VI marque d'une certaine façon la fin de la concentration sur la productivité et le commencement de la concentration sur la performance de la maison, même si d'autres maisons Mark évaluent de fait la productivité. À Vancouver, Mark VII permet de poursuivre les essais sur l'utilisation du béton préfabriqué pour les sous-sols et de démontrer un système préfabriqué de plancher à voiles minces avec poutrelles en T. Mark IX à Regina et Mark X à Guelph servent à explorer l'utilisation des fondations, des charpentes et des planchers en acier. Les aspects liés à la performance des maisons Mark sont traités brièvement à la section IV.

7. UNE RÉVOLUTION DANS LA CONSTRUCTION DES IMMEUBLES D'APPARTEMENTS

La construction d'immeubles d'appartements n'a guère évoluée avant la fin des années 50 puis, en une dizaine d'années, avec la construction en hauteur, cette industrie a changé (tant pour le processus de production que pour le produit final) peut-être davantage que la maison individuelle en tout un siècle. Il n'est pas exagéré de parler de révolution à un ou deux moments de l'évolution entre les immeubles de moyenne hauteur et de grande hauteur. La demande et les motivations économiques semblent claires. Les contraintes sont surtout d'ordre matériel tandis que l'évolution de la construction résidentielle, dont le taux de production est faible, fait face au cours de la même période à des restrictions découlant des codes du bâtiment et des lois.

La technologie répond à la demande de constructions en hauteur

Les promoteurs d'immeubles commencent à construire en hauteur plutôt qu'en étendue en raison de plusieurs facteurs : le coût des terrains et des services, les espaces ouverts qu'on commençait à réclamer autour des structures, une augmentation accusée de la demande de logements locatifs en ville ou à proximité, de même que les difficultés, les coûts et les délais inhérents à l'obtention d'une approbation de la construction sur un terrain donné. Au milieu des années 50, on commence à Toronto à passer à des immeubles de hauteur moyenne, de sept à dix étages. Dans les années 60, les immeubles en hauteur de 15 étages et plus sont devenus typiques dans cette région et fréquents dans bon nombre de villes du Canada.

La construction d'immeubles de hauteur moyenne

Les immeubles de hauteur moyenne exigent des matériaux, des concepts et des techniques de construction essentiellement différents de ceux des immeubles de faible hauteur. Les codes du bâtiment limitent la hauteur des ouvrages à ossature de bois ou à murs porteurs de maçonnerie. Les solutions de rechange sont la charpente d'acier avec des planchers de béton coulés sur les lieux, divers matériaux (dont la maçonnerie) étant utilisés pour les murs secondaires et les cloisons, avec un revêtement extérieur quelconque; on pouvait aussi utiliser le béton coulé sur place pour construire la charpente et les planchers, divers matériaux pouvant être utilisés pour les murs intermédiaires, les parements et les finis.

Photo 30 :
Les Lincoln Towers de Waterloo, en Ontario, sont un bon exemple d'immeubles d'appartements de moyenne hauteur à dalle de béton comme on en trouve un peu partout au pays

Parce que les immeubles d'appartements n'exigent pas de portée libre (c'est-à-dire des espaces sans colonnes ni murs porteurs) et en partie parce qu'on connaît bien le matériau et les méthodes, c'est le béton armé qui l'emporte pour les immeubles de moyenne hauteur, et plus tard de grande hauteur. Puisque les portées peuvent respecter la taille des pièces normales et que les charges théoriques des planchers ne sont pas élevées, il est possible de donner aux dalles de plancher une épaisseur raisonnable. Forts de leur expérience avec d'autres types de bâtiments et d'ouvrages, les promoteurs d'immeubles

d'appartements connaissent bien la façon d'installer et d'étayer les coffrages et de couler le béton. Par ailleurs, les questions de compétence syndicale aident à assurer la dominance du béton et de l'acier.

On a d'abord continué d'utiliser les méthodes et les matériaux traditionnels : coffrages de bois d'œuvre et de contreplaqué, pose de l'armature d'acier selon la conception de l'ingénieur et coulage du béton. Les coffrages des dalles de plancher sont faits de contreplaqué et de bois d'œuvre et s'appuient sur un système de poteaux d'acier réglables appelés étais verticaux ou chandelles. Le béton est soulevé jusqu'au niveau du travail soit par une grue (d'abord des grues sur chenilles) ou par un monte-matériaux muni d'une benne et d'une trémie à béton. Au niveau de travail, le béton est distribué sur des passerelles à l'aide de brouettes jusqu'aux endroits que la grue ne peut atteindre. L'opération qui consiste à installer puis à défaire et à déplacer les coffrages et les étais verticaux au niveau supérieur où ils doivent être réutilisés est longue et difficile. En général, si les conditions de séchage du béton sont bonnes, il faut trois étages de coffrages pour progresser au rythme d'un étage par semaine.

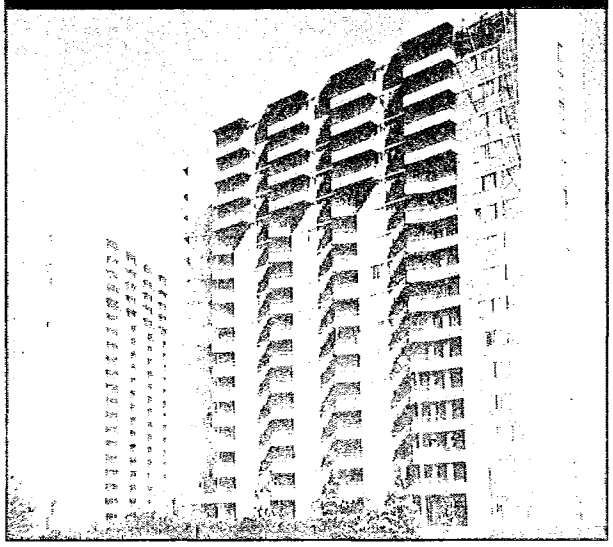
Tout au long des années 60, la relance du bâtiment et l'utilisation du béton ont suscité la mise au point et la mise en marché de nouveaux produits afin d'accélérer le travail. On a mis au point des systèmes horizontaux de support en remplacement des étais verticaux dans certaines situations. L'étai horizontal est essentiellement une solive d'acier ou d'aluminium télescopique et réutilisable, appuyée sur l'échafaudage. On a mis au point, breveté et utilisé aussitôt des systèmes de coffrages à panneaux; des systèmes de cadres ont remplacé les étais verticaux; on a amélioré les monte-matériaux et le matériel de levage; des chariots motorisés ont remplacé les brouettes à béton; plus tard, des convoyeurs et des systèmes de pompage pour le béton ont apporté une amélioration radicale aux procédés de construction.

Malgré tout, il reste à résoudre le problème du déplacement des ouvriers; on peut monter, pomper ou transporter des matériaux des plus en plus rapidement et facilement, mais les ouvriers doivent grimper dans le bâtiment lui-même ou dans des échafaudages compliqués. Plus l'immeuble est haut, plus les coûts en temps et en énergie grimpent.

La construction d'immeubles de grande hauteur

Les rapports de causalité entre la hauteur des bâtiments et les outils de construction ne sont pas tout à fait évidents. Les concepteurs veulent-ils construire des immeubles plus hauts que ne le permettent les outils conçus par les fabricants d'équipements, ou l'existence des nouveaux produits a-t-elle poussé les constructeurs à aller plus haut? Les deux facteurs ont probablement joué. Quoi qu'il en soit, la production d'immeubles de grande hauteur a eu tôt fait de constituer un exemple unique de collaboration entre les techniques de construction et les techniques de production dans l'histoire de la construction résidentielle.

Photo 31 :
Les nouvelles méthodes de production et les nouveaux équipements permettent aux tours d'habitation de s'élever toujours plus haut



La conception de moyens de production, tant pour les immeubles de moyenne hauteur que pour ceux de grande hauteur, s'est d'abord concentrée sur le transport vertical des matériaux puis, dans le cadre de la remarquable effervescence des années 60, sur le transport vertical des travailleurs et de grandes sections de coffrages. Avec la construction des immeubles de moyenne hauteur, les monte-matériaux sont rapidement acceptés et généralisés. Les premières versions ne dépassent guère 28 mètres de hauteur et peuvent soulever une charge de 550 kilogrammes à une vitesse maximum de 30 mètres par minute. Cet appareil est bien adapté aux ouvrages de moyenne hauteur et simplifie considérablement le transport des matériaux aux divers niveaux. Par matériaux, il faut entendre tout : béton (des brouettes chargées de béton sont placées sur la plate-forme, ce qui a donné naissance au nom de « tour à deux brouettes »), les produits de maçonnerie, les portes et fenêtres et divers matériaux de finition aussi bien que divers équipements. Puis, on met au point une « supertour », l'ancêtre des « nouveaux outils » qui permettront au Canada de se distinguer dans la construction d'immeubles de grande hauteur.

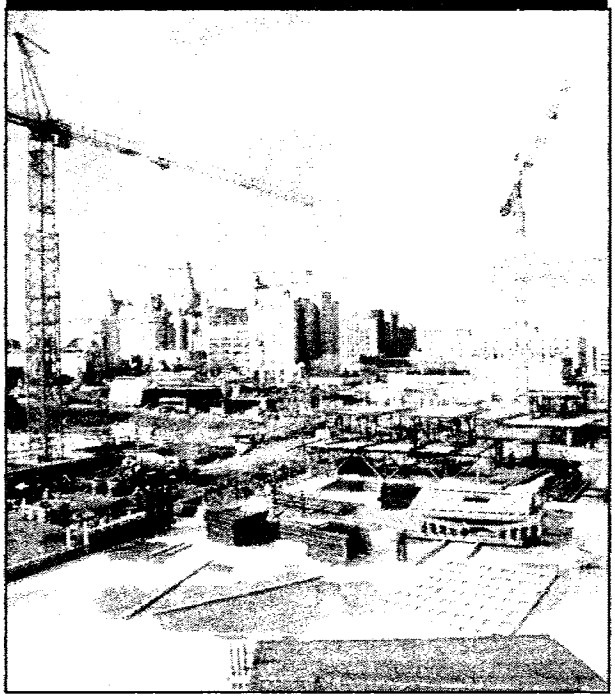
De nouveaux outils permettent de créer un système unique au monde

Dans les années 60, on lance ou on met au point au Canada trois grands ensembles de produits, qui auront des répercussions importantes sur la construction des immeubles de grande hauteur.

Les grues à tour et les grues hissables

Le premier progrès important est l'apparition des grues à tour, mises au point et largement utilisées en Europe. Les premiers modèles sont soit des tours stationnaires, haubanées ou attachées au côté d'un immeuble, ou des grues mobiles qui se déplacent sur des rails adjacents à l'immeuble. Ces grues sont souvent télescopiques et peuvent s'allonger à mesure que monte l'immeuble. Elles permettent non seulement de construire plus haut, mais aussi de distribuer les matériaux sur une vaste superficie horizontale au niveau de travail. C'est à *Campeau Corporation* d'Ottawa qu'on attribue l'honneur d'avoir introduit cet équipement au Canada et en Amérique du Nord. *Campeau* pouvait se vanter d'économiser 35 p. 100 au chapitre des coûts globaux du béton par rapport à la méthode antérieure utilisant le monte-matériaux et les brouettes.

Photo 32 :
Les grues à tour et les tours de levage ont une énorme incidence sur la hauteur des bâtiments commerciaux et résidentiels



Ces grues à tour permettent au mieux d'atteindre 20 étages. C'est un autre type de grue qui a permis d'éliminer toute restriction de hauteur : la grue hissable. Cette grue s'appuie sur la structure de l'immeuble et peut être hissée plus haut à mesure que monte le bâtiment. Ce type de grue est beaucoup moins coûteux que les autres parce qu'il n'a pas besoin de tour, mais offre un rendement égal ou supérieur. Placée à l'intérieur de la structure, d'ordinaire dans le puits d'ascenseur, cette grue permet de mieux couvrir la superficie de travail que les grues latérales.

À mesure que les promoteurs apprennent à mieux connaître l'utilisation des grues, ils peuvent réaliser de nouvelles économies de temps et

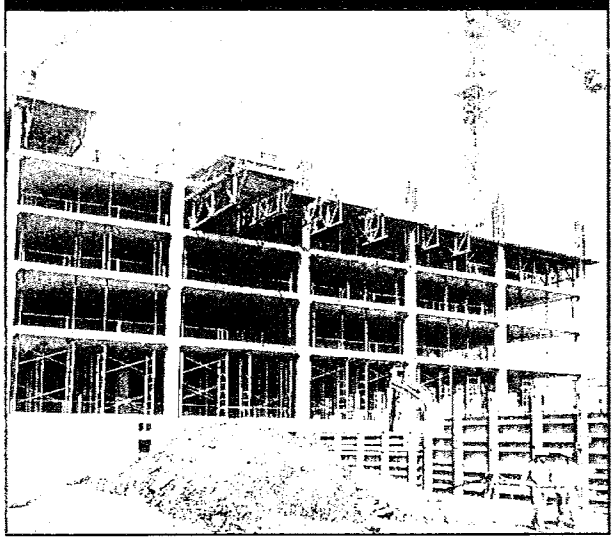
d'argent. Le principal avantage de ce genre d'équipement, comme nous l'avons déjà dit, est la possibilité d'amener les matériaux au niveau du travail, tout près de la destination finale. Pour le béton, il n'est plus nécessaire d'utiliser d'autres appareils de levage ou de distribution comme les brouettes et les chariots, qui exigent tout un réseau de passerelles ou des convoyeurs.

Les coffrages grimpants et les planchers champignons

Les caractéristiques de fonctionnement de la grue hissable, de même que son emplacement stratégique à peu près au centre des travaux, offrent une autre possibilité de réaliser des économies substantielles de temps et d'argent à l'égard du processus fondamental de coffrage des dalles de plancher — la mise au point du concept de « coffrage grimpant ». Cette technique permet à l'entrepreneur de déplacer des sections considérables de coffrages et d'étais d'un seul bloc, de sorte qu'il n'est plus nécessaire de défaire, de déplacer et de remonter le coffrage et le système de support.

Le coffrage grimpant constitue le second produit qui a permis la simplification radicale de la construction en hauteur. On a tout d'abord eu quelques difficultés à appliquer cette méthode à certains bâtiments en raison de l'épaisse poutre de rive sur le périmètre du plancher qui obligeait à replier les coffrages pour la dégager. On a compris qu'il fallait éliminer cette obstruction et, au milieu des années 60, on a mis au point le plancher champignon, dont l'usage s'est répandu dans les immeubles d'appartements. Il s'agit d'une dalle d'une épaisseur uniforme. Le système utilisé à Toronto pour la construction des immeubles d'appartements, comprenant le plancher champignon, la grue hissable et les coffrages grimpants, s'est bientôt taillé une réputation enviable partout en Amérique du Nord. Les promoteurs viennent de loin pour examiner ce système et l'adopter.

Photo 33 :
Un accroissement de la production s'avère possible grâce à l'emploi de « coffrages grimpants » grâce auxquels une grue à tour peut déplacer des sections entières de coffrages et d'étais d'un seul bloc *(Photo du Conseil national de recherches du Canada)*



La tour de levage

Un troisième produit, également mis au point au Canada, apparaît à la même époque. La tour de levage répond aux normes de sécurité et peut servir à hisser les ouvriers. Elle peut atteindre une hauteur de 244 mètres et transporter 20 ouvriers ou 1 600 kg à une vitesse pouvant atteindre 75 mètres par minute, en tout confort et en toute sécurité. Si la tour ne sert pas au transport des ouvriers, elle peut être munie d'un mécanisme de levage différent et transporter des charges pouvant atteindre 2 700 kg à une vitesse maximum de 180 mètres par minute.

La combinaison de matériel dont dispose le promoteur lui permet maintenant d'appliquer les techniques de fonctionnement et de contrôle de la ligne de montage. Les diverses étapes du travail, depuis le début de la construction jusqu'à la finition, peuvent être planifiées et ordonnancées étage par étage, les ouvriers et les matériaux se déplaçant assez facilement d'un lieu de travail à l'autre, comme dans une usine de montage.

Pour la construction d'immeubles de grande hauteur, c'est toujours la même idée de la ligne de montage stationnaire qui est en jeu, mais cette fois la ligne est verticale. Citons à titre indicatif les économies réalisées. En 1946-1947, il fallait environ 2 000 heures-personnes sur le chantier pour chaque appartement [1]. Au début des années 70, les appartements, qui étaient pourtant mieux finis et dotés de meilleurs services, étaient produits à raison d'environ 1 000 heures-personnes de travail [2]. On compte parmi les avantages de ces techniques de production un accroissement de la productivité tant des ouvriers spécialisés que de ceux qui ne le sont pas, une souplesse accrue dans la conception des coffrages pour les immeubles de moyenne et de grande hauteur, l'intégrité structurale par rapport à l'écroulement progressif; l'adaptabilité des structures pour les zones sismiques ainsi que différentes configurations d'isolations possibles, de ventilation et de climatisation de l'air en fonction du climat.

Les développements continus et les innovations

Alors que la combinaison des grues, des coffrages grimpants et du plancher champignon se veut une norme d'efficacité au chapitre de la production d'ouvrages de grande hauteur, on ne ménage pas les efforts pour introduire davantage d'éléments préfabriqués et pour améliorer les systèmes qui servent dans les immeubles de faible hauteur.

Les systèmes européens à contenu préfabriqué élevé

Par deux fois, les promoteurs canadiens d'immeubles d'apppartements ont été attirés par les possibilités qu'offrent les systèmes européens technologiquement avancés.

Dans le premier exemple, *Silver Heights Development Corporation* de Winnipeg a utilisé le système « Porte des lilas » pour construire des immeubles de six à huit étages. Selon cette technique, les dalles de plancher en béton sont coulées individuellement sur le sol, l'une par-dessus l'autre, séparées, par exemple, par du polyéthylène. Une fois toutes les dalles coulées et séchées, elles sont hissées l'une après l'autre, au moyen de vérins hydrauliques fixés aux colonnes permanentes, jusqu'à leur emplacement définitif. On procède ensuite au raccordement définitif des colonnes, des murs, des entretoises et des autres composants. Les cloisons, la plomberie, le filage et même la finition et les meubles peuvent être ajoutés à chaque étage avant qu'il ne soit hissé en place.

La *Shelter Corporation* de Winnipeg a raffiné ce système en y ajoutant la post-tension par des vérins hydrauliques pour étirer et ancrer les câbles d'armature d'acier placés dans des conduites traversant la dalle. La post-tension permet de réduire l'épaisseur de la dalle, et donc le poids des matériaux et les fondations. La *Shelter Corporation* a construit des immeubles de six à douze étages de cette façon dans les années 60. Peut-être les économies prévues ne se sont-elles jamais réalisées (il est possible que les coûts supplémentaires des travaux d'ingénierie aient empêché toute économie à faible volume) ou peut-être y avait-il un problème à construire en hauteur ou à atteindre un fort volume de production. Quoi qu'il en soit, à la fin des années 60, le système peu coûteux de plancher champignon mis au point à Toronto s'implante partout dans l'Ouest et, en fait, presque partout au Canada.

On s'intéresse aussi en Amérique du Nord à plusieurs systèmes avancés de béton précoulé utilisés en Europe. Ces systèmes attirent plusieurs entrepreneurs, y compris les principaux promoteurs et utilisateurs du système à simple dalle. Les chefs de file du nord de l'Europe en matière de systèmes de construction d'immeubles en béton préfabriqué obtiennent une très grande qualité, une meilleure durabilité et des détails mieux adaptés au climat froid que ceux des systèmes canadiens. Il semble qu'ils peuvent y parvenir à moindre coût, au moins pour la production régulière à fort volume d'appartements plus ou moins normalisés. La réduction du nombre d'heures de travail sur le chantier et le raccourcissement de la période de financement peuvent plus que compenser les coûts fixes supplémentaires de l'usine. Selon un scénario idéal, on prévoyait en 1970 pouvoir réaliser

des économies de 10 à 12 p. 100 par rapport au meilleur chantier traditionnel.

Des constructeurs comme *Larsen* et *Nielsen* du Danemark, *Jespersen, Skarne* de la Suède et *Wates* de la Grande-Bretagne sont courtisés par les constructeurs d'immeubles d'appartements. Au début des années 70, Wates s'associe avec un consortium de grands promoteurs pour constituer *Modular Precast Concrete Structures Ltd.* La nouvelle entreprise agit comme sous-traitant des associés, faisant ainsi concurrence au système à dalle simple de Toronto. Vers la même époque, le système *Jespersen* a été importé et adopté par un entrepreneur sous la raison sociale *Jespersen-K.* Cette entreprise agit comme fournisseur ou entrepreneur pour n'importe quel propriétaire ou promoteur grâce à une usine de production établie à Markham, en Ontario.

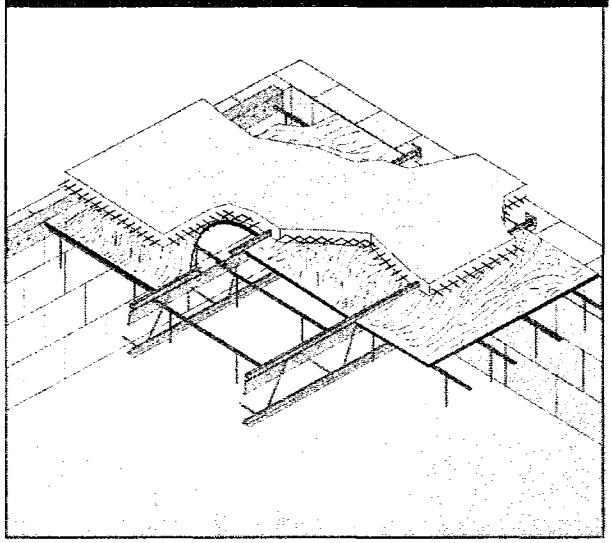
Ces systèmes européens englobent beaucoup plus que l'organisation, la livraison, la production et la mise en place de planchers et de murs préfabriqués pour constituer un ensemble ajusté de précision. La gamme de pièces peut être étendue et comprendre des puits d'escalier et d'ascenseur préfabriqués, des colonnes, des vide-ordures et des conduites, des escaliers, des paliers, des balcons, des modules ou blocs techniques pour les salles de bains et les cuisines ainsi que d'autres composants préfabriqués comme des cloisons modulaires (et parfois mobiles), des murs-armoires, des murs-placards, des fenêtres, des portes et des sous-ensembles de tuyauterie de drain, de renvoi et d'évent.

La commercialisation d'un tel système intégré se heurte à de graves difficultés, parce qu'il suppose la rationalisation des dimensions des plans des structures et des échelles. Les essais à fort volume ont été retardés et compliqués du fait que les travaux de génie industriel n'étaient pas terminés pour l'adaptation du système aux conceptions canadiennes. Les coûts sont plus élevés que prévus et les systèmes n'arrivent pas à concurrencer le système de plancher champignon de Toronto. En outre, les appartements deviennent moins répandus et le rythme de la construction commence à ralentir. L'expérience des systèmes européens s'est terminée en 1973.

Les systèmes combinant acier léger et béton

À la fin des années 70 et dans les années 80, d'autres systèmes canadiens entrent en concurrence avec les coffrages grimpants, notamment les systèmes combinant l'acier léger et le béton. *Hasbro* a été l'un des chefs de file de l'innovation dans ce domaine. Dans ce type de systèmes, le coffrage devient un élément permanent de la structure, contribuant ainsi à accroître la productivité en termes de matériaux et de main-d'œuvre. L'acier laminé à froid est fixé à du béton coulé sur place, ou à des sous-ensembles assemblés en usine, pour former les poutres de plancher, les rives, les colonnes et les murs. Des panneaux d'acier avec nervures en V ou des panneaux maintenus par des pinces sont placés entre les solives pour compléter le coffrage à double fonction de plancher et de structure. Le béton léger est un autre matériau qui peut convenir à cette méthode. Des plaques de plâtre suspendues entre les solives assurent la résistance au feu. Le béton léger et le béton composite ont

Photo 34 :
Des économies de matériaux et de main-d'oeuvre sont réalisées grâce à des assemblages composites comme celui mis au point au Canada par la société Hambro, dont les coffrages font partie intégrante de la structure *(Photo de Canam Hambro)*



contribué de façon substantielle à réduire les exigences afférentes à ces matériaux, de même qu'à éliminer presque complètement l'utilisation de coffrages séparés, de soudure et d'autres étapes redondantes et laborieuses.

Les systèmes de planchers de béton préfabriqués

Divers types de systèmes de planchers préfabriqués mis au point pour la construction commerciale ont été adaptés aux immeubles d'appartements. Leur utilisation était particulièrement rentable dans le cas des constructions de moyenne hauteur, souvent en combinaison avec des murs en béton porteur. Dans la plupart des cas, on utilise un plateau support qui nécessite de la peinture sur la face inférieure et une couche de béton et la pose de moquette sur la partie supérieure pour obtenir un plancher et un plafond finis. Des plateaux supports tubulaires précontraints, extrudés, ont d'abord été mis au point par *Spiroll* de Winnipeg dans les années 60, et leur usage s'est généralisé mondialement.

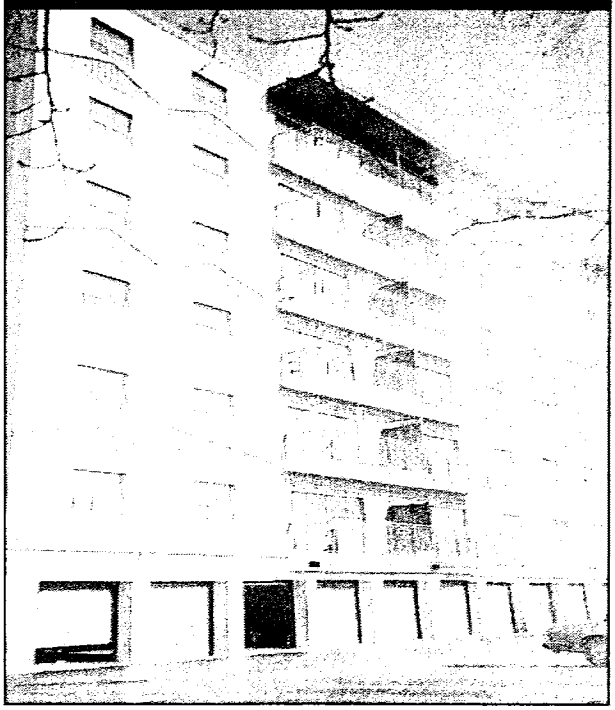
Le placage de brique et ossature d'acier

À la fois pour son apparence et sa durabilité, la brique est depuis longtemps un choix répandu pour le recouvrement extérieur des immeubles résidentiels. Depuis les années 50, le matériau de remplissage qui a prédominé pour les constructions de grande hauteur est la maçonnerie de béton. Dans les années 70, un système utilisant une ossature d'acier plutôt que des blocs de béton pour soutenir le placage de brique est introduit sur le marché canadien. Cette ossature, parce qu'elle diminue l'épaisseur et le poids, permet des économies du côté de la charpente et des fondations. Les immeubles peuvent être refermés rapidement sans égard aux conditions climatiques. De plus, il est possible de relever les niveaux d'isolation sans augmenter l'épaisseur totale du mur assemblé. En raison de ces nombreux avantages, ce système s'est répandu dans la construction d'immeubles d'appartements dans les années 80.

Les techniques d'isolation et de finition extérieures

Au début des années 80, on voit poindre des techniques combinant l'isolation et la finition extérieures en concurrence avec le traditionnel recouvrement de briques. Ce système consiste en une couche d'isolation thermique — habituellement du polystyrène expansé ou extrudé, mais aussi du polyuréthane, du polyisocyanurate ou de la laine minérale — attachée mécaniquement à la structure murale, recouverte d'une couche de base en ciment armé et d'une couche de finition en acrylique texturé de couleur ou en un matériau imitant le stuc. De tels systèmes offrent des avantages considérables sur le plan des coûts tout en constituant un couche supplémentaire d'isolant sur toute la structure.

Photo 35 :
Les techniques d'isolation et de finition extérieures viennent concurrencer la brique comme matériau de revêtement ***(Photo de Gemite Products)***



En même temps qu'ils continuent d'améliorer le processus de production de maisons à ossature de bois, les innovateurs mettent aussi au point des systèmes pour le compléter — mais jamais pour le supplanter. Leurs innovations les plus radicales, dont nous avons parlé précédemment, se sont répandues dans les marchés de la maison rurale ou de la maison de campagne d'une part, et dans les zones éloignées et les exportations relatives à l'habitation d'autre part. Un coup d'œil à des innovations fructueuses dans ces deux derniers marchés illustre ces activités.

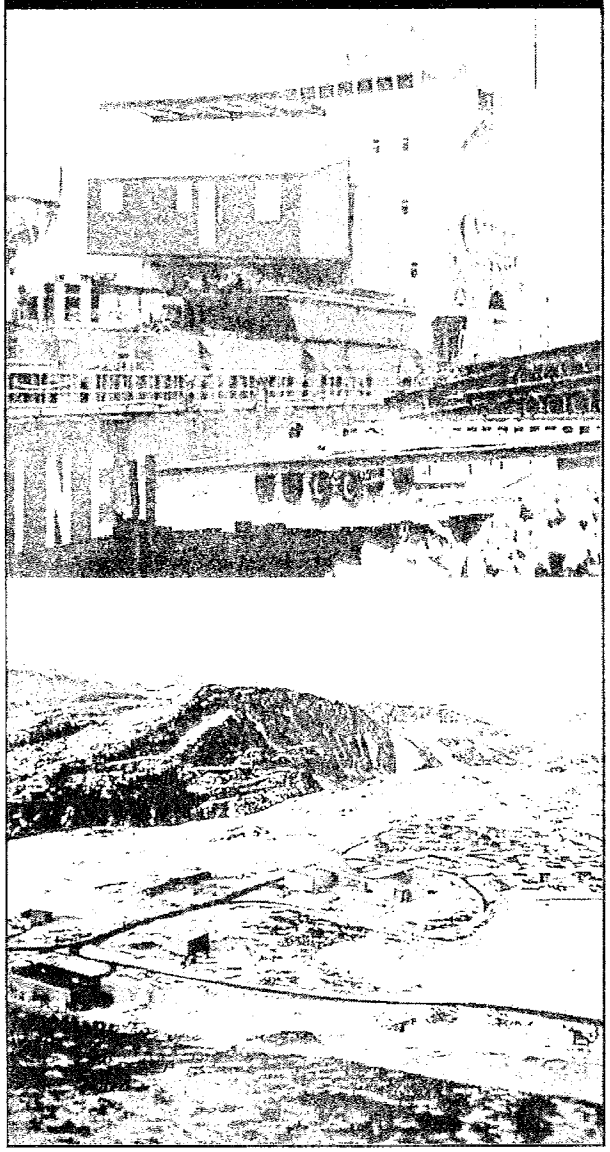
Les habitations du Grand Nord : les maisons du bout du monde

Des considérations économiques, plutôt que l'environnement nordique, sont le principal facteur pouvant servir à expliquer la conception et le système de production des maisons pour les communautés du Grand Nord. Les maisons à ossature de bois conventionnelles répondent assez bien aux exigences de performance propres au froid arctique (voir le chapitre 13 concernant les technologies pour le Nord), mais l'approvisionnement en matériaux et la construction de différents types de maison ne sont pas des tâches faciles.

En approvisionnant l'Arctique et d'autres régions éloignées, les producteurs canadiens ont acquis une expérience qui contribue à les rendre concurrentiels sur les marchés hors-frontières. Les vastes distances, la brièveté de la saison d'expédition, la rareté de la main-d'œuvre spécialisée et la difficulté à approvisionner la main-d'œuvre dictent des méthodes de production distinctes de celles qui sont utilisées dans les régions populeuses du sud du Canada.

Le confort et le contrôle qu'assure la fabrication en usine au sud ont été rapidement acceptés comme point de départ de la construction de logements dans l'Arctique. Dès le début, il va de soi que le contenu préfabriqué prendra des proportions importantes. Par ailleurs, les maisons préfabriquées à ossature de bois ouvrent rapidement la voie aux panneaux de type sandwich légers, résistants et mieux adaptés au climat.

Photo 36 :
En Arctique, des maisons modulaires livrées par bateau contribuent à créer ce village minier, Nanisivik, dans les années 80
(Photos de Scanda Consultants)



Cependant, la multiplicité des systèmes préfabriqués disponibles crée des problèmes pour ce qui est du remplacement des pièces ainsi que des réparations et des réglages sur place, situation qui entraîne une préférence, en particulier pour la Société d'habitation des Territoires du Nord-Ouest, pour les ensembles de matériaux de construction standard que l'on peut combiner en un petit nombre de modèles différents. Parallèlement, on se dirige vers la normalisation des composantes mécaniques, électriques et de plomberie afin de faciliter le service et l'approvisionnement en pièces de rechange dans les régions éloignées.

Tous les systèmes, qu'ils soient préfabriqués ou construits sur place, doivent être légers et compacts et résister à l'expédition et à l'entreposage hivernal. Ils doivent aussi permettre une construction rapide en vue de profiter du peu de temps propice à la construction.

Les marchés d'exportation : les innovations font le tour du monde

En plus d'exporter des matériaux de construction, surtout des produits en bois, les Canadiens considèrent également les besoins des marchés étrangers lorsqu'ils mettent au point des éléments préfabriqués et des systèmes de construction. Bon nombre de technologies, après avoir fait leurs preuves au Canada, en particulier dans les marchés spécialisés comme celui de l'Arctique, connaissent du succès à l'étranger, surtout dans les années 80 et 90. Les extraits qui suivent, tirés de *Possibilités d'exportations canadiennes dans le domaine de l'habitation* [1], mettent en lumière certains systèmes de construction les plus remarquables.

Les systèmes de panneaux sandwich en mousse plastique et bois composite

Ces systèmes combinent des voiles à base de bois, souvent des panneaux à copeaux orientés, et une âme de mousse plastique, souvent du polystyrène expansé, un mélange qui donne des panneaux sandwich structuraux à haute performance pour les planchers, les murs et les toits, et même pour les murs des fondations, éliminant jusqu'à 75 p. 100 des matériaux de charpente pour les immeubles conventionnels.

Les systèmes de construction en acier léger

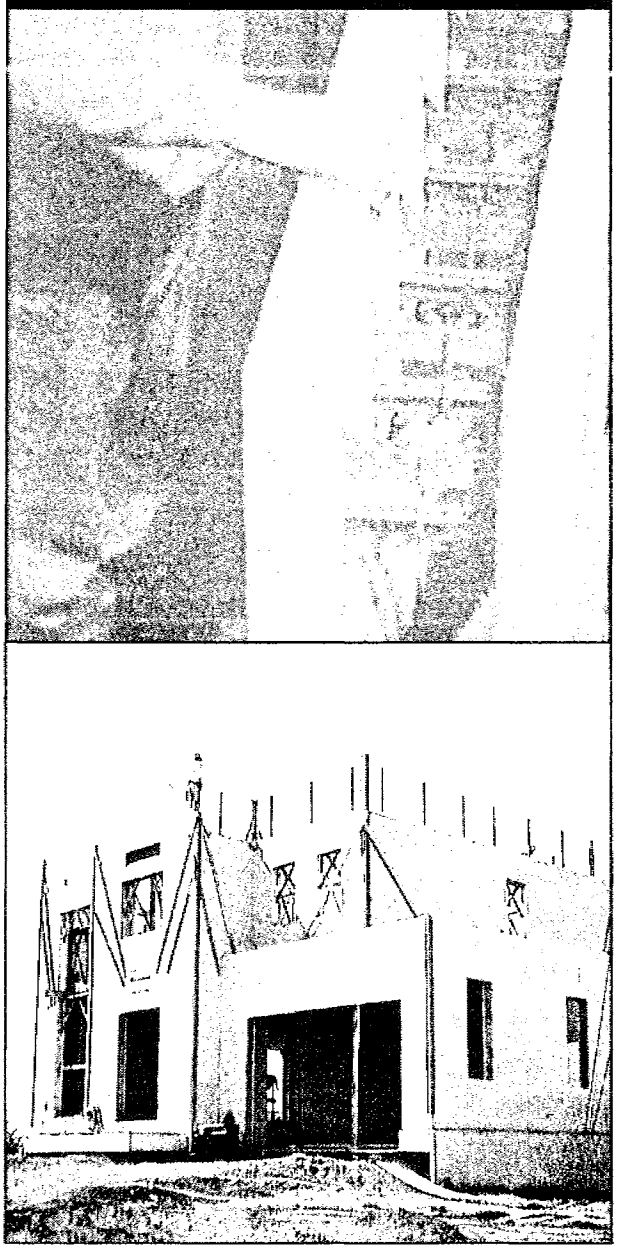
Une ossature légère en acier galvanisé peut servir à monter toute la charpente d'une maison en offrant la tolérance aux tremblements de terre, la stabilité dimensionnelle et des prix concurrentiels, tout en réglant le problème des ponts thermiques au moyen d'un revêtement extérieur isolant.

Photo 37 :
Les ossatures en acier léger s'avèrent une solution de rechange au bois pour la construction d'habitations ***(Photo de l'Institut canadien de la tôle d'acier pour le bâtiment)***

Les coffrages isolés de façon permanente

Des panneaux internes et externes de polystyrène expansé empilés à sec et assujettis à des armatures de liaison procurent un coffrage à isolation élevée et permanente qui doit être rempli de béton et d'acier d'armature pour les ouvrages à un étage ou les immeubles à étages multiples.

Photo 38 :
Les coffrages isolés de façon permanente allient des panneaux internes et externes de polystyrène à une âme en béton coulé sur place *(Photos de AAB Building Systems et de Polycrete Industries)*



Les panneaux sandwich en voile de béton et âme en mousse plastique

Utilisant la main-d'œuvre et les matériaux locaux, les panneaux de polystyrène expansé maintenus dans un cadre périmétrique en acier léger peuvent être montés manuellement de façon rapide pour former des murs, des cloisons et des toitures, qui sont par la suite vaporisés d'un voile à base de ciment armé de fibres.

Les produits de bois reconstitué

Les produits composés de fibres de bois encollées offrent une qualité accrue du point de vue de la résistance, de la rigidité, de la stabilité dimensionnelle et de la forme et font une utilisation maximale d'une ressource renouvelable. Ces produits comprennent les solives, les poutres et les poteaux muraux de placage lamellé, de panneaux de copeaux longs et profilés en I; les poutrelles à treillis; les contreplaqués imperméables; les panneaux de grandes particules et de copeaux orientés; les panneaux de fibres isolants et les panneaux de fibres durs.

La toiture

De nouveaux produits viennent s'ajouter au traditionnel bardeau d'asphalte à surface minérale. On trouve par exemple de nouveaux produits provenant de matériaux recyclés, comme les ardoises faites de plastique recyclé, de caoutchouc et de cellulose ainsi que les tuiles utilisant des matériaux composés de plastique, de ciment et de fibres de bois.

Les fenêtres

Certaines des fenêtres les plus perfectionnées au monde sont fabriquées au Canada et incorporent les plus récentes technologies en matière de vitrage : des intercalaires isolants, des coupe-bise perfectionnés et une variété de matériaux servant à la fabrication du châssis.

9. L'ÉMERGENCE DE L'INDUSTRIE DE LA RÉNOVATION

La rénovation domiciliaire prend son essor dans les années 70, et son volume de dépenses dépasse celui du secteur des constructions neuves dans les années 80. À titre d'activité de production de logements, la rénovation produit de « nouvelles » maisons viables à partir du parc existant, mais cette activité est si peu systématique par rapport aux constructions neuves que l'innovation à l'échelle de l'industrie est peu apparente. Par ailleurs, la rénovation nécessite un haut degré d'innovation car les rénovateurs doivent constamment faire face aux contraintes existantes pour intégrer l'ancien et le nouveau, qu'il s'agisse des matériaux ou des systèmes.

Les progrès de la technologie découlent en grande partie de la demande pour un rendement énergétique et un degré de confort accrus. Ces innovations sur le plan de la performance sont traitées au chapitre 14. Quant aux innovations au chapitre de la productivité, bien que potentiellement attrayantes puisque la rénovation nécessite beaucoup de main-d'œuvre, elles sont difficiles à réaliser pour un certain nombre de raisons. Le marché de la rénovation est partagé entre les rénovateurs professionnels, les entrepreneurs spécialisés, les entrepreneurs « hommes à tout faire », les propriétaires-occupants et les propriétaires-bailleurs. La plupart des intervenants de ce domaine n'appartiennent pas à des associations professionnelles, ce qui limite les activités de formation et de transfert de la technologie. Pour plusieurs entreprises de rénovation, la plupart des travaux sont uniques et jamais véritablement répétables.

L'expansion de l'industrie de la rénovation amène quelques grands constructeurs d'ensembles, qui possèdent des divisions de fabrication de produits, des compétences organisationnelles et qui ont réussi dans la production de maisons neuves, à mettre sur pied des divisions de rénovation. C'est ce qu'a fait *Campeau Corporation* au début des années 70. Toutefois, les innombrables problèmes et les frais généraux supplémentaires qu'entraîne le fait de traiter avec des propriétaires-occupants qui n'arrivent jamais à arrêter définitivement leurs désirs et leurs attentes a amené *Campeau* à reconsidérer cette orientation dès la fin des années 70. Fait encore plus important, en raison des frais généraux et de l'obligation d'assurer le contrôle de la qualité, une telle entreprise ne peut faire concurrence à la légion de petits ouvriers spécialisés qui occupent le domaine.

Les constructeurs de charpente et les petits charpentiers constructeurs s'activent aussi dans le marché de la rénovation. Ils réussissent dans le cas des travaux de rénovation de qualité, mais ils ont du mal à concurrencer les coûts des hommes à tout faire et, bien sûr, des bricoleurs. La recrudescence du travail au noir dans les années 90 rend la vie encore plus difficile aux rénovateurs professionnels.

Les innovations importantes n'ont guère connu de succès. Dans le domaine de la rénovation, même la production en série de grands éléments s'est en général avérée inefficace. À titre d'exemple, on a tenté d'installer des salles de bains modulaires dans de vieux immeubles pour les transformer en appartements de luxe; cette tentative s'est heurtée à des difficultés insurmontables et à des coûts énormes. Il pourrait sembler moins difficile de fabriquer en usine des pièces complètes pour ajouter à des maisons, par exemple des solariums, mais ici encore, ces tentatives se sont heurtées à des coûts imprévus, surtout parce que les maisons existantes sont souvent difficiles d'accès, ne sont ni de niveau ni à l'équerre, et que le filage et la tuyauterie sont souvent cachés dans des endroits tout à fait inattendus.

Les améliorations systématiques

Dans les cas où on a procédé à une amélioration systématique du parc immobilier, le recours à la production en série est facilité, ce qui permet des économies d'échelle et un meilleur contrôle du calendrier. Nous donnons ci-après quelques illustrations de ce phénomène.

Les programmes d'amélioration du rendement énergétique

Les programmes de subvention mis de l'avant par le gouvernement fédéral en matière d'amélioration du rendement énergétique ont grandement contribué à l'accroissement de la productivité de l'industrie de la rénovation. À titre d'exemple, mentionnons le Programme d'isolation thermique des résidences canadiennes (PITRC) et le Programme canadien de remplacement du pétrole (PCRP), qui ont été lancés dans la foulée de la crise énergétique en vue d'encourager le relèvement du degré d'isolation et la conversion des systèmes de chauffage. Ceux-ci, en plus des programmes provinciaux axés sur l'amélioration des services publics, ont donné naissance à de toutes nouvelles catégories de métier, comme les entrepreneurs dans le domaine de l'étanchéisation, et ont contribué à la mise au point de méthodes efficaces pour réisoler les greniers, isoler les cavités murales cachées, renforcer l'étanchéité de l'enveloppe et faire passer des chaudières du mazout au gaz.

L'amélioration des éléments

Les métiers spécialisés ont connu un degré élevé de productivité dans des marchés concurrentiels au plan des prix. Le remplacement des revêtements, dominés par le déclin d'aluminium dans les années 50 et 60, s'est orienté au cours des décennies suivantes vers le déclin de vinyle, ce qui a permis aux installateurs de mettre au point des méthodes efficaces pour poser du revêtement sur des maisons existantes et remplacer le soffite et les bordures de toit. De la même façon, le remplacement des fenêtres est devenu une activité très rentable, dépassant de loin le volume des installations. L'industrie des fenêtres a évolué de façon tout à fait décentralisée. Des petites entreprises achètent le vitrage et les composantes du châssis de grands fabricants, puis les assemblent dans leur atelier sur une base individuelle en fonction de la demande existante. Les fournisseurs et installateurs locaux d'armoires de cuisine adoptent une méthode semblable pour remplacer les armoires ou en changer les parties externes. Les spécialistes en réfection de toiture deviennent aussi très efficaces pour minimiser le temps requis pour enlever le revêtement existant et en poser un nouveau.

Photo 39 :
Le remplacement des fenêtres devient populaire auprès des consommateurs et se révèle profitable pour les petites entreprises de vitrage

Le creusage des sous-sols

Même avant l'essor de la rénovation, des améliorations considérables sont apportées aux petites maisons construites pendant la Seconde Guerre mondiale et immédiatement après. Puisque bon nombre de ces maisons sont construites sur des vides sanitaires, le creusage de sous-sols devient une activité courante. L'équipement et les techniques utilisés pour soulever les maisons se perfectionnent et permettent à des quartiers entiers de reposer dorénavant sur des sous-sols de pleine hauteur.

Le programme PAREL

Mis de l'avant au début des années 70, le Programme d'aide à la remise en état des logements (PAREL) de la SCHL ainsi que des programmes provinciaux mettent l'accent sur l'atteinte de normes minimales. On assiste alors à la mise en place de méthodes systématiques pour améliorer les installations de plomberie et d'électricité

inadéquats, les systèmes de chauffage et les cheminées qui présentent des dangers, la détérioration due à des anomalies de la charpente ou à l'humidité, de même que pour augmenter le degré de conservation de l'énergie.

Les centres d'amélioration des maisons

Les grandes chaînes de vente au détail de matériaux, qui ont essaimé pour répondre aux besoins croissants du marché des bricoleurs, constituent une autre source d'amélioration de la productivité. En fait, elles sont peut-être les acteurs les plus importants à voir le jour dans les années 80 et 90. Le volume des ventes dans ce domaine incite les grandes chaînes et leurs fabricants à mettre au point des produits faciles à utiliser et à installer, sans devoir recourir à de l'équipement sophistiqué, ce qui a pour effet de simplifier les travaux de rénovation non seulement pour les consommateurs, mais aussi pour les gens de métier.

On peut citer les ciments à calfeutrage et les adhésifs à séchage rapide, les portes montées, les gouttières et les tuyaux de descente en plastique agrafés ensemble, les ensembles de rangement pour placards, le papier peint facile à enlever, les mortiers et les bétons prémélangés, les produits chimiques servant à la fois à enlever et à restaurer et divers produits de rebouchage. De plus, le passage aux peintures et aux finis à base d'eau répond en bonne partie au désir exprimé par les propriétaires-occupants d'un nettoyage facile.

Certaines des plus importantes chaînes telles que *Castor bricoleur* et les mégacentres, tels que *Aikenhead, Réno-Dépôt et Home Depot*, de même que les grands magasins à rayons tels que *Sears* se sont engagés dans le marché de l'installation en franchise, misant sur leur réputation pour attirer des clients rendus méfiants par des rénovateurs sans scrupule. De tels travaux d'installation se concentrent sur les activités de remplacement de composants, comme le revêtement, les fenêtres et les armoires.

PARTIE IV

INNOVATION EN MATIÈRE DE PERFORMANCE

Les modèles canadiens de maisons à armature de bois sont très performants, durables, sûrs, efficients sur le plan énergétique, confortables, souples sur le plan de la conception et efficaces sur le plan de la consommation des ressources. Pourquoi alors les innovations techniques dans l'industrie ont-elles pris un tel virage, notamment après les années 60, afin de rationaliser la production et d'améliorer la performance?

Ce virage a été dû en partie aux progrès substantiels au chapitre de la productivité et à la quasi impossibilité de pousser encore plus loin les volumes de production. Mais plus encore, les améliorations remarquables de la performance, nombreuses durant cette période, répondent directement à de nouvelles demandes du marché, notamment :

- Réduire le nombre de visites, de rappels et de plaintes afin de satisfaire aux exigences de consommateurs de plus en plus critiques et des programmes de garantie.

- Produire des maisons éconergétiques qui satisfont au principe de la conservation des ressources à moindre coût, à la suite de pénuries perçues dans le domaine de l'énergie et de difficultés environnementales.

- Créer un environnement intérieur plus sain en réponse aux inquiétudes liées à l'incidence des logements sur la santé et le bien-être.

- Concevoir les maisons en utilisant une approche systémique qui tient compte des interactions de tous les systèmes et de tous les composants d'une maison, de sorte à assurer la sécurité et la durabilité pour les occupants.

- Appliquer les améliorations sur le plan de la performance à des maisons plus anciennes afin de maintenir la viabilité du parc existant.

Ce virage a été favorisé par nombre de nouveaux joueurs dans le domaine de la recherche et du développement en habitation. La section de l'habitation de la Division des recherches en bâtiment du CNRC, créée en 1957 à la demande de la SCHL, a lancé le premier programme de recherche systématique sur les maisons à ossature de bois. Les résultats des recherches ont été diffusés à l'industrie par le biais des *Cahiers du bâtiment*, publiés tout au long des années 60; la section sur l'habitation met l'accent sur les plastiques et d'autres nouveaux matériaux, sur les méthodes de préfabrication, sur les systèmes de logement arctique, sur les problèmes de condensation, sur les fuites d'eau de ruissellement, ainsi que sur l'isolation et le contrôle sonore.

Quand le CNRC a démantelé la Division de l'habitation en 1968, la SCHL a comblé le vide en mettant sur pied ses propres groupes de recherche et de démonstration. La SCHL a joué un rôle de premier plan dans nombre de secteurs de recherches techniques, notamment dans les domaines de la qualité de l'air intérieur, de l'humidité et du développement durable, durant les années 80 et 90. Énergie, Mines et Ressources a établi son propre service de recherche résidentielle au début des années 70, et lui donna plus d'ampleur après la crise de l'énergie. Le CNRC a continué de soutenir les activités liées au logement résidentiel dans le cadre de ses programmes de recherche en bâtiment, notamment par le biais de sa Division de l'énergie à la fin des années 70 et au début des années 80, et de ses centres de recherche des Prairies et de l'Atlantique. Le Comité de recherche technique de l'ACCH a servi de tribune principale pour les divers organismes de recherche, qui pouvaient ainsi communiquer avec l'industrie et assurer la diffusion des connaissances et de l'expertise collectives aux constructeurs de maisons du Canada.

Une nouvelle fournée d'ingénieurs en recherche et en développement est née dans le secteur privé dès la fin des années 60; ils servent de conseillers et de dépanneurs pour l'industrie de l'habitation, de même que de praticiens au sein des organismes de recherche du secteur public. Leurs cabinets, bien que de petite taille en général, ont contribué à l'avancement des connaissances en science du bâtiment par le truchement d'études approfondies de la performance des logements au Canada, d'essais sur le terrain de nouvelles technologies, de recherche sur les problèmes et de simulations par ordinateur.

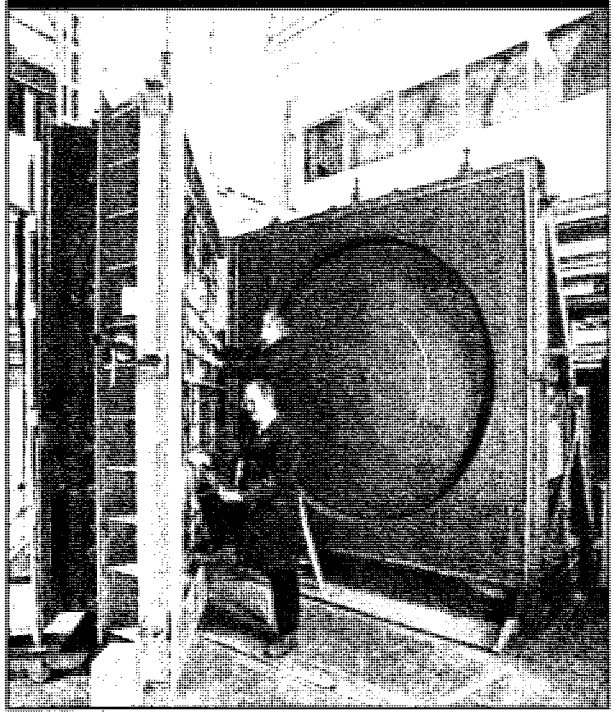
La partie IV résume les solutions, sous forme de nouveaux produits et de nouvelles méthodes de construction, proposées en réponse à ces nouvelles demandes faites au secteur de l'habitation au Canada en ces décennies de clôture du XXe siècle.

10. RÉDUIRE LES INCIDENCES SUR LES RÉSERVES ÉNERGÉTIQUES ET L'ENVIRONNEMENT

L'efficacité énergétique a probablement été la caractéristique la plus importante qui distingue les maisons des années 90 de celles des années 60. L'amélioration de la performance énergétique a été le thème majeur de cette période, intimement lié à d'autres enjeux tels que les problèmes d'humidité, la qualité de l'air intérieur et le développement durable. Cette section met l'accent tout d'abord sur la période initiale des recherches sur les techniques d'efficacité énergétique, soit les années 70 et 80. L'histoire se poursuit avec les progrès accomplis à la fin des années 80 et 90 relativement à d'autres incidences environnementales.

Les premières recherches sur l'efficacité thermique qu'a menées la Division des recherches en bâtiment du CNRC durant l'après-guerre — qui visaient surtout des applications dans l'Arctique ou qui découlaient de demandes de la SCHL visant l'étude de problèmes de condensation et de givrage — ont donné naissance à des techniques de mesure et ont permis de mieux comprendre des phénomènes comme la pénétration de la chaleur, de la vapeur et des flux d'air dans les enveloppes du bâtiment. Cependant, le rendement énergétique des maisons grand public au début des années 60 n'avait pas changé de façon importante depuis les années précédant la guerre.

Photo 40:
L'installation d'essai de murs dynamiques du CNRC permet l'analyse de spécimens en vraie grandeur pour en déterminer l'infiltration d'eau dans des conditions simulées de vent et de pluie *(Photo du Conseil national de recherches du Canada)*



Au milieu des années 60, les premières percées dans l'amélioration de l'efficacité énergétique ont touché les installations électriques. Dans le cadre de programmes du type Médaille d'or, on fait la promotion du chauffage entièrement électrique. On vante surtout ses coûts moins élevés, en montrant que la facture de chauffage annuelle peut être très concurrentielle malgré les coûts plus élevés de l'électricité si on augmente le niveau d'isolation et si on réduit les fuites d'air. Ces programmes ont été à l'origine d'un premier échantillon important de maisons dont l'efficacité énergétique était relativement bonne; elles étaient distribuées dans une grande partie du centre et de l'Est du Canada et mettaient en vedette une isolation murale pleine grandeur, une meilleure isolation des greniers, un système de chauffage électrique non raccordé et une attention particulière à l'étanchéité à l'air, notamment en utilisant le polyéthylène comme pare-vapeur.

Certains des plus importants constructeurs de l'Est du Canada, notamment Campeau, pressentant que l'intérêt du marché avait été suffisamment aiguisé par ces programmes, ont remplacé à la fin des années 60 les systèmes de chauffage à l'huile par des sous-divisions tout électriques, plus performantes sur le plan énergétique. L'Ouest canadien n'a pas emboîté le pas, parce que les constructeurs profitaient depuis longtemps des avantages économiques du chauffage au gaz naturel. Ces constructeurs construisaient déjà des maisons plus efficaces en raison des hivers plus rudes dans les Prairies et de la popularité du stuc, un revêtement de finition extérieure beaucoup plus étanche.

En 1972, le projet Mark VII à Surrey, en Colombie-Britannique, est l'une des premières démonstrations qui intègrent les découvertes relatives à l'importance d'installer des pare-air et des pare-vapeur scellés — soit des panneaux structuraux de contre-plaqué, mis à l'épreuve dans les logements nordiques — dans des maisons mieux isolées.

La crise de l'énergie et la recherche de sources de rechange

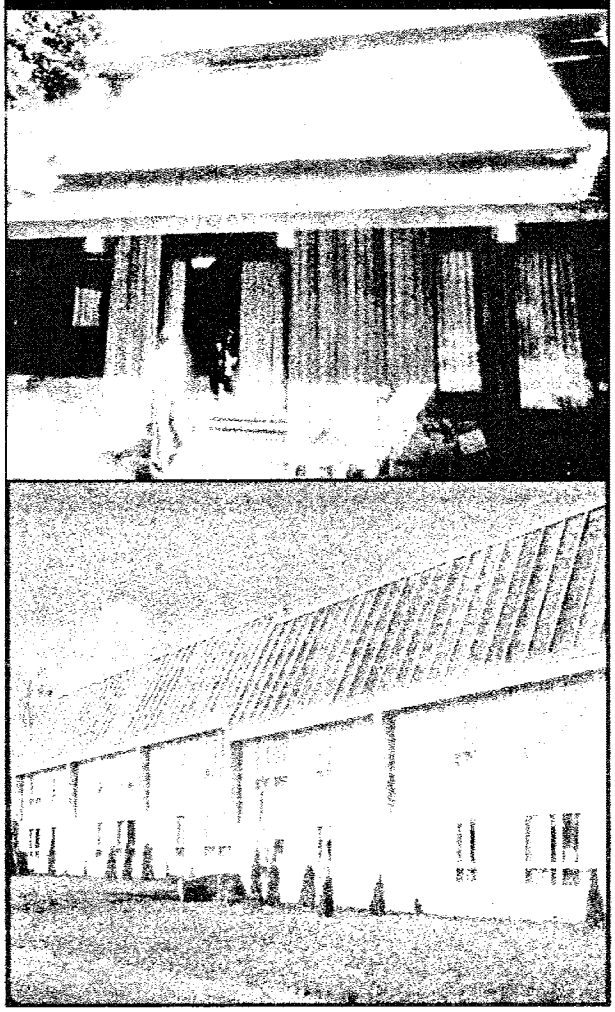
La crise de l'énergie des années 70 a radicalement changé les priorités et a provoqué la mise au point et la commercialisation d'une foule de technologies visant la conservation de l'énergie. Ce fut aussi le catalyseur de la diffusion de principes scientifiques dans tout le secteur de l'habitation.

Après la forte augmentation des prix du pétrole par l'OPEP en 1973, les inquiétudes liées tant au prix de l'énergie qu'à l'approvisionnement ont donné lieu à une pléthore de programmes et de projets de recherche visant à améliorer le rendement énergétique et à réduire la dépendance du Canada envers les produits du pétrole. Le logement, qui comptait pour 20 p. 100 environ de la consommation totale d'énergie au Canada, a été ciblé comme l'un des secteurs où on pouvait réaliser les plus grandes économies.

En rétrospective, la crise de l'énergie peut être perçue comme le facteur majeur — voire le seul — des progrès dans le secteur de l'habitation au Canada depuis qu'il avait été aux prises avec la nécessité de fournir des logements et de construire des collectivités entières au retour des vétérans de la Seconde Guerre mondiale.

L'une des premières réactions à la décision de l'OPEP a été de chercher de nouvelles sources de carburant. Cette nécessité a permis au mouvement de promotion de l'énergie solaire d'obtenir un soutien considérable de la part du gouvernement fédéral; de nombreuses parties considéraient cette source d'énergie comme étant la seule qui pourrait répondre aux besoins des logements dans l'avenir.

Photo 41 :
Les premières expériences menées sur des systèmes d'énergie solaire actifs portent sur ces installations à North Saanich, en C.-B., et à Charlottetown, à l'Î.-P.-É.



La Société d'énergie solaire du Canada a été créée en 1974 et a activement fait la promotion de l'utilisation d'énergies renouvelables. Le Groupe interministériel de recherche et d'exploitation énergétiques a été créé en 1975 pour coordonner et financer la recherche au fédéral. Le CNRC a lancé en 1975 un important programme de recherche sur les capteurs solaires résidentiels, les installations de chauffage solaire de type actif et les systèmes de chauffage à eau chaude, les installations de stockage d'énergie à court terme

et saisonnières, les tuyaux guide-lumière et la durabilité des systèmes solaires. Des systèmes ont été installés partout au pays en vue d'une évaluation et une installation pilote a été construite à Ottawa. La SCHL a intégré des chauffe-eau solaires et des installations de chauffage centralisé dans les appartements de démonstration des Plaines LeBreton.

Des analyses techniques répétées d'installations privées ont cependant démontré que le chauffage solaire actif était insatisfaisant sur le plan économique et cette panacée tant vantée dans les années 70 n'a jamais répondu aux attentes. Malgré des raffinements continus, la technologie solaire active dans les années 90 a connu des succès commerciaux très limités dans certains créneaux, tels que les chauffe-eau pour les piscines.

L'énergie solaire passive, pour sa part, a été intégrée avec succès dans des modèles de maison, en raison de l'absence de composants mobiles. Dans les nouvelles maisons types, 20 à 25 p. 100 des besoins de chauffage pouvaient facilement être comblés par des installations solaires « sans frais ». Les premières tentatives, dans les années 70, visant à capter et à emmagasiner l'énergie solaire sont souvent extrémistes — on a même vu un mur de miroirs inclinés au sud et aucune fenêtre sur les autres façades. Souvent associées à l'énergie solaire passive, les maisons enfouies sous la terre — creusées dans un fossé ou dans des pentes afin de tirer le plus grand profit de la masse thermique du sol — qui ont connu une brève période de popularité à la fin des années 70 et au début des années 80 n'ont jamais percé les marchés populaires. EMR a entrepris des recherches sur l'énergie solaire passive en 1985, qui mettaient l'accent sur les fenêtres à haute performance qui emmagasinaient l'énergie par changement de phase.

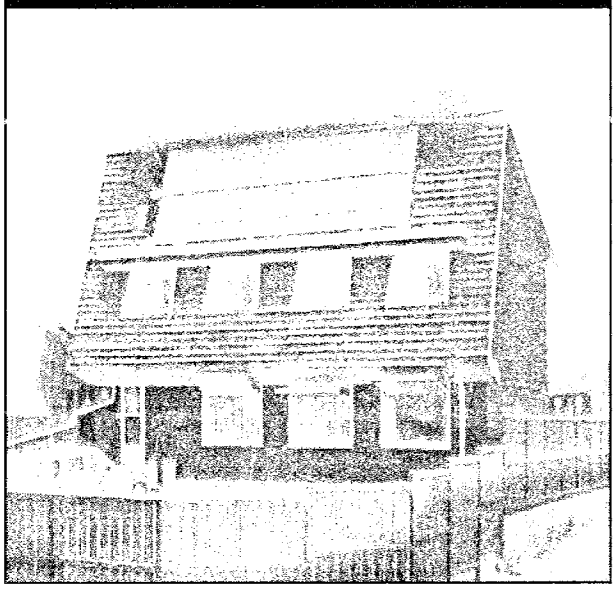
Durant cette période, la SCHL a effectué des recherches sur les systèmes de chauffage solaire actifs et passifs, sur les mini-installations solaires, sur le captage de l'énergie solaire et l'entreposage de l'énergie saisonnière. La Société a été l'un des premiers organismes à démontrer que les tours d'habitation massives ne constituaient pas une méthode appropriée aux températures froides du Canada. Étant donné que les premières maisons solaires n'ont pas obtenu la faveur du public, la SCHL, en collaboration avec des concepteurs et des constructeurs, a élaboré des directives pratiques, souvent en tirant profit des outils de conception graphique et des règles de base sur l'optimisation de l'énergie solaire passive dans les maisons conventionnelles [1].

Les études de la SCHL ont aussi porté sur des schémas énergétiques à large échelle, tels que le projet Freecool, qui visait à installer dans le centre-ville de Toronto des systèmes de climatisation alimentés par l'eau froide du lac Ontario, des systèmes de production mixte d'énergie thermique pour les logements publics et les communautés nordiques, des systèmes de récupération de l'énergie provenant de l'air d'évacuation et des systèmes de chauffage central. Plus tard, la recherche portant sur les nouvelles sources d'énergie, notamment à EMR, s'est intéressée à l'énergie photovoltaïque et aux thermopompes puisant l'énergie dans le sol.

Les premières démonstrations d'efficacité énergétique

Très ironiquement, la première maison de démonstration à haut rendement énergétique visait à démontrer des systèmes solaires actifs. La Saskatchewan Conservation House, construite à Regina en 1977, marque un point tournant pour les maisons à faibles besoins énergétiques, parce qu'elle intègre pratiquement tous les concepts qui ont plus tard été des caractéristiques du Programme R-2000 et d'autres programme. Cette maison de démonstration est le fruit d'une collaboration entre le Saskatchewan Research Council, le Centre de recherche des Prairies du CNRC, l'ACHDU (ACCH) et d'autres organismes provinciaux et universités.

Photo 42 :
En 1977, la Conservation House Saskatchewan, située à Regina, comporte presque tous les concepts utilisés plus tard par le Programme R-2000

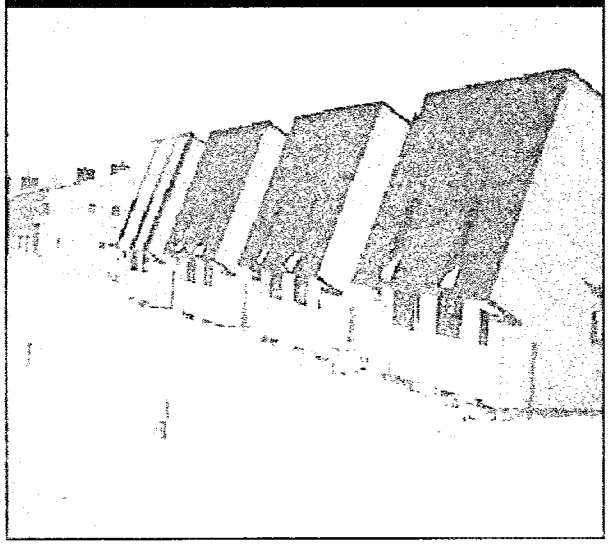


La Conservation House réduisait la consommation d'énergie à moins de 15 p. 100 par rapport à une maison conventionnelle des Prairies à cette époque — sans le secours des capteurs solaires sous vide, qui n'ont jamais été vraiment efficaces. La maison a été construite selon l'approche canadienne « légèreté et étanchéité » des systèmes solaires passifs, qui marie des façades au sud dotées de quelques fenêtres et une enveloppe étanche, très isolée (au contraire de la méthode plus conventionnelle, « massive et vitrée », en vogue à cette époque, qui favorise de nombreuses fenêtres au sud et des quantités importantes de masses thermiques pour emmagasiner la chaleur).

La maison de démonstration rassemble nombre d'innovations. Un mur à double colombage permet une isolation de niveau RSI 7 (R40). Le niveau d'isolation dans le grenier et le vide sanitaire est aussi très élevé. Des volets isolants optimisent les gains d'énergie solaire passifs par les fenêtres. L'une des premières tentatives de créer une enveloppe étanche continue — au moyen de polyéthylène d'épaisseur 6 mil (la norme était alors 2) et de calfeutrage acoustique — a permis de réduire les fuites d'air à 1,3 nombre de renouvellements par heure dans des conditions de dépressurisation à 50 pascals, ou à moins d'un dixième de nombre de changements d'air dans des conditions ambiantes. On commence à voir les incidences potentielles de la qualité de l'air intérieur et des pertes énergétiques associées à la ventilation mécanique, ce qui amène la mise au point d'un prototype d'échangeur de chaleur air-air — le précurseur des ventilateurs-récupérateurs de chaleur. Un prototype de système récupérateur de chaleur provenant des eaux usées a aussi été démontré.

Le projet Mark XI, construit à l'extérieur d'Ottawa en 1977, a constitué le projet de recherche le plus important dans le domaine énergétique qu'a mis en branle l'industrie de l'habitation au Canada jusqu'à ce jour. Quatre maisons isolées quasi identiques ont été construites l'une à côté de l'autre en vue de déterminer l'efficience de diverses techniques de conservation de l'énergie. Parmi ces dernières, citons les systèmes de chauffage solaire actifs, des thermopompes utilisant l'air comme source

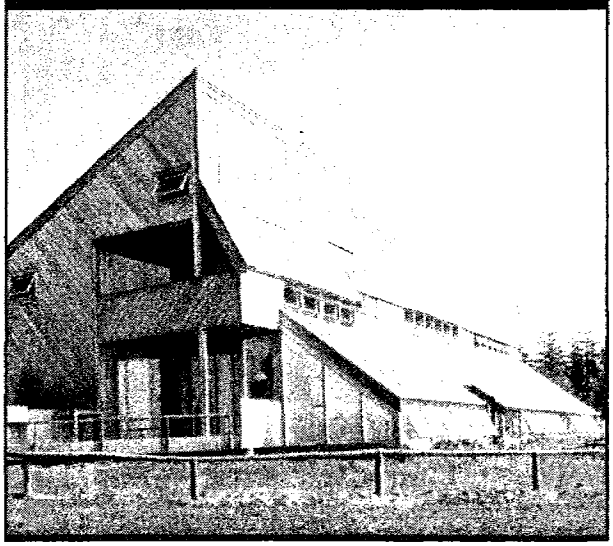
Photo 43 :
Les quatre maisons Mark XI servent à effectuer des études exhaustives sur l'économie d'énergie *(Photo du Conseil national de recherches du Canada)*



froide, des systèmes de préchauffage de l'eau domestique, des méthodes d'étanchéisation, diverses quantités d'isolants qui dépassaient les exigences en vigueur dans les codes du bâtiment et des systèmes de ventilation contrôlée. L'instrumentation complète mise au point par le CNRC donne pour la première fois la possibilité de contrôler la performance énergétique sur toute une année.

Une autre démonstration importante à l'époque a pris la forme du projet Arche, en 1978, à l'Île-du-Prince-Édouard. Non seulement y fait-on la démonstration d'une utilisation étendue de systèmes solaires actifs et passifs, mais on veut aussi atteindre un plus grand degré d'autonomie, en fournissant des sources de nourriture au moyen de serres et de piscicultures. Cette méthode s'est révélée difficile à appliquer dans le marché des maisons grand public.

Photo 44 :
L'Arche, à l'Île-du-Prince-Édouard, va au-delà d'une simple utilisation de techniques solaires actives et passives puisqu'elle fournit également une source de nourriture au moyen de serres et de piscicultures



En s'inspirant des succès obtenus par la Saskatchewan Conservation House, les gouvernements fédéral et provinciaux ont décidé en 1980 de subventionner conjointement un stand de l'énergie pour l'habitation à Saskatoon, afin de démontrer que des maisons à faibles besoins énergétiques pouvaient être construites au goût des consommateurs. Les principales caractéristiques du projet sont l'utilisation d'une performance cible pour le chauffage des locaux, qui permet aux équipes de construire 14 maisons en utilisant les systèmes et les techniques qu'elles préfèrent, tels que les murs Trombe, les chauffe-eau à haut rendement énergétique pour le chauffage des locaux, des fenêtres à verre quadruple, des modèles de fenêtres isolantes ou des murs à isolation maximale. Cette méthode visant un haut rendement énergétique exige le développement de simulations informatiques afin de faire des prédictions sur les performances énergétiques, qui deviennent alors le fondement des recherches du CNRC sur le HOTCAN. Ce dernier, au fur et à mesure des mises à niveau implantées par EMR, devient le HOT-2000, le principal outil de simulation énergétique pour l'industrie de la construction d'habitations au Canada.

Le Programme R-2000

Durant la même année, soit 1980, Énergie, Mines et Ressources Canada annonce son programme de maisons à haut rendement énergétique (MHRE) dans le cadre du Programme énergétique national du Canada. EMR débute par des recherches et des essais pilotes, en se fondant sur les expériences tirées de la Saskatchewan Conservation House et le stand de l'énergie, en partenariat avec l'ACCH. Des constructeurs canadiens construisent une série de MHRE pilotes en 1981, sous la surveillance étroite d'EMR. Les résultats prometteurs mènent à la commercialisation formelle du Programme de maisons R-2000 en 1982; la responsabilité de la livraison a été confiée à l'Association canadienne des constructeurs d'habitations, en 1984.

Les principales caractéristiques de la technologie R-2000 comprennent à ce moment des niveaux élevés d'isolation, l'étanchéité, des systèmes de ventilation mécanique continue équilibrée dotés de systèmes récupérateurs de chaleur, des

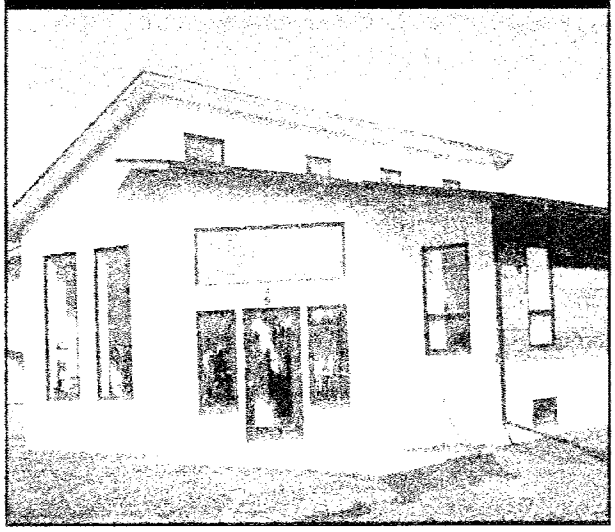
Photo 45:
Bon nombre de maisons R-2000 sont indiscernables de leurs voisines moins éconergétiques *(Photo de l'Association canadienne des constructeurs d'habitations)*

systèmes solaires passifs et des systèmes de chauffage efficients. Les exigences techniques sont fondées sur la méthode systémique de l'étanchéité, de la ventilation et de la durabilité. La norme F326 de l'ACNOR, parrainée par EMR et avec l'appui des recherches de la SCHL, a eu une influence importante sur les codes et les méthodes de construction. Les exigences techniques R-2000 sont axées sur la performance plutôt que sur des prescriptions, ce qui laisse une flexibilité considérable aux constructeurs. Le logiciel HOT-2000 permet d'évaluer la performance des maisons R-2000 proposées, et son amélioration constante a fait du Canada un chef de file en matière d'analyse de la consommation énergétique résidentielle.

Après la commercialisation complète du Programme R-2000, les prix mondiaux de l'énergie avaient chuté et beaucoup d'organismes avaient réduit les fonds consacrés à la recherche et aux programmes en matière d'énergie. À la fin des années 80, le marketing du Programme R-2000 est beaucoup plus axé sur la qualité de la construction que sur l'efficacité énergétique.

Le nombre total de maisons R-2000 enregistrées (environ 8 000 en 1995) a été bien en deçà des cibles escomptées, mais l'incidence indirecte du Programme sur les maisons grand public, en raison de l'influence du Programme sur les méthodes de construction et les codes, a été très considérable : selon une évaluation globales, les économies d'énergie indirectes représentent 60 fois les économies directes [2]. L'approche intégrée du Programme R-2000 en ce qui a trait à la recherche et au développement, aux exigences relatives à la performance, à la formation des constructeurs et au contrôle de la qualité a grandement contribué à améliorer les compétences et les connaissances scientifiques en matière de construction dans toute l'industrie. Il est particulièrement important de remarquer à quel point le manuel *R-2000 – Guide du constructeur* (plus tard intitulé *ACCH – Guide du constructeur*) a été constamment raffiné et perfectionné [3]. L'efficacité énergétique des nouvelles maisons conventionnelles a augmenté de plus de 30 p. 100 entre 1982 et 1994, sous l'influence directe du Programme R-2000.

Photo 46 :
La conception de certaines maisons R-2000 leur permet de réaliser des gains solaires passifs grâce à leurs fenêtres orientées vers le sud *(Photo de l'Association canadienne des constructeurs d'habitations)*

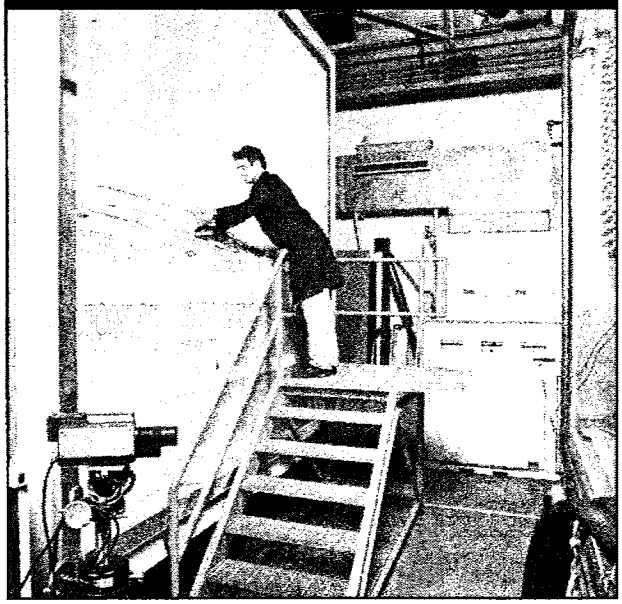


Entre 1985 et 1990, le projet de démonstration des maisons à haut rendement énergétique Flair (qui faisait partie du projet Mark XIV de l'ACCH) a constitué un important terrain d'essai pour les techniques R-2000. Ainsi, 20 maisons quasi identiques et orientées de la même façon ont été construites à Winnipeg; elles sont dotées de divers systèmes d'enveloppe mécanique afin de permettre une évaluation de leur performance respective [4].

En complément aux activités d'EMR à l'époque, la SCHL met en œuvre des activités élargies de contrôle sur le terrain des nouvelles technologies, telles que les échangeurs de chaleur air-air, l'isolation extérieure des sous-sols, les techniques d'étanchéisation et les murs « dynamiques », ainsi que de certaines sous-composantes plus anciennes d'efficacité énergétique, telles que celles qui sont installées à Tumbler Ridge en Colombie-Britannique et à Apple Hill près d'Ottawa. De telles études sur le terrain ont permis de mieux comprendre les problèmes d'humidité et de qualité de l'air, et de reconnaître l'importance d'une approche systémique de la conservation de l'énergie. Diverses publications détaillées à l'intention des constructeurs traitent des méthodes visant un haut rendement énergétique [5]. La SCHL a aussi alloué des ressources au développement de logiciels d'analyse énergétique. Un système informatique de modélisation des caractéristiques de conservation de l'énergie des maisons basses — SCHL/2 — permet d'intégrer des données d'analyse et d'évaluation des coûts dans les recommandations de stratégies optimales.

De même, le CNRC entreprend des recherches de soutien assez importantes sur la mesure des fuites d'air et leur contrôle, les pertes de chaleur par le sous-sol, ainsi que la performance thermique des fenêtres et des murs. Les ministères provinciaux de l'énergie et d'autres organismes font aussi des recherches et mettent sur pied des projets de démonstration sur l'efficacité énergétique.

Photo 47 :
On prépare un lanterneau dans un caisson pour grande fenêtre du CNRC qui peut tester la condensation et la résistance thermique à une température aussi basse que -40 °C
(Photo du Conseil national de recherches du Canada)



Une mine de techniques à haut rendement énergétique

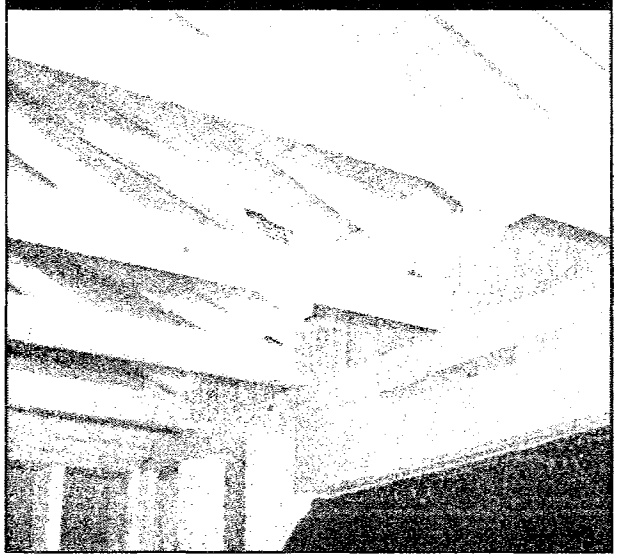
Le Programme d'efficacité énergétique R-2000, divers programmes d'amélioration de l'efficacité thermique ainsi que les nombreuses recherches effectuées par EMR, la SCHL et le CNRC ont permis de mettre au point de nombreuses techniques novatrices durant les années 70 et 80. Outre les systèmes d'énergie solaire actifs et passifs, dont on a déjà parlé, les paragraphes qui suivent présentent certaines technologies à haut rendement énergétique parmi les plus importantes.

Les ossatures murales perfectionnées

La construction de maisons à ossature en bois 2 x 4 (50 mm x 101 mm) traditionnelle a facilité l'augmentation des niveaux d'isolation — minimaux dans les maisons de l'avant-guerre — aux niveaux courants dans les maisons chauffées à l'électricité des années 60. Cependant, pour dépasser ces niveaux, il fallait repenser les concepts de base et des composants bien précis [6].

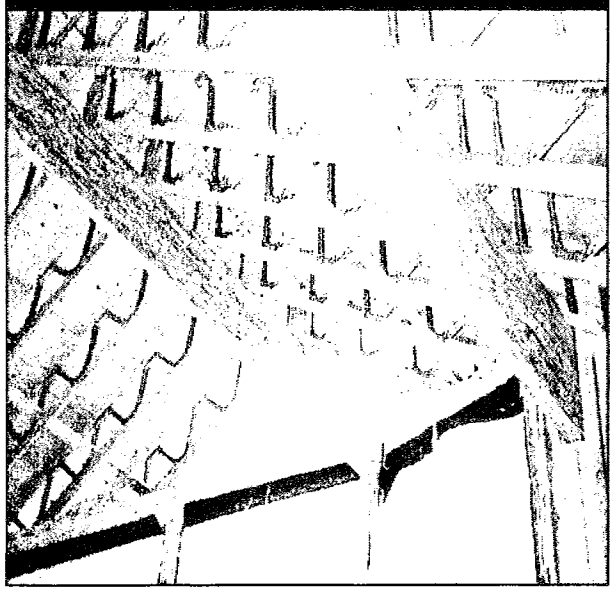
Pour mieux isoler les murs, on a étudié diverses techniques, y compris les fourrures dans les murs, les doubles colombages, les colombages 2 x 6 (50 mm x 152 mm) et les charpentes triangulées. Certaines de ces techniques exigent un travail supplémentaire qui rend les coûts trop exorbitants pour les maisons grand public, mais le colombage 2 x 6 devient une méthode standard dans de nombreuses provinces. Les ponts thermiques aux coins extérieurs et les intersections extérieures-intérieures aux murs sont réduites du fait qu'on utilise moins de colombages et des agrafes pour les plaques de plâtre. Une autre partie faible, les membres de bordure, est améliorée quand on découvre la technique des membres noyés et des isolants extérieurs rigides, de même que les ossatures à claire-voie modifiée, qui permet de fixer les solives du plancher à l'ossature du mur plutôt que de les déposer sur la sablière. C'est seulement après les changements apportés au Programme R-2000 en 1994 que les exigences des codes du bâtiment reconnaissent les défauts causés par l'ossature en colombage 2 x 6.

Photo 48 :
Les fermes à chevrons relevés permettent d'augmenter l'isolation et la mise en place de déflecteurs de ventilation dans le vide sous toit à la jonction du plafond et du mur ***(Photo de l'Association canadienne des constructeurs d'habitations)***



Si les fermes des toits conventionnelles imposent peu de restrictions en ce qui a trait à l'augmentation de l'isolation du grenier, certains détails restent à améliorer. Ainsi, les fermes à chevrons relevés, qui permettent d'augmenter l'isolation et la mise en place de déflecteurs de ventilation dans le grenier à l'intersection plafond-mur, deviennent la norme. Les charpenteries de toit de haute technologie, et plus conventionnellement les solives en I, permettent l'augmentation de l'isolation de façon économique dans les plafonds cathédrales.

Photo 49:
Les charpenteries de toit de haute technologie, comme cet assemblage bois-acier, accroissent la quantité d'isolant de façon économique dans les plafonds cathédrales ***(Photo de MacMillan Bloedel Building Products)***

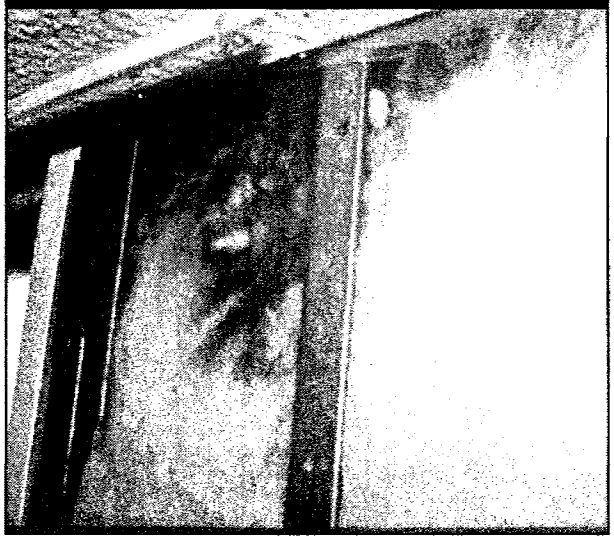


Le contrôle des fuites d'air

Les maisons types des années 60, bien qu'elles soient beaucoup plus étanches que celles de l'avant-guerre en raison de l'utilisation de contre-plaqué, de plaques de plâtre et de pare-vapeur, sont encore truffées de points de fuite — 5 à 6 renouvellements par heure dans des conditions de dépressurisation à 50 pascals. L'évolution des techniques d'étanchéisation a été révolutionnaire et, malgré le fait qu'on ne pouvait que suggérer des normes relatives à l'étanchéité

dans les codes du bâtiment, les fuites d'air dans les nouvelles maisons conventionnelles ont diminué de moitié, atteignant 2,5 à 3 renouvellements d'air par heure à 50 pascals dans les années 90, puis 0,75 à 1,5 renouvellement d'air par heure à 50 pascals dans les maisons R-2000 et autres maisons à haut rendement énergétique. De fait, les concepts de l'étanchéité sont si bien acceptés par les constructeurs que, dans une enquête réalisée en 1989, on a découvert que les taux de renouvellement par heure dans les nouvelles maisons au Canada, selon les normes du *Code national du bâtiment* de 1990, ne pouvaient être mesurés sans le recours à un outil mécanique [7]. Ces progrès ont été le résultat d'exigences en matière de rendement du Programme R-2000 et des recherches sur l'humidité, celles notamment du Centre de recherche des Prairies du CNRC et du Saskatchewan Research Council, qui démontrent l'importance d'installer un pare-air continu plutôt qu'un pare-air discontinu, comme il était courant de le faire. Des améliorations initiales dans les techniques des pare-air comprennent l'augmentation de l'épaisseur du polyéthylène de 2 à 6 mil, ainsi que le perfectionnement des techniques

Photo 50 :
L'isolant humide et taché de moisissure, comme dans ce mur d'une tour d'habitation à ossature d'acier, fait ressortir la nécessité de maîtriser les fuites d'air au moyen d'un pare-air continu



d'étanchéisation des détails de construction, par exemple le recouvrement des solives et des cadres de fenêtres, l'installation de boîtier en polyéthylène derrière les coffrets électriques et la fermeture des points de pénétration dans les murs et le toit. Les murs intérieurs à fourrures rendent possible l'installation de filage électrique sans perforer le polyéthylène.

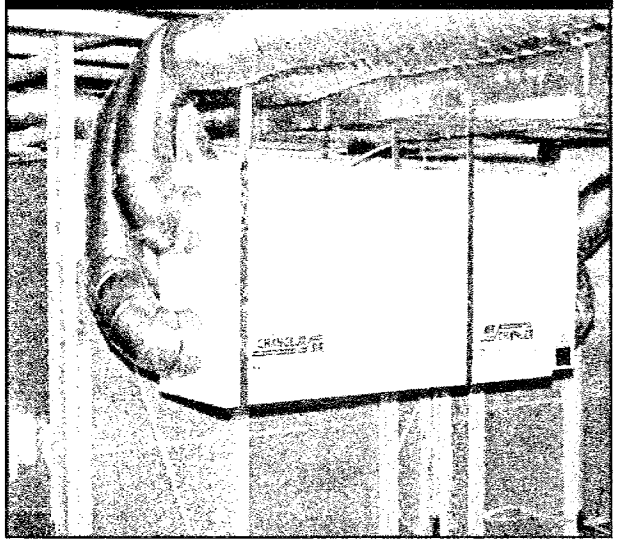
La recherche s'intensifie dans le domaine de la perméabilité à l'air des matériaux et des ensembles, surtout à la SCHL et au CNRC, et on considère de plus en plus les pare-air comme un système plutôt que comme un produit distinct. Diverses technologies émergent. La méthode des plaques de plâtre étanches, qui fait appel au calfeutrage et aux joints d'étanchéité pour sceller les plaques standard aux éléments de la charpenterie, crée un pare-air continu, manifestement étant aussi efficace que le polyéthylène soudé. La méthode des plaques de plâtre étanches a été mise à l'essai dans le cadre du Alberta's Innovative Housing Grants Program, qui démontre aussi que l'utilisation de peinture coupe-vapeur offre une solution de rechange au polyéthylène; l'Office des normes générales du Canada élabore ensuite des normes sur les peintures.

Les membranes de revêtement perméable à la vapeur d'eau, de polyoléfine non tissée, conçues à l'origine comme pare-intempéries aquastables mais perméables à la vapeur, ont été modifiées afin de satisfaire aux normes régissant les pare-air. Appliquées par-dessus le revêtement extérieur ou appliquées en usine aux matériaux isolants ou aux panneaux de fibres extérieurs, les membranes perméables sont devenues courantes dans de nombreux secteurs. Une controverse entoure la nécessité du soutien structural des pare-air. La SCHL propose la première méthode pare-air extérieur, selon laquelle les membranes perméables à la vapeur ou le polyéthylène sont pris en sandwich entre des couches de panneaux de fibres afin d'obtenir un support structural. La SCHL et le CNRC ont effectué des essais complets sur les matériaux utilisés comme pare-air, les détails des jointures et les ensembles.

Les ventilateurs-récupérateurs de chaleur

La mise au point des ventilateurs-récupérateurs de chaleur est l'un des grands succès de l'histoire des technologies canadiennes. Dans le sillage des exigences du Programme R-2000 relatives à la ventilation mécanique à l'aide de la récupération de chaleur — afin de compenser l'étanchéité des constructions — ainsi que des recherches et des travaux sur l'élaboration de normes à EMR, la démonstration initiale de la pompe à chaleur air-air dans la Saskatchewan Conservation House s'est transformée en une industrie de fabrication importante au Canada, et 50 000 unités ont été exportées chaque année. Les problèmes initiaux de givre et de bruit ont été réglés. Les exigences beaucoup plus sévères en matière de ventilation dans les codes du bâtiment à partir des années 90 ont fait des ventilateurs-récupérateurs de chaleur des éléments très communs dans les maisons neuves partout au pays.

Photo 51 :
La mise au point des ventilateurs-récupérateurs de chaleur est l'un des grands succès de l'histoire des technologies canadiennes. Ils se répandent dans les constructions neuves au cours des années 90 *(Photo de Terry Robinson)*

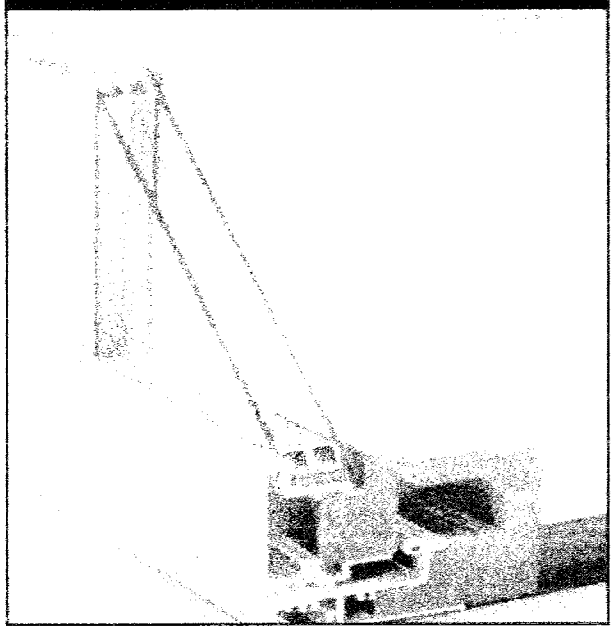


Les « super fenêtres »

Plus les murs et les plafonds sont isolés et étanches, plus il devient évident que les fenêtres représentent le maillon faible de l'enveloppe des bâtiments : les fenêtres standard à double vitrage sont à l'origine de plus de 30 p. 100 des pertes de chaleur dans les maisons types. Les recherches sur les fenêtres deviennent une priorité et sont prises en charge par EMR après le démantèlement de la Division de l'énergie du CNRC en 1984.

Deux découvertes importantes ont été présentées au début des années 80. Les films à faible émissivité permettent le passage de la lumière par transmission, tout en réduisant la perte de chaleur vers l'extérieur. Des gaz inertes, tels que l'argon, sont utilisés pour combler les lames d'air entre les carreaux, ce qui contribue à réduire de façon sensible les pertes thermiques par convection dues à la circulation d'air. Ces deux percées ont permis d'obtenir plus que le double de résistance thermique par rapport aux fenêtres conventionnelles, à des coûts minimes. Le produit a donc fait une percée

Photo 52 :
Les « super-fenêtres » font appel à différents moyens pour améliorer la performance énergétique. Cette fenêtre comporte un film de polyester entre les deux vitrages afin de créer un assemblage dit à « triple vitrage »



importante dans les marchés à compter des années 90. Le verre triple est devenu encore plus courant, notamment au Manitoba et dans le Nord. D'autres méthodes de verre multiple utilisaient un ou deux films de polyester entre les carreaux afin de réduire l'épaisseur générale et les coûts. D'autres progrès étaient axés sur les intercalaires isolants et sur l'amélioration de l'efficacité thermique des cadres, par exemple le fibre de verre isolé.

La création au Canada d'un système d'évaluation de l'efficacité énergétique, qui touche la résistance thermique, les gains solaires et les fuites d'air, constitue pour les acheteurs une façon simple de comparer le rendement des fenêtres et met en relief le fait que les fenêtres à haut rendement énergétique — au contraire des murs même les mieux isolés — représentent des éléments très importants pour les gains d'énergie. Les programmes informatiques tels que VISION et FRAME, développés avec l'aide d'EMR et du CNRC, ont été des parties intégrantes des développements dans les systèmes de verre et de cadre, parce qu'ils permettent une modélisation détaillée des nouvelles technologies.

Des technologies beaucoup plus exotiques ont aussi fait l'objet de recherches et de démonstrations, telles que les verres thermochromiques et électrochromiques, qui ont la particularité de pouvoir modifier leurs propriétés optiques, les isolants en aérogel transparent et les verres sous vide, mais ces techniques sont encore loin de la commercialisation.

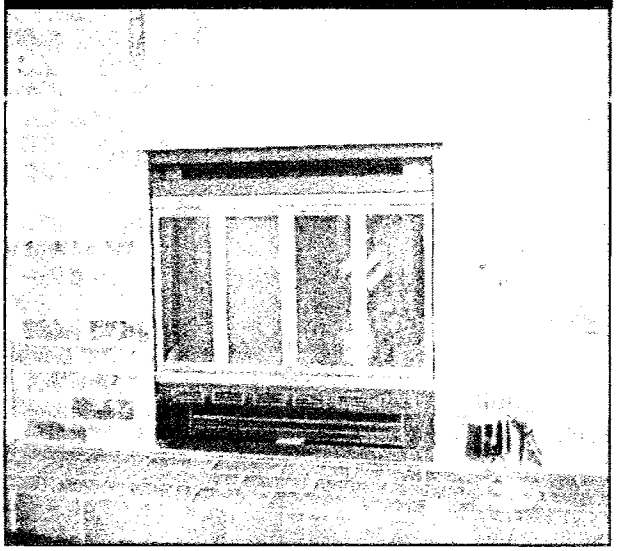
Les appareils à air pulsé et à combustion optimisée

Afin d'améliorer l'efficacité énergétique et d'éviter les émanations des gaz de combustion à l'intérieur, de nombreuses améliorations sont apportées aux fournaises à alimentation naturelle et aux radiateurs à eau chaude (des appareils dans lesquels les produits de combustion sont expulsés par une cheminée). Ces améliorations découlent du Programme R-2000, qui ne permet pas l'installation d'appareils à alimentation naturelle, de même que par les recherches en profondeur de la SCHL sur les infiltrations des produits de combustion. Les calorifères à ventilateur à tirage forcé et les générateurs à gaz à rendement modéré, dont l'efficacité atteint les 80 p. 100, occupent une partie importante du marché. Les fournaises à combustion optimisée et à récupération de chaleur permettent d'augmenter cette efficacité à 90 p. 100 environ, mais leurs coûts plus élevés freinent leur popularité commerciale. Les appareils à combustion optimisée et certains appareils à air forcé éliminent la nécessité d'installer une cheminée. Les produits de combustion sont expulsés par des évents muraux latéraux, mais cette technique produit des difficultés importantes en raison des défauts des conduits d'aération dans les années 90. Les fournaises à eau chaude alimentées au gaz et au mazout acquièrent une efficacité similaire et les systèmes d'évacuation sont perfectionnés, quoique plus lentement.

Le chauffage au bois évolué

Le chauffage au bois a connu un regain de vie en raison des nombreux progrès dans les technologies de la combustion du bois, dont de nombreuses sont le fruit de recherches effectuées dans les laboratoires du Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie (CANMET), d'EMR. Les foyers ouverts traditionnels — romantiques mais très inefficaces et véritables paniers percés — sont remplacés par des foyers encastrés fabriqués en usine, dotés de portes en verre et de systèmes de circulation convective. L'alimentation des foyers en air de combustion est une question controversée, qui a été abordée par les codes dans les années 80, pour être de nouveau reléguée aux oubliettes. Les améliorations apportées au four à bois ont été beaucoup plus importantes : on leur a ajouté des systèmes de déflecteurs pour permettre une combustion plus complète, des convertisseurs catalytiques, des volets et des portes en verre étanches. Ils deviennent ainsi une possible source principale de chauffage, notamment dans les régions rurales, et les émissions à l'extérieur sont beaucoup réduites. Des systèmes mixtes sont inventés, par exemple les fournaises biénergie bois/électricité mises en marché par Hydro-Québec.

Photo 53 :
L'efficacité des foyers à feu ouvert traditionnels est améliorée grâce à la mise au point de foyers encastrables dotés de portes en verre étanches à l'air



Les isolants à haut rendement

La variété d'isolants vendus sur le marché a augmenté énormément depuis les années 60. L'un des principaux progrès a été les panneaux isolants améliorés, fabriqués soit de matière plastique expansée ou de fibre de verre semi-rigide, ce qui augmente les valeurs « R » sans le recours à des charpentes plus épaisses. De même, les panneaux de plastique expansé et de fibre de verre semi-rigide ont été adaptés pour permettre leur utilisation au-dessous du sol, comme isolants de sous-sols extérieurs; non seulement la résistance thermique est-elle meilleure, mais la protection contre l'humidité est aussi augmentée.

Les activités de recherche et de développement entreprises par les fabricants, qui font face à un marché des plus compétitifs, ont permis d'obtenir des matériaux isolants dont les ratios R/épaisseur sont plus élevés. De nouveaux types de mousse isolante, tels que les isocyanates, sont lancés sur le marché. La technologie des celluloses a fait des progrès et permet de combler les cavités murales; les celluloses à déploiement serré offrent des avantages sur le plan des propriétés pare-air, comme le Innovative Housing Grants Program l'a démontré à la fin des années 80. Quand le CNRC a fait la preuve que les courants de convection dûs à des nattes d'isolation mal ajustées réduisaient la résistance thermique in-situ, l'industrie a réagi en mettant sur le marché des nattes à bordures spongieuses, qui comblent complètement les cavités murales.

Photo 54 :
À l'isolant traditionnel en fibre de verre s'ajoutent de nouveaux produits comme les mousses d'isocyanurate
(Photo de Icynene Inc.)

Les systèmes mécaniques intégrés

La nécessité d'ingérer les systèmes de chauffage des locaux et de l'eau, les systèmes de refroidissement, de ventilation, de récupération de la chaleur, de stockage de l'énergie et même les appareils ménagers a été démontrée à maintes reprises dans les années 80. Cette étape était une suite logique à l'amélioration de l'efficacité et du rendement des systèmes mécaniques [8]. Si la plupart des démonstrations initiales étaient beaucoup trop complexes pour être commercialisables, les systèmes combinés de chauffage et de chauffe-eau alimentés au gaz, souvent dotés d'un évaporateur à ventilation forcée, ont commencé à se tailler une place enviable dans les marchés.

Les thermopompes et l'énergie terrestre

À la fin des années 80, les thermopompes résidentielles étaient devenues une solution de rechange fiable aux systèmes de chauffage et de climatisation conventionnels, surtout dans les régions où le gaz naturel n'était pas disponible. Les thermopompes utilisant l'air comme source froide, répandues aux États-Unis, étaient beaucoup moins adaptées aux températures froides du Canada; le CNRC et l'EMR ont concentré leurs recherches sur les systèmes puisant l'énergie dans le sol, et ont mis au point des boucles de masses spiralées compactes afin de réduire les coûts. Si les coûts initiaux et les coûts d'entretien courant ont empêché leur popularité, les systèmes puisant l'énergie dans le sol sont maintenant au point. Les thermopompes améliorées, dont le coefficient de rendement très fiable dépasse les 3,0, ont aussi joué un rôle important dans la mise au point des systèmes mécaniques intégrés.

Des ventilateurs et des moteurs efficients

Les concepteurs des projets de démonstration des années 70 et 80 avaient souvent maille à partir avec des pertes très importantes des ventilateurs et des pompes. Les recherches entreprises par des chercheurs de la SCHL ont permis de découvrir que de nombreux ventilateurs à moteur installés dans les résidences avaient une efficacité inférieure à 5 p. 100. En s'inspirant des découvertes appliquées aux appareils du secteur commercial, les chercheurs ont commencé à incorporer des critères d'efficacité plus élevés dans les appareils résidentiels, au moyen par exemple de moteurs à courant commuté électroniquement, de moteurs à courant continu et de rotors plus aérodynamiques. Progressivement, les ventilateurs puissants, silencieux et à haut rendement énergétique ont commencé à faire des incursions dans les marchés.

L'éclairage efficient

Bien que l'éclairage n'ait pas une importance aussi grande dans les résidences que dans les bâtiments commerciaux, il a tout de même bénéficié des recherches importantes sur l'efficacité que les fabricants et les fournisseurs de services ont effectuées afin de réduire la charge électrique aux heures de pointe. Les fluorescents compacts et l'éclairage à l'halogène, qui réduisent la consommation d'énergie de 75 à 40 p. 100 par rapport à l'éclairage incandescent, ont fait leur entrée dans les bâtiments de faible hauteur. L'éclairage par fluorescence, notamment les lampes T-8, les réflecteurs spéculaires et les ballasts électroniques, ont remplacé les appareils conventionnels à fluorescence dans les aires communes des logements. Les lampes à haute pression et à basse tension sont devenues courantes pour l'extérieur. Les rhéostats et les techniques de contrôle de la lumière ont connu des améliorations importantes.

Les systèmes CVC efficaces pour les tours d'habitation

À la suite des plaintes liées au confort et des indices différentiels dans les prix des carburants, des innovations ont commencé à voir le jour dans les systèmes CVC (chauffage, ventilation, climatisation) pour les tours d'habitation. Diverses stratégies visant à fournir aux appartements des systèmes de ventilation mécanique contrôlée ont fait l'objet de recherches, y compris la diminution de la taille des ventilateurs-récupérateurs de chaleur. Des systèmes de récupération de la chaleur qui visent à extraire au central les pertes de chaleur des conduits d'évacuation, des eaux usées et des salles de matériel ont été mis au point. Les systèmes de contrôle de la gestion de l'énergie créés pour les immeubles commerciaux ont aussi trouvé une application dans les tours d'habitation.

Les coûts élevés de l'électricité comparativement à ceux du gaz naturel sont à l'origine de recherches sur les systèmes au gaz décentralisés. Certaines méthodes exigent l'installation de canalisations de gaz dans chaque appartement, avec des unités combinées de petite taille fournissant le chauffage de l'eau et des locaux. D'autres méthodes privilégient l'installation d'un appareil de chauffage central, avec des brides individuelles pour le chauffage de l'eau dans les appartements, qui permettent le contrôle et le comptage local. La SCHL subventionne des recherches et des projets de démonstration de petits systèmes mixtes de chauffage alimentés au gaz qui fournissent le gros du chauffage, de la climatisation et des besoins électriques aux immeubles à logements multiples.

Les systèmes de domotique

Les progrès rapides dans le domaine des microprocesseurs et des technologies des communications ont donné lieu à des applications dans les résidences. Depuis la création du consortium Smart House (maison intelligente) aux États-Unis au milieu des années 80, divers systèmes d'automatisation des maisons (domotique) ont été créés, dont le plus répandu au Canada a été le CEBus, ou bus domotique. Ces systèmes visent à contrôler et à coordonner les systèmes de sécurité et de divertissement, de même que les installations de chauffage, de ventilation, de climatisation, d'éclairage, ainsi que les appareils et les systèmes de communications. La gestion de l'énergie et la qualité de l'air intérieur sont devenus les secteurs de prédilection pour l'optimisation de la domotique [9].

Les systèmes photovoltaïques

Les améliorations continues dans le rendement et les coûts des cellules photovoltaïques ont permis l'utilisation de petits systèmes photovoltaïques comme source d'électricité dans des démonstrations de réseaux autoproducteurs et de maisons à faibles besoins énergétiques. Le stockage dans des batteries est cependant resté problématique, et extrêmement coûteux. Les applications liées à des appareils particuliers sont apparues sur le marché, dont des systèmes d'éclairage extérieur photovoltaïque.

Les appareils à haut rendement énergétique

Les cotes ÉnerGuide de RNCan ont encouragé les consommateurs à choisir des appareils ménagers qui utilisent moins d'énergie. Les modèles à la fine pointe sont dotés des composants les plus évolués sur le plan de l'utilisation énergétique; les réfrigérateurs, entre autres, ont réduit leur consommation annuelle d'énergie de 1 000 kWh, même si ces appareils sont restés beaucoup trop chers pour se tailler une place importante sur le marché. Les lave-vaisselle et les lessiveuses ont aussi été repensés afin de consommer moins d'eau. Malgré ces améliorations, une étude de la SCHL sur les besoins énergétiques réels des appareils et d'autres systèmes domestiques a démontré que la plupart des fonctions ménagères ont une efficacité « absolue » de 10 p. 100 ou moins [10].

Les démonstrations de maisons durables

L'intérêt suscité par la consommation de l'énergie résidentielle a décliné au milieu des années 80, en raison surtout de la chute des prix mondiaux du pétrole. Cependant, à la fin de cette décennie, l'énergie fait de nouveau l'objet d'une attention soutenue, cette fois-ci en raison de l'inquiétude croissante provoquée par le réchauffement de la planète, directement lié aux gaz à effet de serre. La diffusion du rapport *Notre futur à tous* en 1987 [11] par la Commission mondiale sur l'environnement et le développement de l'ONU a provoqué un examen intense des incidences du secteur de l'habitation sur l'environnement, ce qui a permis de créer une approche globale du concept de la « durabilité » des habitations [12].

Cet impératif de rendre les maisons durables — de concert avec la recherche de l'équilibre entre les problèmes environnementaux, la vitalité économique et le bien-être des sociétés — a été à l'origine de toute une gamme de nouvelles techniques du bâtiment, de même que de l'intégration de principes scientifiques qui sont le fruit de décennies de recherche. Les aspects du développement durable lié à la planification communautaire et aux questions de conception sont traités plus en profondeur au chapitre 3.

La SCHL ainsi que EMR/RNCan ont concentré leurs efforts sur des programmes de démonstration nationaux, le Concours de modèles de maisons saines et le Programme de la maison performante, tous deux issus d'un partenariat entre l'Association canadienne des constructeurs d'habitations et le Défi IDÉES.

Des maisons saines

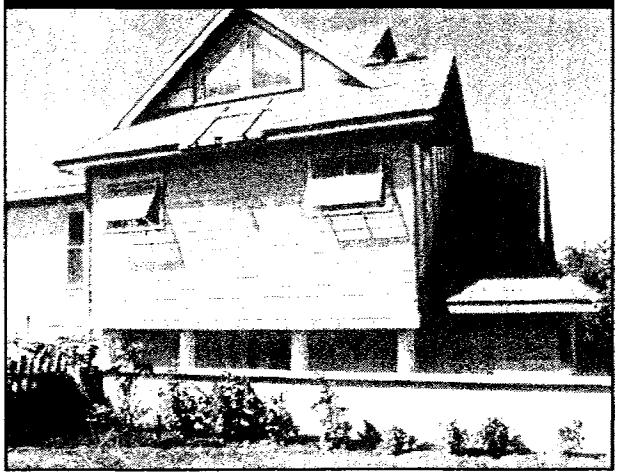
En 1991, la SCHL a lancé le Concours de modèles de maisons saines, afin d'encourager la création de modèles de maisons plus durables [13]. Les principaux éléments des exigences techniques globales comprennent les suivantes :

- santé des occupants : qualité de l'air intérieur, qualité de l'eau, éclairage, bruit et radiation;
- efficacité énergétique : énergie intrinsèque, enveloppe du bâtiment, efficacité des systèmes CVC, ressources renouvelables et demande aux heures de pointe;
- efficacité des ressources : utilisation des matériaux, gestion des déchets de construction, conservation de l'eau et durabilité;
- responsabilité envers l'environnement : émissions, eaux usées, optimisation du site et collective, matières dangereuses;
- viabilité économique : abordabilité, incidence sur l'industrie de la construction, adaptabilité et possibilités de commercialisation.

Parmi les 80 inscrits et les 10 finalistes, deux projets gagnants ont fait l'objet de démonstrations. Les deux étaient des exemples de maisons intercalaires de taille modeste qui mettaient l'accent sur l'abordabilité et qui faisaient la promotion de l'augmentation des densités urbaines.

La maison saine de Vancouver, construite en 1992-1993, met l'accent sur la création d'un environnement intérieur plus sain par l'utilisation de produits de finition intérieure à faible émission, des détails visant à éliminer les problèmes d'humidité et un système raffiné de ventilation et de filtration. Ce système consomme seulement le quart de l'énergie d'une maison ordinaire et les matériaux de construction utilisent 60 p. 100 moins d'énergie intrinsèque que les constructions conventionnelles. Un modèle itinérant visant à promouvoir les caractéristiques des maisons saines a fait le tour du pays pendant deux ans.

Photo 55 :
La maison saine de Vancouver consomme seulement le quart de l'énergie utilisée par une maison ordinaire



Le but principal de la maison saine de Toronto est l'autonomie complète par rapport aux services municipaux. De nombreux obstacles réglementaires ont dû être surmontés avant qu'on ne commence la construction de la maison, en 1995-1996. Construite comme une maison jumelée juxtaposée à une maison plus conventionnelle à des fins de comparaison, la maison de démonstration de Toronto utilise seulement de l'eau de précipitation, recycle les eaux usées pour des usages autres que la consommation et assure le traitement des eaux usées. Des panneaux photovoltaïques et des batteries de stockage fournissent l'électricité. Les besoins en chauffage des locaux et en eau sont comblés au moyen de gains solaires actifs et passifs additionnés d'une cogénératrice auxiliaire qui fournit le chauffage et l'électricité d'appoint. En raison du nombre de contraintes propres au projet, la cogénératrice n'a pas été installée lors de la construction.

Photo 56 :
La maison saine de Toronto recueille et traite elle-même l'eau dont les occupants ont besoin et fait usage des techniques solaires actives et passives

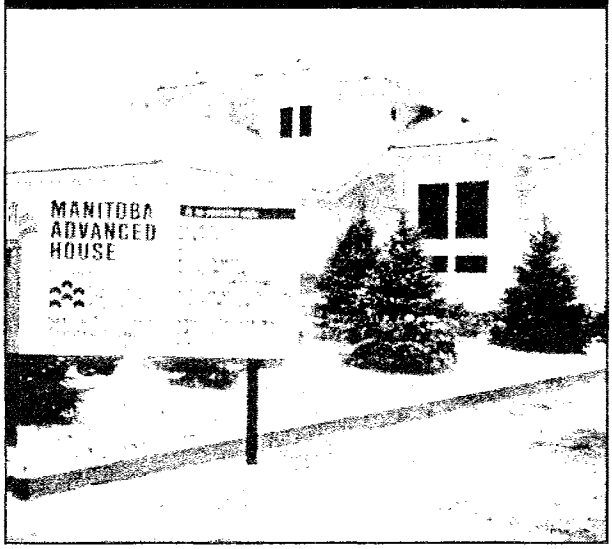
Les maisons performantes

En parallèle, EMR (qui fut rebaptisé Ressources naturelles Canada à la même époque) parraine le Programme de la maison performante, pour accélérer l'implantation des technologies dites vertes, permettre au Canada de garder le leadership en matière de maison à haut rendement énergétique et faire des essais pratiques liés aux exigences de performance qui seront intégrées au Programme R-2000.

Ce Programme s'appuie sur les succès de la première tentative d'EMR — et de l'industrie — visant la production d'une deuxième génération de maisons à faibles besoins énergétiques, la maison perfectionnée construite en 1989 à Brampton. Cette maison réduit de moitié le budget énergétique R-2000; elle est dotée d'un système mécanique intégré innovateur et représente l'une des premières maisons de démonstration qui intègre aussi des appareils d'éclairage et d'autres appareils efficients, ainsi que des installations de conservation de l'eau et des matériaux à faible toxicité.

Les dix maisons performantes, construites entre 1992 et 1994, représentent l'une des démonstrations les plus ambitieuses de maisons à haut rendement énergétique à l'échelle internationale. Il s'agit de la maison performante de Colombie-Britannique, située à Vancouver, de la maison performante de Saskatchewan, à Saskatoon, de la maison performante du Manitoba, à Winnipeg, de la maison écologique de Waterloo, de la maison propre à Hamilton, de la maison Innova à Ottawa, de la maison Novtec et de la maison performante à Laval, de la maison écologique de Halifax et de la maison performante de l'Île-du-Prince-Édouard.

Photo 57 :
La maison performante de Winnipeg, au Manitoba, fait partie d'une série de maisons construites par Ressources naturelles Canada afin de faire la démonstration de techniques éconergétiques et responsables en matière d'environnement



Les maisons performantes doivent satisfaire à 50 p. 100 au moins des cibles du Programme R-2000 en matière d'énergie, en plus d'offrir des solutions à divers problèmes environnementaux, tels que la conservation de l'eau, la gestion des déchets, la réduction des sources polluantes et l'utilisation de matériaux recyclés. Au total, plus d'une centaine d'innovations ont été mises au

point ou intégrées dans ces maisons. Parmi les plus prometteuses, citons les fenêtres à haut rendement, les systèmes mécaniques intégrés au gaz, les pare-air extérieurs, les ensembles moteur-ventilateur efficaces, les systèmes de chauffage perfectionnés à l'huile, les ossatures murales usinées ainsi que les conduits de petit diamètre à haute vitesse [14].

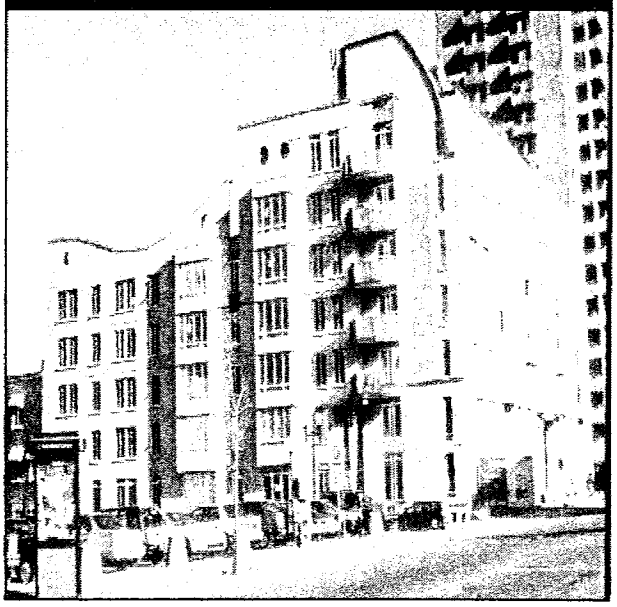
Les incidences des concepts « verts » sur d'autres programmes

Tant les projets Maison saine que Maison performante ont reçu la faveur à l'échelle internationale, notamment lors de la conférence L'Habitation à la fine pointe 1993, tenue à Vancouver, rassemblant près de 30 pays. On y discute de l'efficacité énergétique et de l'incidence environnementale des habitations [15]. Les deux programmes ont aussi influencé le secteur des maisons grand public au Canada. La maison écologique de l'ACCH, qui intègre une gamme élargie de principes de construction saine R-2000, a été construite dans de nombreuses provinces et a reçu un bon accueil du public. La SCHL a subventionné une étude sur l'application des principes d'efficacité énergétique et environnementaux au concept de la Maison évolutive de l'école d'architecture de l'université McGill. Les exigences techniques du Programme R-2000 ont été raffinées et élargies en 1994, pour inclure notamment diverses mesures de contrôle des sources de polluants à l'intérieur, des dispositifs de conservation de l'eau, d'efficacité de l'éclairage et des appareils, ainsi que diverses mesures environnementales et des cibles de rendement énergétique beaucoup plus rigoureuses. Des programmes financés par les fournisseurs de services, de gestion axée sur la demande et des projets provinciaux « éco-communautaires » commencent à intégrer des dispositifs de conservation de l'eau, de gestion des déchets et autres aspects touchant l'environnement. Le Alberta's Innovative Housing Grants Program a servi à l'élaboration d'une maison durable générique, qui a par la suite été construite à Calgary.

Le concours Défi IDÉES

Consciente de la lenteur de l'évolution technique dans le domaine des immeubles de grande hauteur, notamment en regard de l'évolution considérable dans le domaine des maisons de faible hauteur, la SCHL met de plus en plus l'accent sur le secteur des tours d'habitation à la fin des années 80 et dans les années 90. Ce mouvement a donné naissance au Défi IDÉES (Intégration, Durabilité, Économie, Efficacité énergétique, Solutions) en 1994-1995, un concours de conception visant la construction de logements à haut rendement énergétique. Conjointement avec le Programme de bâtiments commerciaux performants C-2000 de RNCan, les exigences techniques du Défi IDÉES touchent de nombreux domaines, y compris des enveloppes durables et étanches, l'efficacité énergétique, la qualité de l'air intérieur et la ventilation, les incidences environnementales et la conservation

Photo 58 :
Le Clos St-André, un immeuble en copropriété de huit étages construit à Montréal, au Québec, est l'un des cinq concepts régionaux primés par le Défi IDÉES organisé pour encourager la construction d'immeubles d'appartements très performants *(Photo de Sandra Marshall)*



des ressources, en plus de l'accessibilité et de l'adaptabilité. Cinq gagnants régionaux ont été nommés; c'est la copropriété à huit étages Le Clos St-André, à Montréal, qui a été construite en premier [16].

Les technologies durables en émergence

Nombre des technologies visant l'efficacité énergétique qui sont décrites ci-dessus ont été perfectionnées durant cette période, et d'autres technologies ont émergé.

La conservation de l'eau

De nombreux produits ont été mis au point pour réduire l'utilisation de l'eau dans les maisons. Les pommes de douche à débit réduit et les aérateurs pour robinets ont permis de réduire la consommation d'eau de près de la moitié, alors que les toilettes à débit d'eau restreint ont permis une réduction de l'ordre des trois quarts au moins. Les lave-vaisselle et les lessiveuses ont été repensés pour utiliser moins d'eau. Les aménagements paysagers à faible entretien ont réduit l'utilisation d'eau à l'extérieur et les versions modernisées et haute technologie des anciennes citernes pluviales ont gagné en popularité.

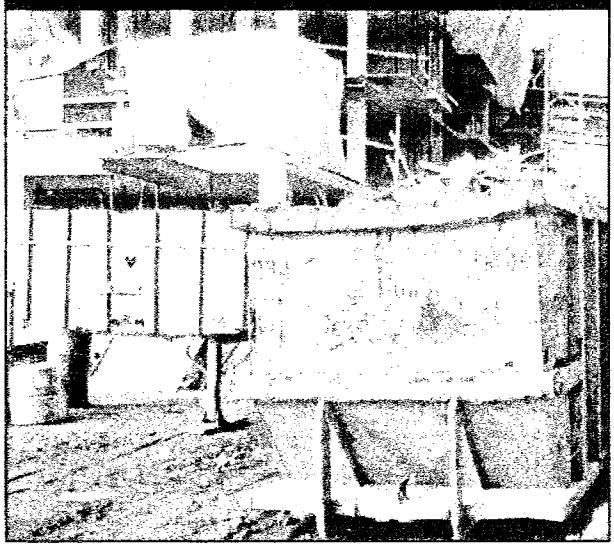
Les systèmes de refroidissement et les matériaux isolants sans CFC

La découverte inquiétante de trous dans la couche d'ozone à la fin des années 80 a précipité l'abandon des chlorofluorocarbures (CFC). Ce mouvement provoque la mise au point de fluides réfrigérants d'autres types pour les systèmes de conditionnement de l'air, les thermopompes et les réfrigérateurs. Les CFC ont aussi été utilisés comme agents d'expansion pour les matériaux isolants en plastique expansé. Le CNRC a effectué des recherches et des essais à l'appui des recherches des fabricants qui veulent mettre en marché des isolants en polystyrène, en polyicynène et en polyuréthane sans CFC.

La gestion des déchets de construction

En réponse aux problèmes de plus en plus aigus liés aux décharges que vivent de nombreux centres urbains, notamment la communauté urbaine de Toronto, la SCHL a collaboré avec les associations de constructeurs d'habitation locaux affiliées à l'ACCH, dans le cadre du Défi de la gestion des déchets de la construction résidentielle, pour trouver des stratégies de réduction des quantités de déchets provenant de la construction et de la démolition, qui représentent jusqu'à 10 p. 100 des déchets municipaux [16]. Articulées autour des quatre R — révision, réduction, réutilisation et recyclage — de nouvelles pratiques de construction sont élaborées qui minimisent les déchets sur les chantiers, incorporent les rebuts dans la construction et trient les déchets selon la source afin d'en faciliter le recyclage.

Photo 59 :
Les déchets de construction et leur gestion prennent de l'importance à mesure que les décharges se remplissent



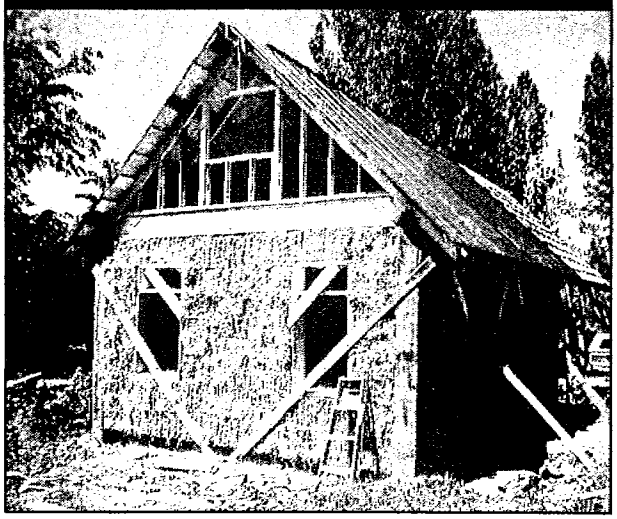
Les matériaux contenant un haut degré de matières recyclées

Étroitement liés au thème de la gestion des déchets de construction, les nouveaux matériaux fabriqués à partir de déchets font une phénoménale percée sur les marchés. Les initiatives comme le programme Bâtissons un avenir écologique d'Ortech et les étiquettes Éco-Logo d'Environnement Canada ont contribué à la sensibilisation des consommateurs et de l'industrie. Voici des exemples de nouvelles applications :

- moquettes faites à partir de bouteilles de boisson gazeuse recyclées;
- verre pilé comme substitut du drainage en gravier;
- plaques de plâtre contenant du gypse recyclé et de la cellulose;
- tuiles de toit et parements à base de ciment fabriqués à partir de déchets industriels;
- charpente des terrasses extérieures en sacs de plastique recyclés;
- isolants en laine minérale et en fibre de verre recyclées;
- pavés fabriqués à partir de pneus en caoutchouc recyclés;
- revêtements paysagers en copeaux de bois recyclés.

Les produits existants déjà fabriqués à partir de déchets, tels que les isolants cellulosiques et les panneaux de bois composite, ont fait l'objet d'un marketing révisé qui mettait l'accent sur les avantages environnementaux.

Photo 60 :
La recherche de techniques écologiques renouvelle l'intérêt pour les maisons en ballots de paille caractérisées par une valeur isolante élevée et par l'utilisation d'une ressource renouvelable (Photo de Linda Chapman Architecte)



Les matériaux à faible taux d'énergie intrinsèque

L'énergie intrinsèque — associée à l'extraction, à la fabrication, au transport et à l'installation des matériaux de construction — était un concept inconnu jusqu'à la fin des années 80. Cependant, il est rapidement devenu le centre des recherches et des débats, notamment à la University of British Columbia, à RNCan et à la SCHL [18], après que des estimations ont indiqué que l'énergie intrinsèque correspondait à une période de cinq à trente années de consommation d'énergie pour le fonctionnement d'une maison type. Bien qu'on n'ait pas encore saisi l'importance globale de ce phénomène, les recherches initiales suggèrent que la structure traditionnelle en bois des maisons canadiennes est une technologie dont le taux d'énergie intrinsèque est faible.

11. DES SOLUTIONS AUX PROBLÈMES D'HUMIDITÉ ET DE DURABILITÉ

Les recherches sur la durabilité, qui comportent le plus souvent un volet sur les problèmes liés à l'humidité, ont dominé cette période. Elles sont souvent intimement liées à la nécessité d'augmenter le rendement énergétique.

Les changements dans les méthodes de construction durant l'après-guerre, par exemple l'introduction des revêtements en contre-plaqué et en panneaux de grandes particules, les plaques de plâtre et les fenêtres à double vitrage scellé, ont progressivement réduit le taux de renouvellement d'air non contrôlé dans les maisons neuves canadiennes. Il n'en a pas résulté des problèmes très importants d'humidité, à l'exception du problème permanent de formation de buée ou de givrage sur les vitres durant l'hiver, ainsi que l'accumulation de givre dans les greniers des maisons nordiques. L'ossature en bois demeure un concept « indulgent », qui réussit assez bien à repousser neige et pluie, tout en permettant l'évacuation de l'humidité créée à l'intérieur.

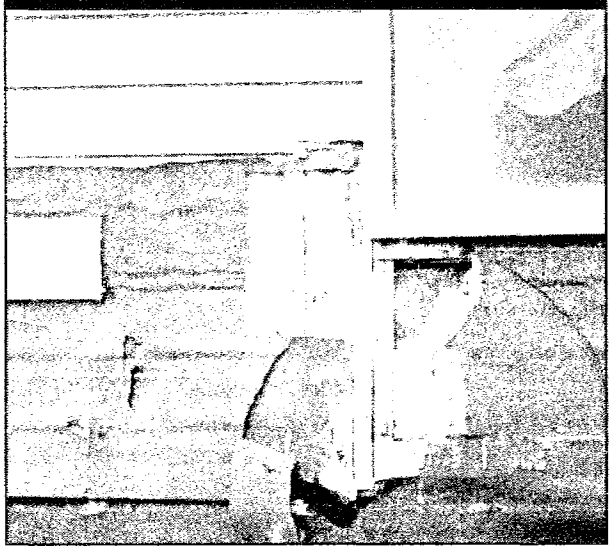
La popularité croissante du chauffage électrique non raccordé dans les années 60 a contribué à réduire encore plus le taux de renouvellement d'air, et à faire augmenter les niveaux d'humidité intérieure. Il en découle des problèmes d'humidité dans de nombreuses maisons chauffées à l'électricité, notamment celles dont le toit est plat ou qui ont des plafonds cathédrales.

Au début des années 70, le CNRC entreprend des études sur l'humidité et découvre les principes scientifiques qui permettront de contrôler l'humidité : les pare-air; les constructions pare-pluie, et l'élimination des cavités d'air autour des isolants muraux; l'élimination des revêtements à faible indice de perméance; des greniers et des vides sanitaires bien ventilés, ainsi que des systèmes de ventilation mécaniques [1]. Ces concepts cependant sont encore inconnus des constructeurs, des concepteurs et des défenseurs de la conservation de l'énergie, ce qui entraîne des problèmes inévitables dans les années subséquentes. Ainsi, déjà en 1959, le CNRC avait découvert que les fuites d'air — et non la diffusion de la vapeur — était la cause principale des problèmes de condensation, mais cette connaissance n'a pas été intégrée dans les codes du bâtiment ni dans les méthodes de construction des maisons grand public avant au moins deux décennies.

La condensation dans les murs et dans les greniers

Cette ignorance des principes scientifiques de la construction, combinée à des changements rapides dans les méthodes de construction provoqués par la crise de l'énergie du milieu des années 70, ont fait en sorte que nombre de maisons canadiennes ont été poussées bien au-delà de leurs limites. Les systèmes de chauffage à rendement plus élevé, des niveaux d'isolation plus élevés, une attention accrue à l'étanchéité (bien qu'on laisse encore des brèches favorisant

Photo 61 :
La détérioration des structures, particulièrement dans les régions côtières humides, se traduit par un intérêt soutenu envers les problèmes de condensation et d'humidité



les fuites d'air dans les murs et les greniers) ainsi que les thermostats programmables pour la nuit ont tous contribué à réduire les taux de renouvellement d'air, les températures superficielles et le plan de pression neutre. Résultat : de la condensation dans les greniers et dans les murs supérieurs et sur les surfaces intérieures aux ponts thermiques. Les inquiétudes liées aux effets sur la santé de la croissance des moisissures ont émergé plus tard (voir le chapitre 12).

Les études sur le terrain amorcées par la SCHL à la fin des années 70 et au début des années 80 dans l'Atlantique ont confirmé l'incidence élevée de l'humidité sur les failles des murs, notamment la détérioration des parements. Une enquête téléphonique nationale menée en 1982 ainsi qu'une étude subséquente sur le terrain qui a porté sur près de 200 logements ayant des problèmes d'humidité partout au Canada ont permis de quantifier les problèmes et d'en déterminer les causes [2]. Les problèmes étaient particulièrement aigus dans les régions humides, telles que les provinces de l'Atlantique et la côte de la Colombie-Britannique. Des représentants de l'industrie et des experts techniques se sont rencontrés pour trouver des solutions et examiner les politiques à mettre en œuvre [3].

Des recherches et des activités de démonstration d'envergure ont eu lieu dans les années suivantes, sous la coupe de la SCHL, du CNRC, d'EMR et d'autres organismes, en collaboration avec l'industrie [4]. Certaines des activités, parmi les plus importantes, sont décrites ci-dessous.

La SCHL a commencé à exiger l'utilisation de bandes de clouage dans les logements financés en vertu de la LNH à Terre-Neuve; cependant, quand la Société a étendu cette exigence partout dans les Maritimes, l'industrie a protesté. Cette confrontation a conduit à la création d'un groupe de travail conjoint, formé de représentants de la SCHL et de l'ACCH, sur les problèmes d'humidité dans les habitations des provinces de l'Atlantique, en 1985. Des bâtiments d'essai sont

Photo 62 :
Les bâtiments d'essai de l'Atlantique servent à étudier différents assemblages muraux de même que leurs caractéristiques de séchage afin de réduire au minimum les problèmes reliés à l'humidité

construits à Fredericton, à Halifax et à St. John's afin de mettre à l'épreuve les caractéristiques asséchantes de divers types de matériaux de construction des murs. Des études sur le terrain sont aussi entreprises. Les résultats n'ont pas été concluants en ce qui a trait à l'efficacité des bandes de clouage, mais on a beaucoup appris sur les effets des charpentes humides, sur la perméabilité des revêtements et sur des détails de construction extérieurs de qualité médiocre [5]. Le programme des bâtiments d'essai sur l'humidité a été étendu à l'Ontario et aux Prairies à la fin des années 80, mais les résultats ont été encore plus maigres, parce que ces climats favorisaient un assèchement supérieur.

EMR et l'ACCH ont intégré les principes scientifiques de construction dans les exigences de formation et techniques du Programme R-2000, pour démontrer à l'industrie que les enveloppes étanches et les systèmes de ventilation mécaniques rendent les maisons plus efficaces sur le plan énergétique et éliminent les problèmes d'humidité.

EMR, pour promouvoir ce programme d'amélioration de l'efficacité thermique, a effectué une étude pluriannuelle qui a débuté en 1985 sur la façon d'améliorer l'efficacité énergétique des maisons canadiennes sans créer de problèmes d'humidité. Cette étude a permis de mettre au point des techniques graphiques — le Moisture Assessment Prescriptive Procedure, ou Programme MAPP — pour évaluer les problèmes d'humidité éventuels [6]. Des méthodes similaires ont été créées pour déterminer les besoins en ventilation après l'étanchéisation des maisons.

La SCHL a pour sa part développé le modèle informatique WALLDRY, qui permet de déterminer la siccativité des murs sans recourir à des essais interminables sur le terrain. Le modèle a permis d'établir les rendements réels avec une précision raisonnable, et on l'a par la suite étendu, pour le rendre plus complet; le programme résultant est le WALLFEM. Cependant, les mécanismes d'accumulation d'humidité dans les murs extérieurs se sont avérés extrêmement complexes. Un modèle axé sur les fondements, le TCCC2D, a été développé en collaboration avec le CNRC et le Centre de recherches techniques de la Finlande.

Le taux d'humidité des planches constituant l'ossature ont fait l'objet d'une étude nationale, qui a mis en relief le manque de disponibilité de bois sec dans les provinces de l'Atlantique.

La SCHL a appliqué de façon systématique les principes de la construction à écran pare-pluie à divers types de murs à ossature en bois — vinyle, stuc et briques — afin d'être en mesure de conseiller les constructeurs sur la pénétration de la pluie.

Des transferts technologiques importants vers l'industrie ont été réalisés au moyen de publications à l'intention des constructeurs et des consommateurs [7], de formations (par exemple, la Série des ateliers des constructeurs SCHL/ACCH, les cours sur le Programme R-2000 EMR/ACCH, ainsi que les cours sur l'installation d'améliorations thermiques de EMR/ANCE) et lors de séminaires de recherche (par exemple, la série sur les conseils de construction — problèmes d'humidité [8] et pare-air, donnée en 1983 et 1986 par le CNRC).

Photo 63 :
L'importance de la continuité des pare-vapeur, surtout autour des baies de fenêtre et des embrasures de porte, est renforcée par des cours et des ateliers de formation destinés aux constructeurs (Photo de Oliver Drerup)

La SCHL a entrepris des recherches sur l'humidité et la ventilation des greniers et des plafonds cathédrales, les pare-air (décrits plus en détail au chapitre 10) et la teneur selon les sources d'humidité interne dans les maisons canadiennes. Le CNRC a pour sa part étudié les mécanismes des mouvements de l'humidité dans les murs et a entrepris des recherches fondamentales sur les propriétés hydrothermiques de divers matériaux et ensembles.

La Forintek Canada Corporation a fait des tests sur le rendement hydrométrique de diverses méthodes d'assemblage des murs, a trouvé des solutions au problème de relèvement des fermes et a étudié les effets de la perte de volume du bois sur l'étanchéité. Le Centre for Building Science de l'université de Toronto a été un précurseur pour la mise au point des murs dynamiques, un concept selon lequel l'air est

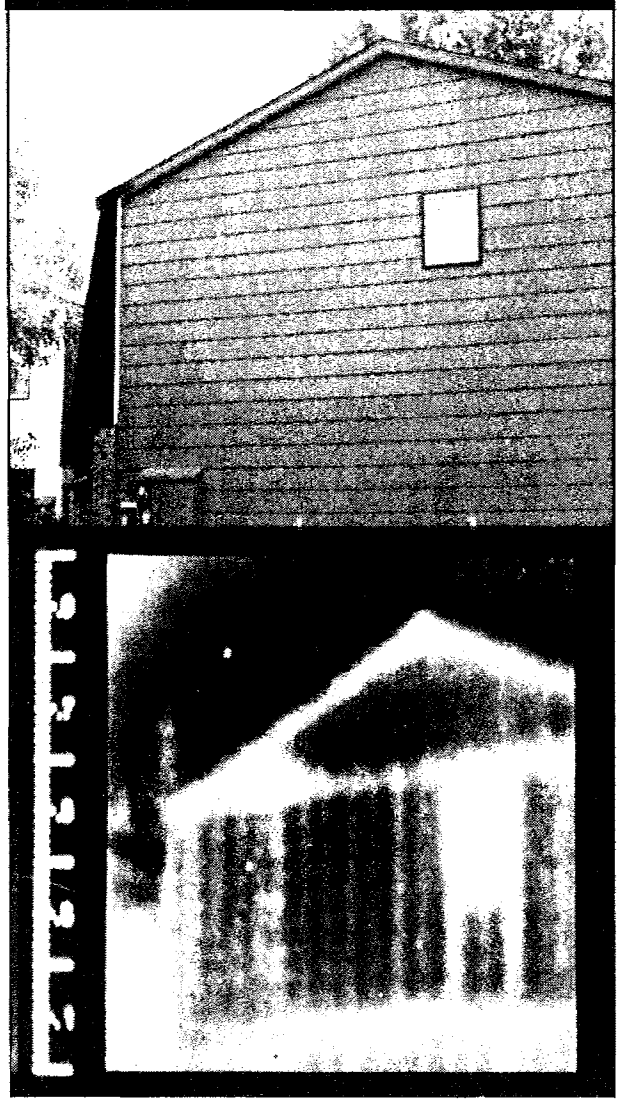
lentement tiré à l'intérieur au travers des murs extérieurs, ce qui permet de récupérer la chaleur et d'éliminer la condensation camouflée. Une maison de démonstration à murs dynamiques a été construite près d'Edmonton et évaluée dans le cadre du Alberta's Innovative Housing Grants Program.

Plus d'une décennie de recherches intensives ont produit des résultats fort intéressants. Ainsi, il a été démontré que les problèmes d'humidité étaient avant tout associés à des systèmes de chauffage non raccordés, à des taux d'humidité relative élevés à l'intérieur et à des climats côtiers humides. La réduction des taux excessifs d'humidité intérieure est une stratégie efficace démontrée; pour y arriver, il faut contrôler les sources d'humidité et installer des systèmes de ventilation mécaniques (étant donné que la ventilation passive est en règle générale beaucoup trop aléatoire pour être efficace). Les sous-sols humides et l'accumulation saisonnière d'humidité dans les matériaux de construction ont été aussi reconnus comme deux sources d'humidité importantes, bien qu'elles soient moins apparentes.

La recherche a confirmé qu'il était nécessaire d'installer des pare-air continus pour empêcher l'humidité de se former dans les cavités murales et dans les greniers. Le potentiel siccatif des murs extérieurs du printemps à l'automne a été démontré comme étant un facteur primordial pour empêcher les problèmes d'humidité à long terme. Cela explique pourquoi ces problèmes étaient rares dans les climats ensoleillés et secs comme ceux des Prairies, qu'ils étaient occasionnels dans les climats tempérés comme ceux du Québec et de l'Ontario, et beaucoup plus communs dans les climats humides à précipitations élevées comme ceux des provinces de l'Atlantique et de la côte de la Colombie-Britannique. Le potentiel siccatif peut être réduit par des revêtements et des parements dont la perméabilité à la vapeur est faible, alors que les bandes de clouage installées en-dessous des parements à base de bois peuvent augmenter ce pouvoir siccatif des murs et réduire la détérioration. L'utilisation de bois de charpente humide, dont le contenu d'humidité excède 19 p. 100, est une pratique courante dans la région de l'Atlantique, ce qui contribue à augmenter les problèmes d'humidité à la source.

Les détails des solins et des parements peuvent contribuer à réduire de façon considérable la pénétration des eaux de pluie. Les membranes perméables à la vapeur d'eau (house wrap)

Photo 64 :
Les images thermographiques, lesquelles indiquent les différences de température, peuvent révéler la présence de fuites d'air et de condensation invisibles à l'œil nu dans les assemblages muraux



réduisent aussi le taux de pénétration de l'humidité provenant de sources extérieures poussées par le vent, alors que les revêtements intermédiaires isolants peuvent réduire la condensation dans les cavités murales et les surfaces intérieures.

L'assèchement des sous-sols

Les sous-sols sont plus courants au Canada que partout au monde. À l'origine utilisés comme caveaux pour entreposer le charbon et les légumes, les sous-sols sont peu à peu devenus durant l'après-guerre des espaces de récréation finis, dotés de planchers de béton, de drains à la périphérie, d'isolation et de meilleures fenêtres, avec un aspect plus chaleureux. Malgré cette évolution, les sous-sols ont continué de subir des problèmes d'humidité et de moisissure durant l'été (les températures fraîches étant souvent sous le point de rosée par rapport à l'air extérieur chaud et humide), des fuites d'eau au printemps et à l'automne, et des taux de renouvellement d'air inadéquats.

Les acheteurs de maisons, de plus en plus exigeants, n'acceptent plus de sous-sols humides. Les nouveaux programmes de garantie sur les maisons permettent de découvrir que les problèmes les plus courants sont associés au sous-sol. En réponse à ces découvertes, l'Association canadienne du ciment Portland a participé à la mise au point d'exigences plus sévères en matière de construction des sous-sols. Cependant, un ciment de qualité ne peut assurer à lui seul des sous-sols secs, notamment quand l'assiette des bâtisses est construite « dans la boue », comme c'est souvent le cas.

Selon une étude sur le terrain de la SCHL [9], portant sur la condensation dans les sous-sols des maisons neuves, les fondations profondes isolées à l'intérieur entraînent inévitablement de la condensation au printemps et à l'automne dans les climats froids. L'université de Toronto a grandement contribué à populariser auprès des constructeurs de maisons les avantages des isolants extérieurs à drainage, propres aux maisons norvégiennes. La Ontario Home Builders's Association a effectué une étude d'envergure sur les façons d'éliminer les problèmes d'humidité dans les sous-sols [10], qui démontre les avantages des membranes à lame d'air. La SCHL s'est appuyée sur des principes de base pour mettre au point une méthode rationnelle de construction des sous-sols, qui met à profit les techniques d'isolation extérieure à drainage [11].

Une enquête de la SCHL sur le contrôle de l'humidité dans les vides sanitaires a démontré que les méthodes de ventilation utilisées sont inefficaces. Une autre étude a mené à la mise au point de techniques de scellage des vides sanitaires pour éliminer les problèmes d'humidité dans les étages supérieurs.

Malgré une meilleure compréhension des problèmes d'humidité dans les sous-sols, les méthodes de construction ont changé très lentement, ce qui a incité le CNRC à mettre en branle un projet à long terme au milieu des années 90 afin d'améliorer le rendement des sous-sols.

Les technologies visant l'amélioration des taux d'humidité dans les maisons de faible hauteur

Voici quelques points saillants de techniques mises au point pour résoudre les problèmes d'humidité (se reporter à la prochaine section sur les tours d'habitation pour le détail sur d'autres techniques liées aux problèmes d'humidité).

Le pare-air et l'étanchéisation

Les nouvelles méthodes de contrôle des fuites d'air — qui visaient à l'origine à économiser l'énergie — font appel au polyéthylène soudé, aux plaques de plâtre étanches, aux membranes extérieures et à divers calfeutrages, à des scellants et autres produits spécialisés. On reconnaît désormais qu'il est essentiel d'empêcher l'exfiltration de l'air intérieur humide dans les cavités murales et les greniers. Les techniques de pare-air sont décrites plus en détail dans la section précédente sur l'efficacité énergétique.

La construction de murs en fonction des régions

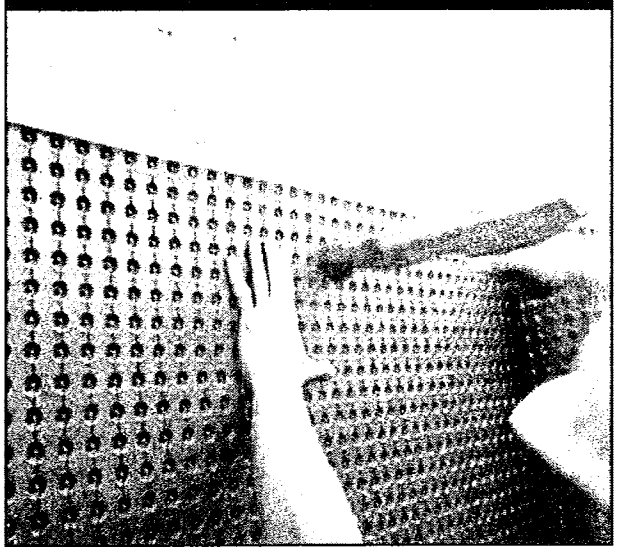
Si on n'a pas encore trouvé la méthode de construction des murs extérieurs qui s'applique à tous les cas, il apparaît de plus en plus clair que des caractéristiques régionales, par exemple le climat et l'humidité accumulée dans les matériaux, exigent d'adapter les méthodes de construction en conséquence. Dans les climats humides, l'utilisation de fourrures aérées, notamment sous les parements à base de bois, et de revêtements extérieurs perméables à la vapeur est devenue de plus en plus courante pour empêcher la détérioration des parements et des revêtements.

Photo 65 :
L'isolation du sous-sol par l'extérieur offre une efficacité énergétique accrue et achemine l'eau vers le drain périmétrique

L'isolation extérieure des sous-sols à drainage libre

L'utilisation d'isolant extérieur a connu une vogue croissante, principalement parce qu'elle permet d'obtenir des sous-sols secs en permanence. L'application d'isolants en fibre de verre ou en laine minérale à drainage libre contre l'extérieur des murs du sous-sol, un concept qui nous vient de la Norvège (le seul autre pays où les habitants veulent un sous-sol), dirige l'humidité vers le bas, dans la semelle; ainsi, les matériaux agissent à la fois d'isolant thermique et de drain de sol.

Photo 66 :
Les membranes à lame d'air et à alvéoles s'avèrent une excellente façon de maintenir les sous-sols au sec *(Photo de la société Big 'O')*



L'étanchéisation des planchers des sous-sols

L'utilisation de remblai granulaire à drainage libre et de polyéthylène de 6 mil sous la dalle de sous-sol, pour l'isoler, devient très courante. Les codes du bâtiment en ont même fait une prescription dans de nombreuses régions. On recourt aussi de plus en plus au scellement du périmètre de la dalle et d'autres points de pénétration pour réduire l'entrée de gaz souterrains chargés de vapeur.

La ventilation mécanique

Depuis les prescriptions initiales du *Code national du bâtiment* de 1977 relatives aux ventilateurs d'extraction dans les maisons non dotées de système de chauffage à combustible, jusqu'aux exigences évoluées en matière de rendement prescrites dans la norme sur la ventilation F326 édictée en 1991 par l'ACNOR

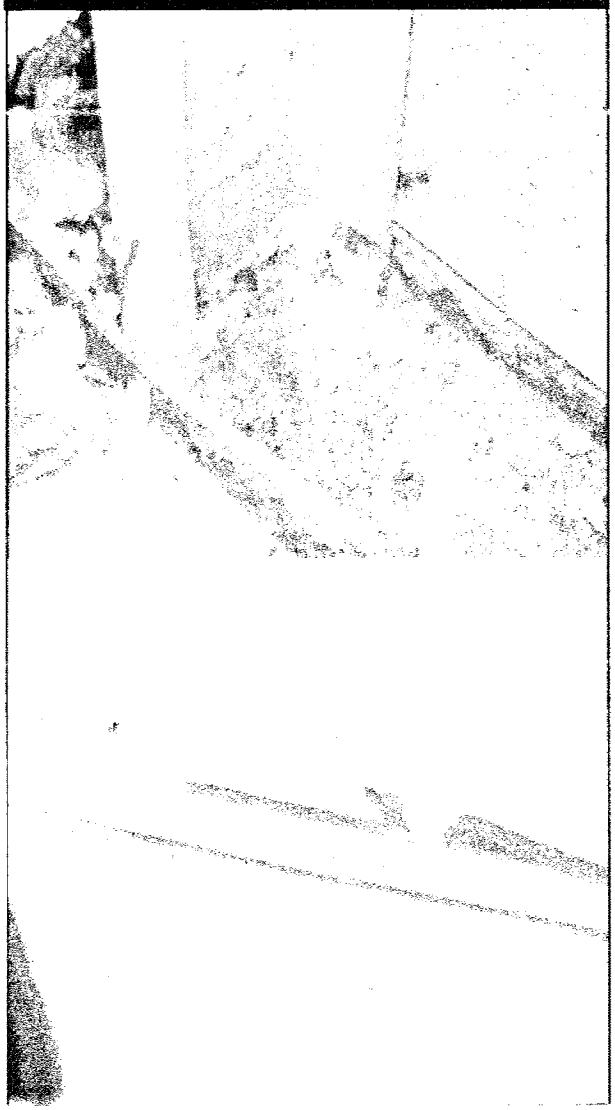
et d'autres prescriptions connexes du *Code national du bâtiment* de 1995, les systèmes de ventilation ont connu une grande amélioration sur le plan de la capacité, de la performance et des contrôles. Cette évolution répond principalement à la nécessité de contrôler les niveaux d'humidité. La description de ventilateurs-récupérateurs de chaleur et d'autres systèmes de ventilation figure dans les sections sur l'efficacité énergétique et la qualité de l'air intérieur.

La construction de murs plus durables pour les tours d'habitation

Le boum dans la construction de tours d'habitation dans les années 60 a fait surgir la nécessité de recherches et de conseils scientifiques en matière de construction de parements durables. Bien plus que les immeubles de faible hauteur, les murs des tours d'habitation doivent résister au poids des étages, aux forces éoliennes, aux mouvements structuraux et aux flux de chaleur et d'humidité. De ce fait, il faut porter une plus grande attention au détail et à la main d'œuvre. En 1981, la SCHL a réuni les résultats obtenus par le CNRC et ceux de ses propres recherches dans un premier document conseil à l'intention des constructeurs, *Construction des murs extérieurs des bâtiments de grande hauteur* [12]. Le document traite des murs de pierre des tours d'habitation modernes, notamment de l'application des contrôles des fuites d'air, des pare-pluie, des solins, des joints d'expansion et des tolérances de construction à divers types de murs.

Dans les années subséquentes, de nombreux problèmes de rendement sont apparus, surtout dans les murs construits selon le procédé relativement nouveau du placage de brique sur ossature d'acier. Les coûts des réparations sont souvent exorbitants, parce qu'il faut souvent enlever de grandes sections des revêtements de briques. La SCHL a alors entrepris une recherche pluriannuelle sur les causes des problèmes et leurs solutions éventuelles. Les recherches portent principalement sur la corrosion des fixations dans les murs, sur la rigidité structurale des fonds à ossature d'acier, sur la condensation dans les cavités, sur la pénétration des eaux de pluie et sur le mouvement des joints entre les montants d'acier et la structure. Cette recherche a abouti à une série de séminaires nationaux sur les murs à placage de brique en 1989, puis par une édition complètement revue et corrigée en 1991 de la publication *Construction des murs extérieurs des bâtiments de grande hauteur*, qui donne des conseils précis sur l'amélioration du rendement des placages de brique sur ossature d'acier [13].

Photo 67 :
Des poteaux corrodés et des briques détachées révèlent des techniques défaillantes pour la construction de tours d'habitation



En parallèle, la SCHL a entrepris des travaux d'envergure, en collaboration avec le CNRC, des consultants privés et des laboratoires, sur les pare-air dans les murs des immeubles de grande hauteur, les protocoles de mesure des schémas de fuite et de circulation de l'air, et les méthodes d'inspection et de contrôle.

La SCHL a aussi effectué des études sur les nouvelles techniques d'isolation et de finition extérieure, qui lui ont permis de cerner les problèmes et d'améliorer les méthodes liées aux détails.

Malgré des améliorations continues, les immeubles résidentiels à logements multiples ont continué de poser problème dans le cadre des programmes de garantie, en raison des coûts élevés des réparations. Cette réalité incite la SCHL et le Régime de garantie des logements neufs de l'Ontario à élaborer un manuel spécial sur la construction ainsi qu'une série de séminaires [14]. Pour encourager la découverte de solutions innovatrices dans la conception d'enveloppes durables, la SCHL en a fait un volet important du concours IDÉES 1994-1995.

La restauration des failles dans le béton

À la fin des années 70, un problème lié à la durabilité fit surface qui menaçait la viabilité économique de nombreux logements en copropriété et immeubles d'appartements : la détérioration des stationnements en béton. Comme c'était le cas pour de nombreux immeubles commerciaux et ponts, l'acier d'armature du béton était corrodé par le sel de déglaçage et l'humidité. Les coûts des réparations étaient faramineux, souvent plus élevés que le coût original de la construction. Pis encore, rien ne garantissait que ces réparations dureraient et on était bien incapable de prédire les défauts futurs.

Photo 68 :
Associée au sel, l'humidité peut entraîner une défaillance généralisée du béton dans les parcs de stationnement

La SCHL a rapidement réagi, en grande partie parce qu'elle était propriétaire ou assureur d'un grand nombre d'immeubles résidentiels à logements multiples. En 1981, la SCHL a mené une enquête portant sur 84 stationnements dans la région d'Ottawa. Elle a été suivie par une enquête menée conjointement par divers organismes dans les grandes villes canadiennes, et par une étude de base visant à documenter les causes et les possibilités de réparation [15].

L'Institut canadien des compagnies immobilières publiques a alors entrepris une étude à long terme sur les stratégies de réparation, entre 1987 et 1992, de concert avec la SCHL, le CNRC, le ministère du Logement de l'Ontario et Travaux publics Canada [16]. L'étude mesure le rendement de 62 stationnements sur une période de quatre ans;

parallèlement, on a entrepris des recherches d'appui à grande échelle. Des méthodes d'essais non destructifs ont été étudiées. Le CNRC a évalué des scellants et des membranes d'étanchéité à base d'élastomères, dont le rendement est malheureusement extrêmement variable. La SCHL a collaboré à l'élaboration de techniques de protection cathodique et a publié un guide d'utilisateur. Des normes de l'ACNOR ont été formulées : les normes S413 sur les structures de stationnement durables qui visent la conception de nouvelles structures, et la norme S448.1, sur la réparation des stationnements en béton armé. Les résultats de ces recherches ont été compilées dans un manuel complet sur les réparations efficientes du béton [17] et ont entraîné la création d'une série de séminaires présentés partout au Canada en 1994, résultats d'un coparrainage de la SCHL, du CNRC et de l'Association canadienne du ciment Portland.

En outre, la SCHL a fait des études sur d'autres types de détérioration du béton à la fin des années 80 et dans les années 90. Le potentiel de gazéification, un processus de réaction du béton au contact du gaz carbonique atmosphérique, a été étudié dans les balcons et dans les panneaux préfabriqués. Le secteur privé a mis au point des méthodes d'évaluation non destructives de la corrosion des armatures de béton manufacturé post-contraint, qui ont été étudiées conjointement avec le CNRC.

12. ASSAINIR L'ENVIRONNEMENT INTÉRIEUR

Les techniques de construction visant à améliorer l'environnement intérieur ont connu un sommet durant la période qui a suivi la crise de l'énergie. Dans les années 60 et 70, le secteur canadien de l'habitation et le public étaient très peu conscients des risques pour la santé de l'air intérieur. La ventilation mécanique était minime dans la majorité des maisons neuves. Ce n'est plus le cas au milieu des années 90, où l'inquiétude du public envers la qualité de l'air intérieur (QAI) est à son comble et où un nombre croissant de maisons sont construites ou améliorées au moyen de matériaux à faible émission, en plus d'être dotées de systèmes de ventilation perfectionnés.

Les inquiétudes de la population envers les polluants intérieurs

Qu'est-ce qui a causé ce changement dans les attitudes et les technologies? Trois zones d'inquiétude liées ont vu le jour à la fin des années 70 et au début des années 80 — la mousse isolante d'urée-formaldéhyde, les problèmes d'humidité et la dissémination de la combustion — et ont retenu l'attention du public et du secteur. Elles ont en fait marqué une nouvelle ère dans les recherches scientifiques dans le domaine du bâtiment au Canada.

La controverse entourant la MIUF

Le facteur le plus lourd d'implications politiques — qui a particulièrement suscité l'intérêt des médias — a été la décision du gouvernement fédéral en 1980 d'interdire l'utilisation de la mousse isolante d'urée-formaldéhyde (MIUF) en raison des effets délétères pour la santé associés à l'émission de gaz des formaldéhydes. Ce produit avait été largement utilisé dans les années 70, notamment dans le cadre du programme P.I.T.R.C., et on estimait que près de 100 000 maisons canadiennes en contenaient. Consommation et Affaires commerciales Canada a assuré la coordination d'un vaste programme d'essai et d'inspection des maisons, ainsi que de subventions visant l'enlèvement ou le scellement de la MIUF. Les propriétaires de maisons sont alarmés et attribuent toutes sortes de problèmes de santé à la MIUF; la valeur de revente des maisons chute de façon draconienne. Des recherches ultérieures n'ont pas réussi à prouver le lien entre la MIUF et les niveaux de formaldéhydes ou les effets sur la santé et, à l'issue de la poursuite civile la plus longue jamais entendue au Canada, les preuves ont été jugées insuffisantes pour donner raison à la demande. Malgré tout, la crise de la MIUF, comme elle fut baptisée, a eu un effet irréversible sur le public et a malencontreusement créé la perception selon laquelle les maisons à haut rendement énergétique sont plus enclines aux problèmes de qualité de l'air intérieur.

En rétrospective, la MIUF fut le bouc émissaire d'un problème beaucoup plus général : l'évolution des méthodes de construction et de la recherche avaient omis de prendre en compte les interactions complexes de l'enveloppe des bâtiments, des systèmes mécaniques, des occupants et de l'environnement intérieur.

De nombreux changements aux méthodes de production des maisons, introduites durant l'après-guerre afin de réaliser des économies de main-d'œuvre, avaient rendu les enveloppes de plus en plus étanches et réduit les infiltrations d'air. Le recours de plus en plus fréquent au chauffage électrique signifie que moins d'air est évacué par les cheminées. Les divers programmes d'amélioration du rendement énergétique mis en œuvre après la crise de l'énergie des années 70 exigent une isolation accrue, l'installation de coupe-bise, des fournaises plus efficaces et des conversions du chauffage à l'huile au chauffage électrique, ce qui contribue à réduire encore davantage le taux de renouvellement de l'air naturel. On comprend très peu à ce moment les besoins de ventilation mécanique ou les interactions des différents systèmes dans les maisons. Les Canadiens n'en continuent pas moins d'ajouter de plus en plus de matériaux

synthétiques et de produits chimiques dans leurs maisons, des éléments qui génèrent beaucoup plus d'humidité.

La dissémination des produits de combustion et les problèmes de moisissure

Certaines maisons sont bientôt aux prises avec des problèmes de prolifération des produits de combustion, notamment si des fournaises et des foyers ont des prises d'air naturelles. Une enquête nationale, dont les résultats ont été publiés par la SCHL en 1984, suggère qu'un pourcentage considérable de maisons souffrent peut-être de problèmes périodiques de dissémination des produits de combustion [1]. D'autres maisons commencent à afficher des problèmes de détérioration liés à l'humidité, surtout dans les climats humides tels que ceux de l'Atlantique (un phénomène expliqué en détail dans la section sur la durabilité). À la fin des années 80, on découvre que ces problèmes d'humidité ont une incidence sur la durabilité des maisons de même que sur la santé des occupants. Une enquête nationale auprès de 20 000 ménages canadiens, entreprise par Santé et Bien-être social Canada [2] — de même que d'autres études internationales — établit les liens entre les problèmes d'humidité et les maladies respiratoires chez les enfants, et les moisissures sont citées comme une cause possible.

Photo 69 :
La prolifération des moisissures dans ce mur signale des fuites d'air et d'humidité autour de cette prise de courant mal isolée *(Photo de l'Association canadienne des constructeurs d'habitations)*

D'autres difficultés révélées plus tard ont éperonné la recherche dans le domaine de l'environnement intérieur. Aux États-Unis, le radon a été reconnu comme étant un cancérogène important, ce qui donne naissance à une industrie vouée uniquement aux mesures d'atténuation. On a aussi trouvé des niveaux élevés de radon dans des maisons canadiennes de certaines régions. De plus, on a découvert que d'autres polluants venant du sol pénètrent dans les maisons, notamment celles qui sont situées près des sites d'enfouissement et des anciennes zones industrielles. On s'interroge de plus en plus sur les « terrains toxiques ». De même, l'amiante (notamment dans les matériaux isolants) et le plomb (surtout dans les peintures) sont reconnus comme étant des dangers pour l'environnement intérieur.

On s'inquiète de plus en plus, non seulement à cause des formaldéhydes, mais aussi à cause des centaines d'autres composants organiques volatils (COV) émis dans l'air intérieur. La fumée de tabac respirée par les non-fumeurs est pointée comme un danger pour la santé et, étant donné qu'on interdisait de plus en plus la cigarette dans les lieux de travail et les édifices publics, l'attention s'est portée vers les émissions des matériaux de construction, des meubles, des équipements de bureau et des produits de consommation. Les médias commencent à faire des reportages sur les plaintes liées au syndrome des bâtiments malsains. Les inquiétudes entourant les lieux de travail ont entraîné des interrogations sur l'air des maisons. Les articles parus dans la presse donnent des renseignements importants, mais ils ont aussi tendance à traiter le sujet sur un ton sensationnaliste.

La solution : contrôler les sources d'émission et la ventilation

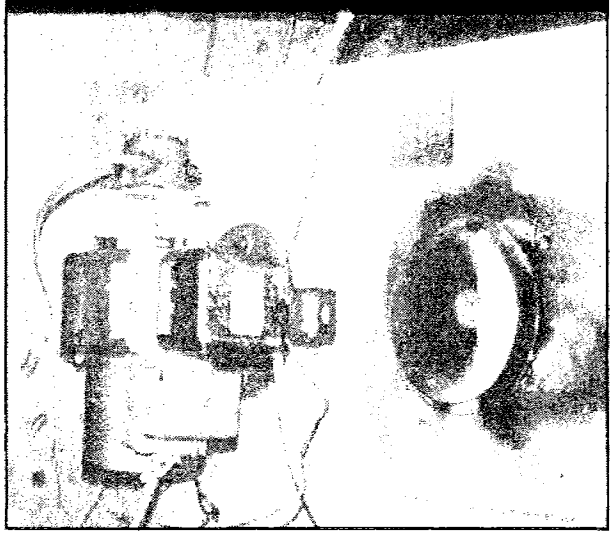
Ces inquiétudes ont mené à des recherches scientifiques plus approfondies dans le domaine du bâtiment à la SCHL, au CNRC et à EMR,

et à une sensibilisation accrue du secteur de l'habitation et des consommateurs. Il en a résulté une meilleure compréhension des principes des flux d'air et d'humidité, de la dissémination des gaz de combustion, du contrôle de la ventilation et des sources de pollution, ainsi que la mise au point d'une approche systémique de la maison. Tout aussi important fut le transfert de ces connaissances à l'industrie, par le biais de programmes de formation et de publications conseils.

Les sections suivantes mettent en relief certains progrès importants réalisés au Canada durant cette période.

La SCHL est devenue un chef de file international dans le domaine des recherches sur la dissémination des produits de combustion après avoir effectué des études de terrain, mis au point des modèles et des listes de vérification de la sécurité et avoir élaboré des normes durant les années 80.

Photo 70 :
Les émanations de gaz de combustion sont notamment causées par un manque d'air comburant, comme le montre le refoulement des gaz de combustion de ce générateur de chaleur ***(Photo de l'Association canadienne des constructeurs d'habitations)***



Santé et Bien-être social Canada publie en 1987 un document intitulé *Directives d'exposition concernant la qualité de l'air des résidences* [3], qui fait du Canada le premier pays à établir des directives pour les résidences en ce qui concerne la concentration acceptable de polluants intérieurs, notamment les formaldéhydes et le monoxyde de carbone. Le Comité national de recherche sur le logement forme en 1987 un groupe de travail sur la qualité de l'air intérieur dans les résidences, qui réunit des organismes gouvernementaux et l'industrie. Son mandat est de déterminer les enjeux les plus urgents. Dans les années 90, la SCHL fonde un groupe de travail sur les émissions des matériaux et prépare le bulletin *Matériaux sains*, qui se concentre sur les essais liés aux émissions et sur la mise au point de matériaux à faible émission.

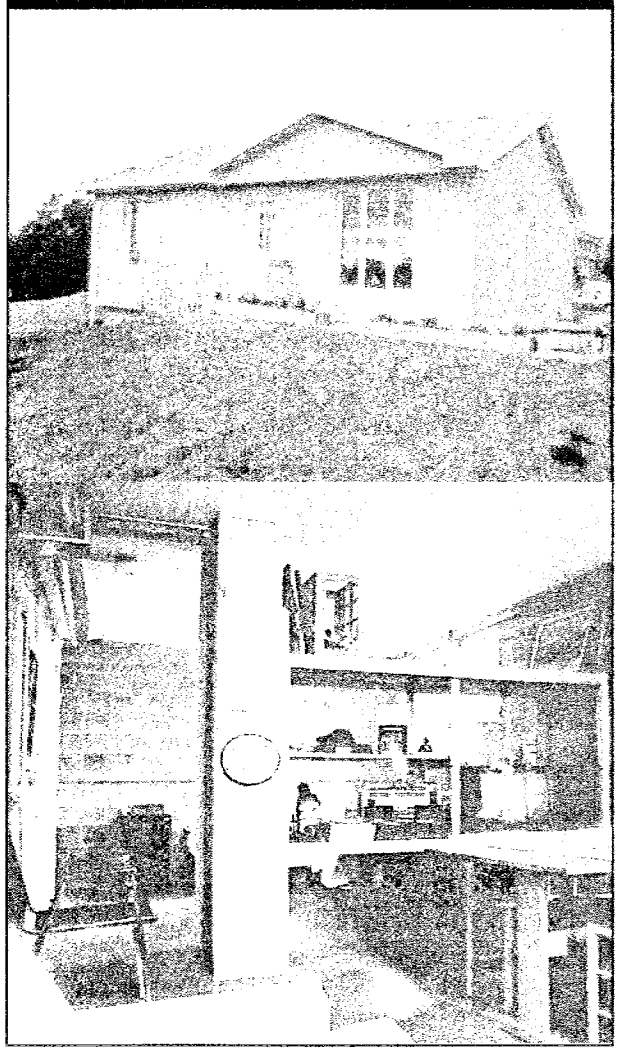
Les normes en matière de ventilation sont au centre des préoccupations de l'industrie à la fin des années 80 et au début des années 90, une préoccupation qui culmine avec la mise au point de la norme F326 de l'ACNOR, sur les systèmes de ventilation mécanique dans les résidences, ainsi qu'avec des changements connexes aux codes du bâtiment.

Le Canada est l'hôte d'une conférence trisannuelle sur la qualité de l'air en 1990, à Toronto, où on met l'accent sur les recherches au Canada dans ce domaine. De concert avec une tribune publique organisée par la SCHL, la conférence a attiré une attention considérable des médias et a fait augmenter l'intérêt des consommateurs pour cette question.

La SCHL a subventionné certaines des premières études internationales sur les souffrances endurées par les personnes hypersensibles aux polluants. Le Programme d'aide à la remise en état des logements a été modifié pour que cette hypersensibilité à l'environnement soit reconnue comme un handicap admissible à des subventions du fédéral visant la modification des résidences. Les efforts se sont intensifiés au début des années 90, quand

le Secrétariat d'État décide de subventionner une maison de démonstration construite au Bureau National de la SCHL et la publication, conjointement avec l'ACCH, d'un guide sur le choix des matériaux [4].

Photo 71 :
La maison de démonstration de la SCHL pour personnes hypersensibles aux polluants environnementaux a été construite avec une ossature de bois tandis qu'un bâtiment similaire réalisé à Barrhaven en Ontario, se caractérise par des planchers en béton et des murs en blocs de béton



Au début des années 90, afin de détecter des problèmes potentiels du radon ou des « terrains toxiques », la SCHL adopte une politique sur l'évaluation environnementale des sites comme préalable à l'octroi d'un prêt hypothécaire garanti aux projets de construction d'immeubles de six logements ou plus.

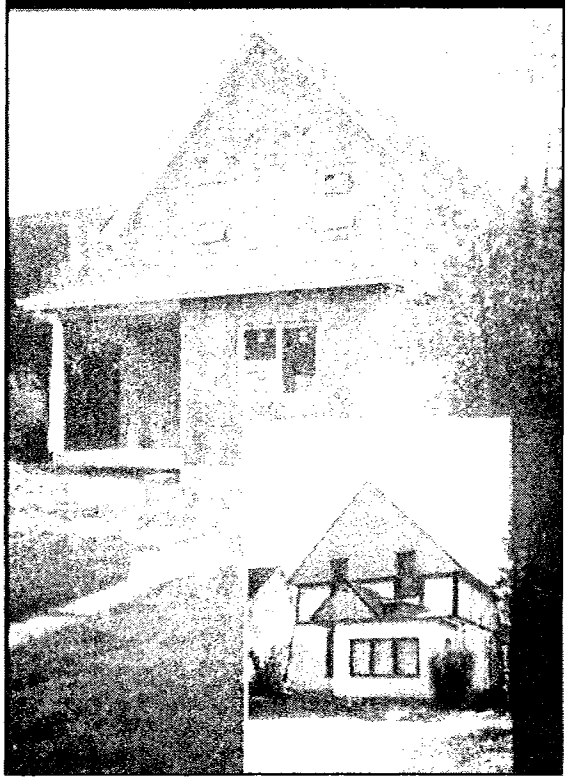
La SCHL et le CNRC font de l'environnement intérieur un élément majeur de leurs programmes de démonstration, notamment le Concours de modèles de maisons saines, le programme Maisons performantes, le Programme R-2000, les projets de rénovation Rénovation en vedette ainsi que le concours Défi IDÉES.

L'atelier Housing and Health (Maison et santé) tenu à Ottawa en 1995 réunit pour la première fois de nombreux professionnels du bâtiment et de la santé du Canada; les participants discutent de l'incidence de l'environnement intérieur selon les perspectives de la science du bâtiment et de la santé.

À compter du milieu des années 80, la SCHL produit une série de publications conseils et de films vidéo sur les divers aspects des problèmes environnementaux intérieurs, à l'intention des constructeurs, des rénovateurs et des consommateurs [5]. Elle prépare aussi des modules de formation connexes pour les ateliers à l'intention des constructeurs, du personnel chargé de l'entretien des systèmes de chauffage ainsi que des enquêteurs dans le domaine de la qualité de l'air intérieur. Parallèlement, RNCan intègre l'approche systémique des logements dans la formation sur le Programme R-2000 et sur les améliorations du rendement énergétique.

Les recherches sur la qualité de l'air intérieur au Canada donnent lieu à la découverte de nombreux principes importants. L'importance de contrôler les sources — d'humidité et de polluants — devient évidente. On reconnaît aussi qu'il est nécessaire de contrôler la ventilation plutôt que de se fier à une ventilation aléatoire

Photo 72 :
La qualité de l'air intérieur occupe l'avant-scène des projets de démonstration Rénovation en vedette, comme cet ouvrage réalisé à Red Deer, en Alberta



(naturelle), et d'en assurer l'équilibre afin d'éviter la pressurisation et la dépressurisation des maisons. Les appareils de combustion doivent être scellés ou mieux ventilés, ou encore, dotés de dispositifs d'admission d'air de compensation. La recherche confirme en outre que l'efficacité énergétique et la qualité de l'air intérieur sont compatibles.

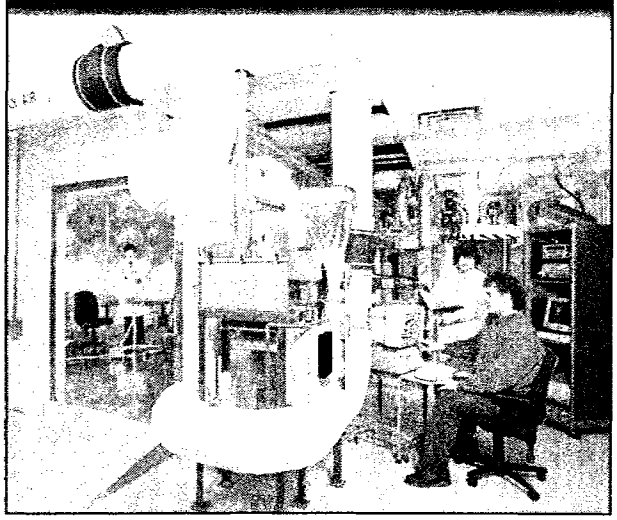
Les techniques favorisant la pureté de l'air

Dans les années 90, les techniques d'amélioration de l'environnement intérieur et les services connexes donnent naissance à une industrie milliardaire au Canada. Les paragraphes qui suivent décrivent les techniques particulières qui ont vu le jour à l'issue des recherches sur la qualité de l'air intérieur entreprises au Canada et à l'échelle internationale.

Les matériaux de construction à faible émission

La découverte de l'importance de contrôler les émissions à la source a provoqué une demande accrue de la part des constructeurs et des consommateurs pour des produits à faible émission. De nombreux fabricants, très rapidement, modifient leurs méthodes de production, en s'assurant les services de fournisseurs spécialisés en produits à faible toxicité. La durabilité des peintures à l'eau est améliorée et elles constituent dorénavant une solution de rechange intéressante aux peintures à base de solvant. Des peintures sans COV sont aussi mises en marché. De même, les produits de finition, les teintures, les colles et les produits d'étanchéité à l'eau font leur entrée sur le marché.

Photo 73 :
Le CNRC a construit un caisson d'essai en acier inoxydable afin de mesurer les émissions dégagées par les matériaux de construction et les revêtements de finition *(Photo du Conseil national de recherches du Canada)*



Les moquettes dotées d'une sous-couche sans latex produisent beaucoup moins d'émissions. Les panneaux de fibres à densité moyenne sans formaldéhyde offrent une solution intéressante aux agglomérés pour la construction d'armoires et de meubles de rangement. Les nattes isolantes à film étirable réduisent considérablement la chute des fibres. La mise au point de programmes

d'étiquetage volontaire sur les émissions, tels que ceux qui sont subventionnés par l'Institut canadien du tapis et l'Association canadienne des fabricants de panneaux de particules, ainsi que l'intégration d'exigences relatives aux émissions dans le programme Choix environnemental d'Environnement Canada (Éco-Logo) favorisent l'adoption de méthodes de sélection des matériaux et la réduction des émissions moyennes.

Les appareils de combustion sans dissémination

Les normes visant les appareils et les installations de chauffage sont modifiées afin de réduire les possibilités de dispersion des produits de combustion. Les fournaises et les chauffe-eau au gaz à combustion optimisée et à ventilateur à tirage forcé, de même que les poêles à bois et les foyers encastrés étanches à l'air ont été lancés sur le marché tout d'abord pour leur rendement énergétique plus élevé, mais leur popularité est surtout attribuable aux avantages sur le plan de la qualité de l'air intérieur. Des cheminées mieux conçues et des conduits de foyers encastrés en acier inoxydable offrent une ventilation supérieure aux cheminées de briques conventionnelles. Des prototypes de sèche-linge et d'appareils au gaz à combustion optimisée sont présentés dans le cadre de projets de démonstration.

Les techniques d'atténuation des risques

Divers produits et techniques visant à réduire les émanations du radon — y compris des systèmes de ventilation installés sous les dalles, des systèmes de ventilation pour les vides du plancher et des murs, des anneaux pour les drains de plancher et des produits d'étanchéisation en cire pour les fissures et les ouvertures — sont installés dans les améliorations ou dans les nouvelles maisons. Des techniques similaires sont adaptées afin de prévenir l'infiltration de méthane et d'autres gaz provenant des terrains d'enfouissement dans les sous-sols. On met au point des traitements chimiques et biologiques pour nettoyer les sols contaminés. La SCHL étudie l'incidence des diverses techniques de nettoyage des poussières contaminées au plomb pour donner des conseils aux propriétaires de maisons et aux entrepreneurs.

Les systèmes de ventilation et le contrôle

À l'origine, les ventilateurs-récupérateurs de chaleur visaient les économies d'énergie dans les maisons étanches; ils ont cependant subi des perfectionnements considérables et divers progrès tout au long des années 80. Ils se sont ménagé une place très importante dans les marchés parce qu'ils assurent une ventilation continue et équilibrée, bénéfique pour la qualité de l'air intérieur. Même si les ventilateurs de tirage, bruyants et inefficaces, ont continué de dominer le marché, on trouve de plus en plus des appareils de tirage et des échangeurs d'air silencieux et mieux conçus. Diverses techniques — passives et actives — de tirage d'air de compensation sont mises en œuvre. La SCHL a collaboré avec l'industrie à la mise au point de méthodes à faibles coûts, conformes aux nouvelles exigences en matière de ventilation. Dans les années 90, la popularité croissante et le perfectionnement des systèmes de domotique donnent la possibilité de régler automatiquement la ventilation et de mieux satisfaire aux besoins en matière de qualité de l'air, souvent à l'aide de capteurs de gaz carbonique et de l'occupation. Des systèmes de ventilation contrôlée pour les logements individuels font leur apparition sur le marché.

Les filtres et les épurateurs d'air

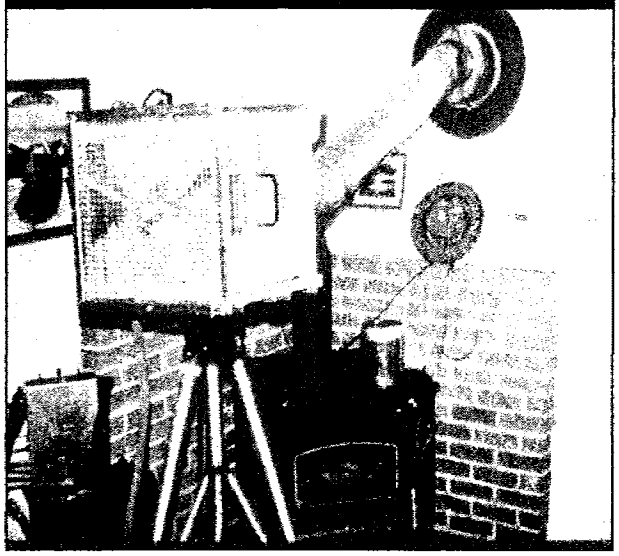
Les propriétaires se soucient de plus en plus de la présence de polluants dans leurs maisons; pour répondre à leurs attentes, de nombreux produits de consommation visant à éliminer les particules et les gaz en suspension dans l'air sont mis en marché, y compris des épurateurs d'air électroniques, des filtres à manche à haut rendement, des filtres à rendement moyen ainsi que des revêtements appliqués au pistolet pour les filtres de fournaise standard.

Le matériel d'essai et de contrôle

Grâce aux progrès considérables dans les méthodes et les instruments d'échantillonnage de l'air, on détecte des concentrations plus faibles de polluants, on établit les moyennes temporelles des niveaux et on obtient des lectures instantanées. Les techniques de chambre climatique permettent les essais relativement aux émissions des matériaux et des appareils. D'ailleurs, la chambre

de la taille d'une pièce normale du CNRC représente l'une des plus perfectionnées dans le monde pour la simulation d'applications réelles. Les méthodes d'essai du rendement réel sur le terrain, telles que le conduit d'essai de la SCHL pour évaluer les appareils de ventilation, donnent aux techniciens des outils d'évaluation très puissants. Les détecteurs sont devenus beaucoup moins dispendieux, et les consommateurs peuvent acheter des produits comme des détecteurs de monoxyde de carbone et des appareils d'échantillonnage du radon.

Photo 74 :
Ce banc d'essai, mis au point par la SCHL, est utilisé pour évaluer le débit, les fuites et la performance thermique des conduits et des cheminées



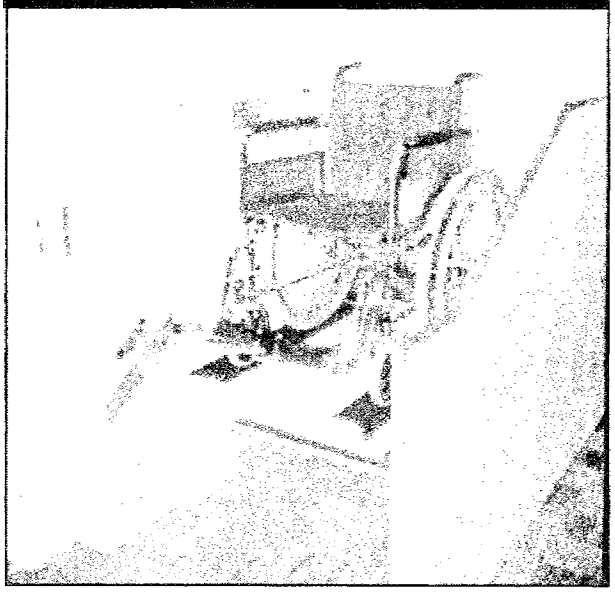
13. RELEVER LES NOUVEAUX DÉFIS ET OPTIMISER LES POSSIBILITÉS

La prochaine section résume diverses recherches et découvertes techniques qui ont permis à l'industrie de trouver des solutions aux problèmes et aux défis posés, ou qui ont ouvert de nouvelles possibilités pour mieux desservir les marchés de créneaux.

L'autonomie

Si la plupart des recherches sur l'adaptation des maisons pour les personnes âgées et les personnes handicapées portent surtout sur les modifications des plans et de la conception, les nouvelles techniques ne sont pas laissées pour compte. La Division des recherches en bâtiment du CNRC a été à l'origine de la plupart des travaux entrepris en ce sens dans les années 70, qui ont découlé en l'ajout d'exigences en matière d'accessibilité au *Code national du bâtiment*. L'émergence du concept de l'augmentation de l'accessibilité a donné lieu à diverses innovations techniques, y compris les dispositifs d'ouverture automatique et de fermeture retardée des portes, des commandes d'ascenseur sonores, des appareils plus accessibles (par exemple, les fontaines, les téléphones publics, les comptoirs de cuisine, les lavabos, les toilettes, les commandes diverses), des poignées en bec de canne sur les portes et sur les robinets, des douches en cabine dotées de siège à abattants, des mains courantes et des barres d'appui faciles à agripper, ainsi que de petits élévateurs pour les fauteuils roulants. Le projet pilote de logements mobiles pour personnes âgées de la SCHL, dans les années 80, comportait nombre de ces nouvelles techniques.

Photo 75 :
Les fabricants ont répondu aux demandes en matière d'accès sans obstacles en créant de nouveaux produits comme cette plate-forme élévatrice résidentielle pouvant être installée sur un escalier existant



La SCHL consolide son leadership dans ce domaine, et on si intéresse de moins en moins aux nouvelles constructions pour se concentrer sur l'adaptation des maisons existantes. De nombreuses publications fournissent des conseils sur les modifications qui habilitent les personnes âgées et les personnes handicapées à conserver un mode de vie indépendant; d'autres recommandent des mesures de sécurité pour les personnes souffrant de la maladie d'Alzheimer, et dressent le répertoire des techniques les plus appropriées [1]. L'émergence de la domotique favorise l'intégration de systèmes de communications, de commandes et de détecteurs qui permettent d'installer des systèmes d'alarme, améliorent la sécurité-incendie et la commande automatisée de l'éclairage et du chauffage [2].

À mesure qu'on élargit la définition de handicap, la SCHL fait circuler partout au Canada le projet de démonstration Maison ouverte en 1992-1993, pour offrir aux Canadiens d'autres types de modifications [3]. Outre les divers dispositifs et appareils facilitant l'accès, la maison de démonstration intègre des techniques telles que des loquets de porte automatiques, des appareils d'éclairage actionnés par la pénombre, des toilettes dotées d'un dispositif d'hygiène personnelle, une douche permettant l'entrée

avec un fauteuil roulant, un système de contrôle environnemental centralisé, une commande de fenêtre motorisée, un appareil de télécommunications pour les sourds, un détecteur de fumée à éclairage stroboscopique ainsi qu'un élévateur de fauteuil roulant dans la cage d'escalier, en plus de matériaux à faible émission et d'un système d'épuration de l'air.

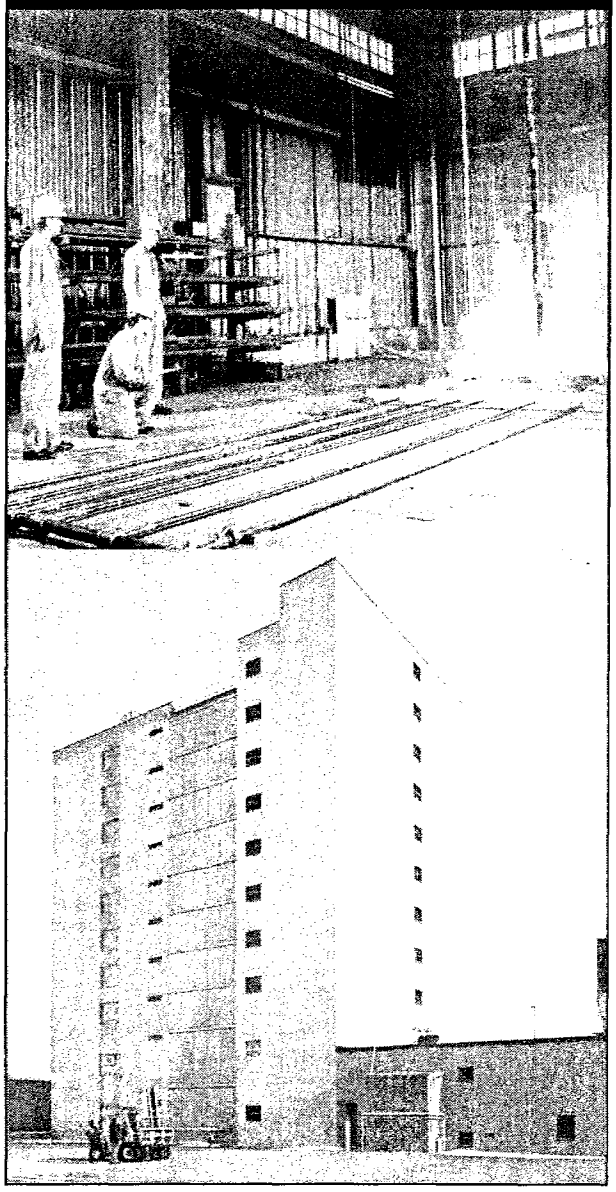
L'amélioration de la sécurité des maisons

La prochaine section explique les changements techniques qui ont permis d'améliorer la sécurité des maisons canadiennes, notamment dans les secteurs des incendies et de la sécurité générale.

Si la plupart des dommages matériels dûs aux incendies au Canada sont le fait des édifices commerciaux et institutionnels, plus de 80 p. 100 des décès à la suite d'incendies sont survenus dans des bâtiments résidentiels. C'est pourquoi les recherches sur la sécurité-incendie sont restées une priorité.

La section d'étude du feu du CNRC (rebaptisée le Laboratoire national de l'incendie en 1989) a conduit les principales recherches dans ce domaine durant cette période. Les méthodes d'essai sont raffinées et des modèles mathématiques sont mis au point pour mieux prédire la résistance aux incendies des ensembles de construction. Les installations d'essai en grandeur réelle du CNRC, ouvertes en 1981, comportent entre autres une vaste salle d'essais sur la combustion ainsi qu'une tour à dix étages; elles se sont avérées extrêmement précieuses pour étudier les schémas de dispersion des flammes et de la fumée, des embrasements, des gaz d'incendie, ainsi que la résistance des ensembles et les méthodes d'extinction. Les résultats de la recherche ont formé le fondement des révisions au *Code national du bâtiment* et au *Code national de prévention des incendies*.

Photo 76 :
Les chercheurs observent une expérience ayant rapport aux incendies dans un grand laboratoire du CNRC situé près d'Almonte, en Ontario, où une tour de dix étages sert à réaliser des études en vraie grandeur sur le mouvement et la maîtrise de la fumée (Photo du Conseil national de recherches du Canada)



L'une des initiatives principales du CNRC au milieu des années 80 est la mise au point et la validation — qui ont duré plusieurs années — d'un modèle d'évaluation des risques d'incendie et des coûts (FIRECAM) en collaboration avec des chercheurs australiens. Le logiciel évalue les incidences et l'efficience des diverses méthodes de sécurité-incendie. Sans un tel outil d'évaluation, il était très difficile d'établir des équivalences en matière de sécurité-incendie, notamment pour la rénovation des anciens bâtiments. La plupart des gouvernements compétents hésitaient à accepter les écarts par rapport aux exigences des codes parce qu'ils ne pouvaient en déterminer la fiabilité. La SCHL subventionne une étude sur des mesures de rechange pour assurer la sécurité-incendie des bâtiments existants [4]; elle parraina ensuite, en 1992, une tribune sur les codes en matière de rénovation, qui a été suivie par l'élaboration de directives relatives à l'application des exigences de la partie 9 du *Code national du bâtiment* aux édifices existants.

Le débat sur les gicleurs

Un vive controverse, des plus intéressantes, a entouré les exigences relatives aux extincteurs automatiques à eau, les gicleurs. En 1983, l'Association canadienne des chefs de pompiers proposa de rendre obligatoire l'installation de systèmes automatiques d'extinction des incendies dans toutes les résidences. L'efficience des gicleurs faisait depuis longtemps l'objet de moult interrogations, mais la mesure avait reçu l'appui solide des chefs de pompiers et de l'industrie de fabrication de gicleurs. Les municipalités y voient une occasion de réduire les budgets associés à la lutte aux incendies et certaines, dont Vancouver, adoptent des règlements rendant les gicleurs obligatoires. Le Comité permanent chargé de la protection contre l'incendie accepte de se pencher sur la question et, avec le Comité permanent des maisons et petits bâtiments, forme un groupe de travail conjoint sur l'installation obligatoire de gicleurs dans les maisons afin d'en étudier les incidences.

La SCHL joue un rôle clé dans le débat; elle finance une série d'études sur les coûts et les avantages des gicleurs et d'autres dispositifs de prévention des incendies. Ces études [5] concluent que les coûts par rapport aux vies sauvées équivalent à 38 millions de dollars au moins — de une à deux fois plus élevés que les coûts d'autres mesures de sécurité imposées. Ces études démontrent en outre l'efficacité des détecteurs de fumée et la nécessité de sonder les causes des incendies. Le groupe de travail conjoint se prononce enfin contre l'utilisation obligatoire de gicleurs dans les maisons (à l'exception des maisons des personnes ayant des besoins spéciaux), mais recommande toutefois d'assouplir de nombreuses exigences en matière de sécurité-incendie du *Code national du bâtiment* pour les édifices comportant des gicleurs. La SCHL élabore par la suite un plan stratégique d'amélioration de la sécurité-incendie des résidences, y compris les détecteurs de fumée afin d'augmenter leur fiabilité.

Parmi les techniques et produits nouveaux qui ont vu le jour durant cette période, citons les matériaux d'ignifugation, les matériaux de mitigation de la propagation des flammes et de la fumée, les gicleurs automatiques et les systèmes améliorés de détection des incendies et de la fumée. Diverses méthodes visent la contention des incendies et de la fumée dans les immeubles en hauteur, dont des systèmes de pressurisation pour les cages d'escalier et les vestibules, des zones de refuge désignées, des commandes spéciales pour les ascenseurs et les systèmes de communication, et des panneaux d'alarme centralisés à l'usage des pompiers.

La sécurité dans les maisons

Si les comités d'étude des codes et le secteur de l'habitation s'intéressent surtout aux exigences en matière de sécurité-incendie, la population veut quant à elle se protéger contre le crime. Les systèmes de sécurité électroniques pour la maison, y compris des détecteurs de mouvement, des capteurs de pression, des détecteurs de fenêtre et de porte, des commandes d'éclairage et des alarmes, deviennent des produits de grande consommation et les principaux moteurs des progrès dans le domaine de la domotique. La SCHL publie un guide du consommateur dans

le domaine de la sécurité résidentielle et entreprend des études sur la résistance aux entrées par effraction, en évaluant notamment les portes-fenêtres coulissantes et les dispositifs de verrouillage, les murs à ossature en bois et les embrasures de porte.

Les travaux de bricolage ont continué d'être une source majeure d'accidents. La SCHL a publié un guide sur les façons d'éviter les risques de la rénovation [6] et encourage l'utilisation d'appareils de sécurité peu dispendieux, de plus en plus faciles à trouver.

L'amélioration des mesures de protection parasismiques

Le tremblement de terre qui a dévasté San Francisco en 1989 a mis les Canadiens en alerte. Ils s'inquiètent de leur propre vulnérabilité, notamment dans les zones géologiques actives comme Vancouver. La recherche du CNRC sur les améliorations de la protection parasismique a été très bien accueillie. La SCHL a produit des publications et des films vidéo à l'intention des constructeurs et des propriétaires de maisons, qui encouragent ces améliorations.

La conception d'environnements plus silencieux

Quand des plaintes relatives à l'élasticité des planchers se firent de plus en plus pressantes à la fin des années 60 — les producteurs de bois avaient demandé que l'on modifie les normes en matière de rigidité et de portée du bois d'œuvre — l'ACHDU (ACCH) travailla de concert avec la SCHL, les centres de recherches forestières et les fabricants pour trouver des solutions au problème. Les craquements dans le plancher et la détérioration des finis intérieurs avaient souvent pour cause un rétrécissement excessif du bois qui séchait, ce qui exposait les têtes de clous ou d'autres types de fixations. Les fournisseurs mirent au point de nouvelles fixations et de nouveaux produits adhésifs plus performants. Les progrès dans le domaine des poutrelles de bois composite haute technologie ont été alimentés en partie par le désir d'améliorer le rendement acoustique; un fabricant a même commercialisé son produit en l'appelant le « plancher silencieux ».

La croissance de la population urbaine et la densité accrue de la circulation attirent l'attention sur la protection des maisons contre les bruits extérieurs. Les maisons de démonstration des Plaines LeBreton permettent l'essai sur le terrain des écrans acoustiques installés au niveau du sol ou sur les balcons afin de réduire les bruits dans les logements.

L'émergence de maisons de faible hauteur dans des aménagements à densité moyenne, de même que la copropriété ont provoqué une augmentation des plaintes des occupants relativement au bruit provenant des logements mitoyens. Les plaintes semblaient particulièrement nombreuses au Québec, où les contrôles du bruit ont été classés par les participants aux ateliers des constructeurs de la SCHL comme étant une priorité importante. En réponse, la SCHL a produit un document conseil intitulé *L'isolement acoustique* [7], en 1987.

Durant cette période, c'est la division de l'acoustique du CNRC qui mène la plupart des recherches sur les contrôles du bruit, souvent en collaboration avec la SCHL. Des progrès considérables sont réalisés dans les appareils d'essai et dans les techniques de mesure, notamment pour ce qui est des bruits de basses fréquences, de trépidation et latéraux (qui réussissent à pénétrer les ensembles nominaux des murs et des planchers). De nouvelles techniques de construction augmentent l'insonorisation des murs mitoyens, des portes d'appartement et des ensembles plafond-plancher dans les appartements. Diverses stratégies de contrôle des bruits émis par les équipements sanitaires dans les collectifs d'habitation font l'objet de démonstrations; ce contrôle se fait au moyen d'une meilleure isolation des tuyaux, de fonds de clouage et de fixation pour les tuyaux résilients, de même que de coussinets résilients appliqués sur les appareils eux-mêmes. Les exigences liées à l'isolement acoustique des appartements sont beaucoup plus sévères dans le *Code national du bâtiment* de 1990. *Le Code national du bâtiment*

de 1995 comprend des données complètes sur le rendement par rapport aux incendies et au bruit d'un grand nombre de méthodes de construction des murs.

De nouveaux produits font leur apparition sur le marché : des ventilateurs d'extraction plus silencieux, des coffrets électriques en plastique dotés de joints d'étanchéité intégrés pour l'application sur les murs mitoyens, divers types de coussinets et de fixations résilients.

Relever les défis environnementaux : les maisons des régions nordiques et éloignées

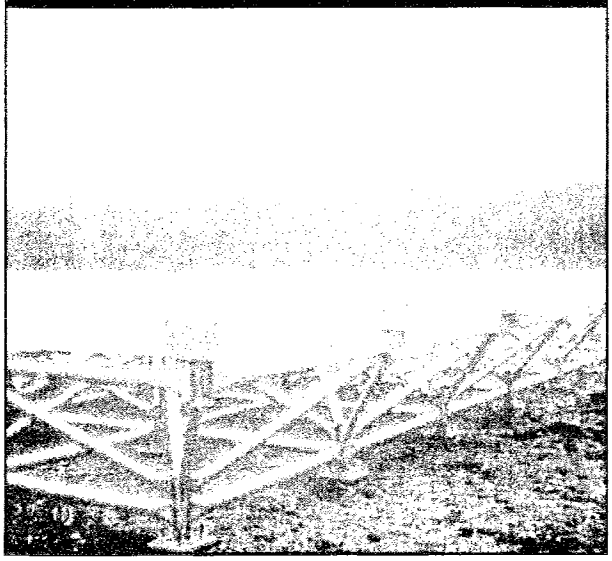
Les conditions extrêmes qui sévissent dans l'Arctique ont accéléré la détérioration des composants des maisons, ce qui a contribué à amplifier tous les défauts et toutes les faiblesses des constructions. Dans les années 60, on s'aperçoit qu'il est très hasardeux de transplanter dans le nord des bungalows préfabriqués tout à fait convenables pour le sud. Une nouvelle ère de recherche et de démonstration commence, sous le chef tout d'abord du CNRC, puis de la SCHL par la suite. De si nombreuses expériences ont été tentées que certaines collectivités du nord sont de véritables « musées » des succès et des échecs — panneaux de contreplaqué à parois structurales, « panneaux isothermes » métal et polyuréthane, systèmes de billots, bâtiments Quonset avec toit et murs arqués, maisons « super isolées », pour n'en nommer que quelques-uns. Les habitants ont de multiples griefs à formuler, parce que l'absence de pièces de remplacement rendent les réparations et l'entretien très difficiles. Cependant, dans les années 80, toutes les expériences tentées construisent des fondements solides [8], particulièrement pour ce qui est des maisons subventionnées par la SCHL et les sociétés d'habitation des Territoires du Nord-Ouest et du Yukon.

Des fondations novatrices

Les fondations stables sont un élément clé, c'est bien connu. Or, le pergélisol et d'autres types de sol instable provoquent des déformations qui détruisent l'intégrité de l'enveloppe des bâtiments. La méthode la plus courante est le système des poutres et de cales, qui consiste à installer des cales de mise à niveau sur un palonnier, sur des couches de planches imprégnées sous pression et déposées sur une couche de gravier. Les encoffrements en bois avec enrochements représentent une solution plus permanente. Encore mieux, mais beaucoup plus cher, on a recours à des pieux forés, en acier ou en bois traité sous pression. On utilise aussi les fondations « groenlandaises », constituées de poutres de bois à entretoises congelées dans le pergélisol et couvertes d'une couche d'isolant afin de protéger le pergélisol.

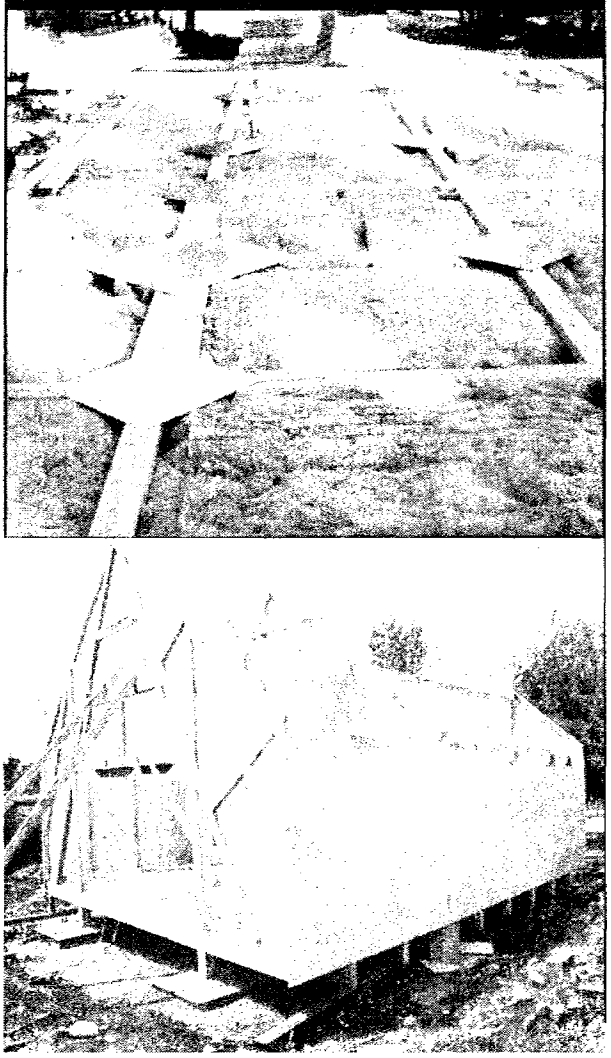
La SCHL a effectué diverses études pour améliorer les techniques de fondation. Elle a mise au point des stratégies d'amélioration des fondations existantes à l'aide d'outils manuels

Photo 77 :
Des fondations tridimensionnelles ont été utilisées avec succès dans le Nord pour faire échec aux écarts d'affaissement sur le pergélisol



simples. La faisabilité des fondations à trois points a été examinée pour éliminer les problèmes de déformation. Éventuellement, ces recherches aboutissent à une démonstration réussie — tant pour les nouvelles maisons que pour les maisons améliorées — d'un système de fondation tridimensionnel. Les versions originales sont appuyées sur trois points uniquement, mais les versions ultérieures sont appuyées sur des points multiples à l'aide de petits sièges qui pressent sur le sol et redistribuent ainsi les charges inégales.

Photo 78 :
La « maison monocoque » fait usage de connecteurs métalliques pour assembler les éléments structuraux et former une coquille rigide qui permet de contrer l'affaissement du pergélisol. La maison peut ainsi reposer sur seulement quatre patins d'appui



Une autre approche très spéciale est la maison « monocoque » qui a fait l'objet d'une démonstration à Vancouver par le Council of Forest Industries, et à Whitehorse avec l'aide du Yukon College et de la Yukon Home Builders' Association, affiliée à l'ACCH. Les murs extérieurs, les planchers et le toit de la maison monocoque sont solidement fixés au moyen de plaques de métal afin de former une coquille structurale (une monocoque) reposant sur quatre patins d'appui, qui peut supporter les mouvements différentiels des fondations.

Les techniques d'enveloppes

Des progrès considérables ont eu lieu dans le domaine de la conception et de la construction des enveloppes des bâtiments. Les systèmes de panneaux préfabriqués, qui traditionnellement entraînent des problèmes de fuites d'air dûs à des joints ouverts par des mouvements latéraux, sont améliorés par l'utilisation de joints bouvetés, de dispositifs de blocage par came et de bagues d'étanchéité. Cette technique est reléguée aux oubliettes avec le déclin des constructions dans les nouvelles villes minières du nord. Divers systèmes mixtes d'ossature en bois, d'isolants rigides, de fermes et de polyuréthane pulvérisé sont aussi mis au point afin d'augmenter les niveaux d'isolation par rapport à ceux des ossatures conventionnelles. On accorde un plus grand soin aux pare-air et aux pare-vapeur, parce qu'on a découvert que de petites imperfections se traduisent rapidement par de graves problèmes d'humidité, plus que dans les climats plus tempérés. L'utilisation d'un pare-air extérieur devient monnaie courante.

Les enveloppes deviennent l'objet de beaucoup d'autres considérations spéciales. Diverses stratégies visent à ancrer les maisons pour les protéger contre les vents violents (les attaches boulonnées de type « homme mort » sont un exemple). Des modèles élevés sans socle de lambris empêchent que la chaleur n'atteigne le pergélisol et favorisent l'utilisation de dispositifs de déflation pour éliminer les amoncellements de neige. Les greniers non ventilés et isolés contre l'entrée de la neige soufflée par le vent et l'accumulation de gel provenant de fuites

d'humidité connaissent du succès, autant dans les nouvelles maisons que dans les maisons améliorées. Pour éviter les problèmes récurrents de planchers froids, notamment en présence de vides sanitaires ouverts, des plénums d'air chaud sont construits au-dessus de la structure du plancher et on scelle la face intérieure du plancher pour le protéger contre les rafales de vent.

Les portes extérieures posent des problèmes particuliers, à l'origine de recherches sur les coupe-bise dans les entrées, sur les façons d'éviter le gauchissement et l'accumulation de glace, ainsi que sur la résistance des calfeutrages. Les fenêtres posent des problèmes similaires, y compris des pertes excessives de chaleur durant l'hiver et d'accumulation solaire durant l'été, d'accumulation de gel, d'infiltration de neige poussée par le vent et de bris des fixations. De nombreuses années avant que les « super fenêtres » ne deviennent populaires dans le sud, des fenêtres à verre triple et quadruple sont installées dans les maisons du nord. Les cadres en polychlorure de vinyle (PCV) sont généralement adoptés.

Les systèmes mécaniques

Les systèmes de chauffage continuent d'être alimentés le plus souvent par des combustibles. En raison des coûts élevés d'électricité pour chauffer l'eau, des recherches sont entreprises pour créer des systèmes mixtes à l'huile. Les chaufferettes à mazout dotées de convecteurs à eau glycolée se sont avérées extrêmement compliquées à entretenir. L'ajout d'un ventilo-convecteur et d'un réservoir d'eau chaude afin de fournir un chauffage à air chaud pulsé à partir d'une chaudière à mazout constitue un progrès prometteur. Des poêles à bois étanches plus efficaces deviennent répandues dans les régions où le bois est disponible.

On étudie des méthodes de rechange pour la ventilation. On adapte les ventilateurs-récupérateurs de chaleur aux températures inférieures à -40 °C, bien que la plupart posent des difficultés à des températures inférieures à -20 °C. Les conduits d'évacuation sont installés en aval dans les planchers afin d'empêcher les pertes passives et l'accumulation de gel qui réduisent l'efficacité des systèmes conventionnels, qui évacuent l'air par les plafonds et les greniers. On installe plus souvent des boîtiers de ventilation à chicanes au-dessus ou au-dessous des fenêtres afin de fournir une ventilation durant l'hiver sans qu'il soit nécessaire d'ouvrir les fenêtres.

Les réseaux de distribution aériens sous coffrage en surface perdent la faveur du public en raison de leurs coûts; ils sont progressivement remplacés par des réseaux isolés enterrés, souvent dotés de traceurs électriques. L'emmagasinage de l'eau et les réservoirs d'eaux usées demeurent courants, mais ils sont améliorés par l'utilisation de réservoirs en fibre de verre ou en polyéthylène dotés de raccords rapides extérieurs pour le remplissage ou le pompage.

En 1987, la SCHL et EMR prennent part à une entreprise conjointe avec l'industrie et les sociétés d'habitation territoriales (le Comité du Nord — Comité de technologie de l'habitation en régions nordiques ou éloignées) afin de fournir de l'aide technique pour l'amélioration de la qualité des maisons nordiques et augmenter l'abordabilité. Les priorités principales sont l'amélioration des systèmes de chauffage à l'huile, des ventilateurs-récupérateurs de chaleur à basse température, des systèmes de ventilation passive et des garnitures de portes et de fenêtres, pour qu'elles soient mieux adaptées.

Les applications dans les maisons des régions éloignées

Nombre de résultats des recherches conduites dans l'Arctique ont été appliqués dans les maisons des régions rurales et dans les maisons autochtones, dans des régions nordiques où le climat est un peu moins rude mais où l'isolation et le mode de vie posent des défis similaires. On a porté une attention particulière aux fondations, à la durabilité des revêtements intérieurs et extérieurs, à la simplification des systèmes de chauffage et de ventilation, et aux problèmes d'humidité.

La maison « Crofter » de la SCHL, qui a fait l'objet d'une démonstration dans les années 80 sous diverses formes dans plusieurs localités, rassemble les résultats de nombreuses leçons apprises. Les innovations comprennent entre autres un plénum chauffé dans le faux-plancher, des serpentins qui assurent le préchauffage de l'eau dans un poêle à bois, un placard mécanique pour mélanger et préchauffer l'air de ventilation, un tube de cheminée en métal monopièce pouvant supporter la créosote souvent associée au brûlage du bois, des matériaux d'isolation rigides sur l'intérieur des murs extérieurs visant le contrôle de la condensation, ainsi que des piliers de soutien en béton pour les fondations avec fond en acier pour le plancher [9].

Le programme de démonstration dans le cadre du PLRA, qui a mené à la construction de 500 logements dans le nord canadien de 1986 à 1991, cherche des moyens de réduire les coûts par la construction autonome et des techniques plus simples [10]. Diverses solutions de rechange sont démontrées, surtout dans les premières années, y compris des systèmes préfabriqués, des modules de construction pièce sur pièce, le recours à des ballots de paille et monocoques, ainsi que des trousses à volume minimal prêtes à expédier. Finalement, la construction de l'ossature de bois sur place s'est avérée plus économique dans la plupart des régions, ce qui a mené à la mise au point d'éléments préfabriqués et de manuels d'instruction détaillés.

Photo 79 :
Le programme de démonstration pour les ruraux et les Autochtones vise à trouver des moyens de réduire le coût des logements en régions nordiques grâce à l'autoconstruction et à des techniques plus simples. Cet exemple provient de Davis Inlet, au Labrador

Outre les considérations d'ordre purement technique, la recherche sur le logement dans le nord durant cette période porte aussi sur les techniques qui tiennent compte de facteurs culturels, qui favorisent l'autonomie, ainsi que des réparations et un entretien faciles. (Les défis logistiques de la maison nordique sont discutés brièvement au chapitre 8.)

Éviter la crise des infrastructures

Les coûts croissants d'une infrastructure municipale qui ne cesse de croître, combinés à un besoin accru de réparations des systèmes existants, ont entraîné la pénurie de terrains viabilisés dans les années 80 et contribuent à l'escalade des prix des maisons dans certains centres urbains. En 1988, la Fédération canadienne des municipalités estime que l'amélioration des infrastructures urbaines coûterait entre 12 et 15 milliards de dollars; en 1991, l'Association canadienne des constructeurs d'habitations place l'infrastructure au sommet des priorités de l'industrie. En 1992, la SCHL et l'ACCH ont cosubventionné la conférence Infrastructure et habitation : Enjeux et options [11], axée sur ces questions.

La SCHL avait déjà vu la nécessité de trouver des méthodes de rechange pour le traitement des eaux et des eaux usées dans les années 50; elle avait alors entrepris des recherches dont le résultat fut la mise au point du système CANWEL, un système canadien de traitement des déchets, en 1971. L'historique du CANWEL est donné en détail dans le document *Deux décennies d'innovation en technologie du bâtiment résidentiel de 1945 à 1965*. En résumé,

le CANWEL est un système de gestion des déchets intégré qui récupère les eaux domestiques à partir des eaux usées, ainsi que l'énergie des résidus urbains, à un coût que l'on estime inférieur à celui des services conventionnels. Ce système de traitement des déchets liquides utilise des processus biologiques, physiques et chimiques pour produire une eau de consistance acceptable pour l'évacuation non diluée. Le sous-système d'épuration des eaux améliore l'évacuation des eaux potables. Un troisième composant, le sous-système de traitement des déchets solides, permet d'incinérer les résidus urbains et les déchets solides provenant des eaux usées, en vue de chauffer l'eau. Même si la démonstration du système CANWEL a été une réussite à Toronto et à Vaudreuil, le concept est sans doute trop en avance de son temps et il attire très peu de soutien de la part des municipalités. Des contraintes financières entraînent la fermeture des installations en 1978. On s'intéresse de nouveau à l'initiative en 1981; on se contente d'évaluer les systèmes installés [12], sans poursuivre cependant la recherche ni les démonstrations.

Le traitement des eaux usées provenant des champs d'évacuation dans les zones rurales et non viabilisées — une difficulté qui a surgi durant le boum de la construction qui a suivi immédiatement la guerre — continue de créer des difficultés tant pour les propriétaires que pour l'environnement. Au début des années 90, les réseaux sanitaires déclassent les fondations parmi les principales zones de problèmes dans le secteur des maisons de faible hauteur pour ce qui est des garanties. La SCHL subventionne la mise au point et la démonstration de systèmes améliorés, tels que les filtres anaérobies pour le traitement des effluents des fosses septiques et des réseaux de tranchées. On met aussi à l'essai des réseaux d'égout à basse pression et peu profonds dans les petites collectivités installées sur des terrains rocheux. Ces réseaux font le prétraitement des égouts, ce qui améliore le rendement des réseaux sanitaires, notamment dans les régions où le gravier est difficile d'accès. Les techniques des toilettes biologiques sont aussi améliorées, et connaissent la faveur dans les régions non desservies par des réseaux municipaux.

La gestion des eaux de ruissellement pose un autre défi lié aux infrastructures. Diverses études arrivent à la conclusion que les stratégies municipales dans ce domaine sont un facteur majeur de l'inondation des sous-sols due aux égouts d'eaux de pluie, sanitaires et mixtes [13]. Des recherches sont effectuées sur les pompes à puisard à soupape de retenue pour les sous-sols et les ouvrages d'entrée pour les réseaux d'évacuation municipaux, mais le problème reste sans solution réelle.

Durant cette période, diverses techniques voient le jour qui favorisent le renouveau et l'élargissement des infrastructures plus économiques [14]. L'un des domaines importants est la pose ou la réparation de canalisations sans fossoyage, à l'aide de techniques comme le creusage de microtunnels avec des tunneliers orientables, le perçage directionnel à l'aide de têtes de forage orientables, des tarières à canalisation guidées, des revêtements souples intérieurs et extérieurs des tuyaux inversés. On assiste aussi à la naissance de nouvelles techniques de traitement des eaux usées, telles que la filtration sur membrane et l'élimination des nutriments biologiques. L'utilisation des aquifères souterrains pour l'emmagasinage des eaux traitées est étudiée comme solution de rechange aux gros réservoirs et aux grosses citernes. La conception assistée par ordinateur et la modélisation permettent aux municipalités d'analyser précisément leurs besoins en matière d'infrastructure et les rendements attendus.

L'émergence de concepts de durabilité environnementale, associée à des pénuries d'eau dans certaines régions, suscite l'intérêt envers les techniques de conservation de l'eau et qui favorisent « l'autonomie » des maisons pour augmenter la capacité des infrastructures existantes. Ces techniques font l'objet d'une discussion au chapitre 10. Des prototypes de systèmes de recyclage des eaux ménagères et de canalisation double sont mis au point pour les

eaux de rinçage des toilettes, la lessive et l'irrigation; on parvient à réduire la consommation d'eau potable de 30 à 40 p. 100. Dotée de systèmes de filtration et de purification améliorés, la maison de démonstration saine de la SCHL à Toronto utilise seulement la pluie et la neige pour l'alimentation en eau.

Des solutions adaptées aux difficultés régionales

L'innovation a touché divers plans, souvent en réponse à un problème ou à un besoin établi par le secteur de l'habitation. Voici quelques exemples de la portée des recherches et des modifications apportées.

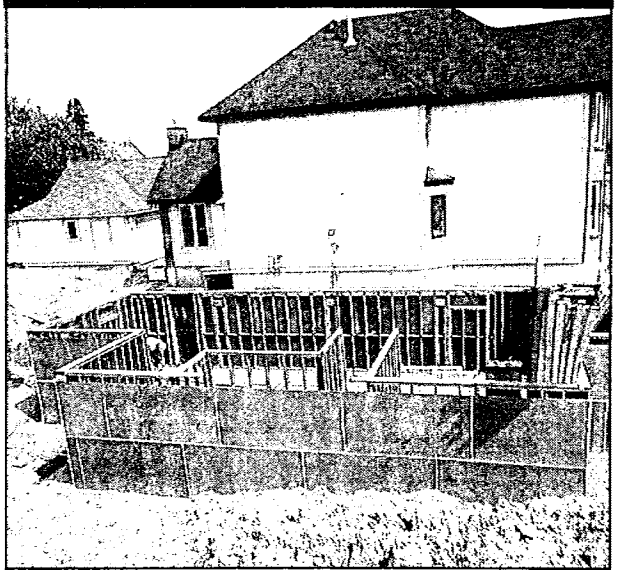
Les fondations pour les sols difficiles

Les sols à problème, notamment l'argile gonflante, ont continué de poser des défis. Au milieu des années 70, le projet Mark IX à Regina a permis de mettre à l'épreuve des fondations sur poleaux métalliques et poutres au niveau du sol. Un projet subventionné par la SCHL a démontré l'efficacité de massifs drainant en gravier sous les fondations. Diverses solutions techniques ont été étudiées pour les déplacements des fondations à Winnipeg au début des années 80. Une méthode intéressante, dont on a fait une démonstration concluante avec l'aide de la SCHL à Regina en 1987, consiste à couler les fondations sur des poteaux forés, à installer un plancher de bois suspendu, aucun drain en périphérie et un remblais composé de sable et de bentonite afin de réduire les pressions sur le sol et la pénétration d'eau. Les fondations en bois traité (ou fondations en bois permanent, comme on les a peu à peu appelées), gagnent en popularité dans les régions où le béton prêt à l'emploi n'est pas disponible; cette popularité est grandement aidée par des techniques raffinées de protection des fondations en bois traité contre la pression du sol et l'humidité.

La décoloration des plaques de plâtre

L'un des problèmes qui embêtent le plus les constructeurs de maisons à la fin des années 80, surtout dans l'Ouest, est la décoloration rapide des plaques de plâtre aux joints peu après l'achèvement de la construction. Après des recherches considérables effectuées par le CNRC et la SCHL, on trouve la cause : il s'agit d'une réaction chimique entre le mercure des fongicides contenus dans les composés à joint et l'hydrogène sulfuré contenu dans l'air, en présence de rayons ultraviolets et d'humidité [15]. On conseille aux constructeurs d'enlever les taches et d'éviter la résurgence du problème en prévoyant un temps de séchage suffisant des joints.

Photo 80 :
Les fondations permanentes en bois gagnent en popularité, surtout là où le béton est difficile à obtenir *(Photo du Conseil canadien du bois)*



La pénurie de bois d'œuvre

La plupart des maisons de faible hauteur ont encore une ossature en bois. Cependant, les prix fluctuants du bois et les inquiétudes relatives à la disponibilité à long terme du bois de charpente poussent le secteur à chercher d'autres solutions. L'escalade rapide des prix du bois en 1993, à la suite d'une interdiction partielle sur l'exploitation forestière dans le nord-ouest des États-Unis, pour des raisons environnementales, a accéléré cette recherche. La SCHL subventionne une étude sur des solutions de rechange. Les armatures en métal léger connaissent une popularité croissante, ce qui donne aux constructeurs un produit beaucoup plus stable sur le plan des dimensions que le bois d'œuvre, bien que les problèmes de pont thermique soient toujours importants. L'entreprise Royal Plastics à Toronto a été la première à mettre au point un modèle réussi de maison tout en plastique. Les poutres de plancher en bois composite remplacent graduellement les planches de construction de dimension courante dans de nombreuses parties du Canada.

Le relèvement des fermes

Le projet Mark XII à la fin des années 70 met l'accent sur des solutions à ce problème. Durant la décennie qui a suivi, Forintek et la SCHL ont mis à l'essai diverses méthodes de clouage et de fixation laissent « flotter » les plaques de plâtre au coin des murs et du plafond, pour laisser plus de place à la courbure convexe des fermes du toit durant l'hiver.

La protection contre les termites

Les inquiétudes entourant la prolifération des termites à pattes jaunes dans certaines régions du sud du Canada dans les années 80 ont accéléré la recherche sur les méthodes de contrôle. La SCHL a collaboré avec la faculté de foresterie de l'université de Toronto à un projet pluriannuel visant la mise au point de produits de préservation du bois à faible toxicité, de termiticides et de biopesticides.

14. RENDRE LES ANCIENNES STRUCTURES AUSSI PERFORMANTES QUE LES NOUVELLES

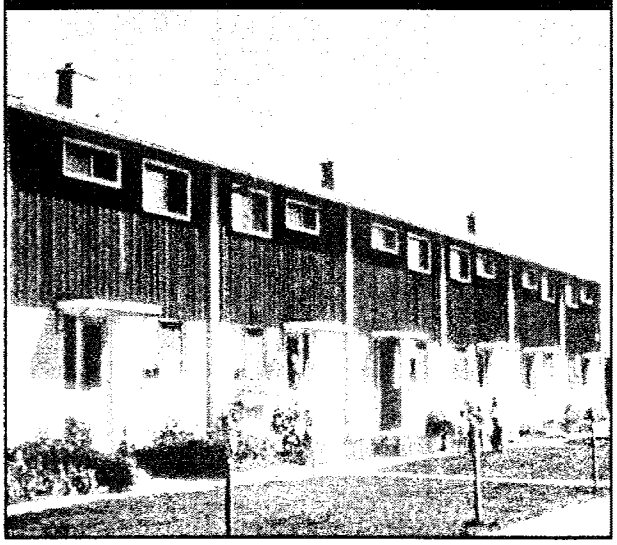
Le boum de la rénovation a entraîné de toutes nouvelles demandes dans le domaine de l'innovation. Les gestionnaires du parc immobilier, les rénovateurs et les propriétaires de maisons se débattent pour rendre les anciens logements conformes aux normes courantes de rendement, de sécurité et de confort, tout en conservant leur caractère.

Comme il est noté au chapitre 9, l'industrie de la rénovation est extrêmement fragmentée, ce qui ne favorise pas la cohésion des innovations. Toutefois, deux thèmes ont contribué à la mise au point d'innovations importantes dans l'amélioration du rendement des anciennes maisons : les programmes d'amélioration du rendement énergétique subventionnés par le gouvernement et les industries de services, ainsi que la nouvelle tendance vers des finis à faible entretien.

Durant cette période, la SCHL donne la priorité à la restauration et à la conservation du parc immobilier. De nombreuses recherches de soutien, dès le début des années 70, portent sur l'état du parc immobilier, font l'estimation des besoins de réparation et des profils de l'industrie de la rénovation; un projet de consultation nationale est aussi effectué. Le Programme d'aide à la remise en état des logements, lancé au début des années 70, est à l'origine des premières tentatives systématiques, par le biais du Centre de formation pour la restauration des habitations, de formation des inspecteurs et des installateurs sur l'application des principes scientifiques aux améliorations visant le rendement énergétique [1]. Ce mouvement est suivi dans les années 90 par le Programme national de formation des rénovateurs, mis sur pied en partenariat avec l'ACCH.

Des projets, tels que la restauration des immeubles Regent Court de Regina au début des années 80, ont démontré les possibilités d'amélioration globales du parc immobilier public. Une étude effectuée en 1985 montre qu'il est possible de construire des logements de qualité supérieure dans les sous-sols des vieilles maisons, en effectuant des améliorations importantes pour rendre le logement chaud et sec, tout en protégeant la longévité des murs de fondation en pierres brutes [2]. De nombreuses publications à l'intention des consommateurs [3] aident les propriétaires de maisons à déterminer leurs besoins de rénovation et à effectuer leurs propres réparations et améliorations.

Photo 81 :
La remise en état de Regent Court, à Regina (Saskatchewan), montre qu'il est possible de rénover à grande échelle le parc de logements publics



Pendant ce temps, EMR concentrait ses recherches sur la mise au point de techniques d'amélioration du rendement énergétique qui furent intégrées dans des publications de l'industrie [4] et dans des cours de formation à vaste échelle de l'Association nationale de conservation de l'énergie (ANCE) à l'intention des entrepreneurs spécialisés dans les améliorations. Dans les années 90, RNCan a dirigé la mise au point d'un logiciel de vérification, le HOT-2000, ainsi que l'élaboration de directives relatives

aux systèmes de cotation du rendement énergétique des maisons, en plus de collaborer avec la SCHL à la création d'une base de données détaillées sur le parc immobilier existant. Le Centre canadien des codes du CNRC et la SCHL ont travaillé à trouver des solutions aux obstacles réglementaires à la rénovation. La SCHL a mis en œuvre les premières étapes de l'élaboration d'un code sur la rénovation domiciliaire, à l'issue d'une étude menée en 1995 sur l'application des exigences du code aux maisons existantes [5].

Au milieu des années 90, la SCHL et RNCan ont subventionné conjointement une série de projets Rénovation en vedette, avec les associations locales de constructeurs de maisons affiliées à l'ACCH, en vue de démontrer des méthodes complètes d'amélioration du rendement énergétique, de l'environnement intérieur et des composants fonctionnels. Le premier projet, achevé à Red Deer en 1994, a permis d'améliorer une maison datant de 1905; à la fin des travaux, elle satisfaisait à la majorité des exigences en matière de rendement du Programme R-2000.

Améliorer le rendement énergétique du parc immobilier existant

Les nombreux programmes d'encouragement lancés dans le sillage de la crise de l'énergie, en plus de la pléthore de recherches de soutien et de formation sous l'égide d'EMR, de la SCHL, du CNRC et de l'ACCH, ont donné lieu à la mise au point de nombreuses techniques d'amélioration du rendement énergétique. Elles ont été raffinées durant la deuxième série de programmes d'amélioration, à la fin des années 80 et au début des années 90, par les sociétés d'électricité, dans le cadre de stratégies de gestion de la demande.

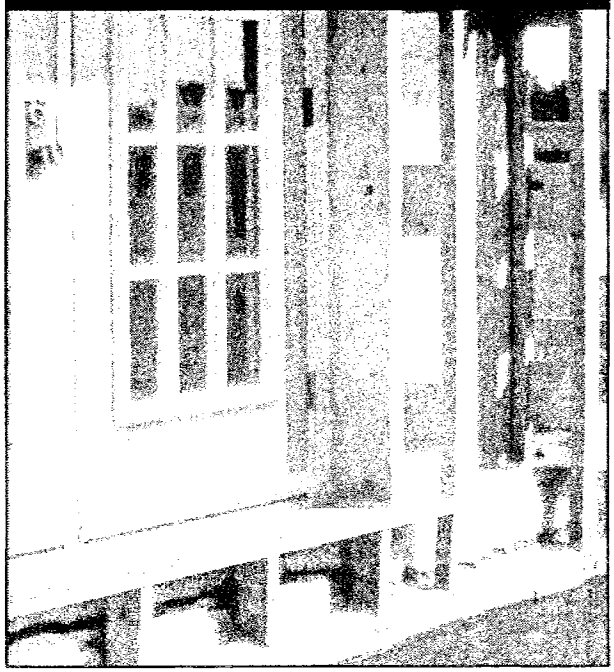
L'approche systémique

L'une des découvertes principales de cette période — même s'il a fallu attendre des problèmes d'humidité, de qualité de l'air intérieur et de dispersion des produits de combustion — a été l'approche systémique. La première vague de conseils sur la conservation de l'énergie dans les années 70 a été suivie par une série de documents de formation et de publications à l'intention des consommateurs dans les années 80. Ces derniers mettent l'accent sur la nécessité de tenir compte des interactions de tous les systèmes des maisons, notamment de l'incidence des améliorations du rendement énergétique et de l'étanchéisation sur la ventilation, l'évacuation des gaz de combustion et les niveaux d'humidité.

De nouveaux matériaux isolants

Les isolants à mousse vaporisée et, notamment, les mousses en polyuréthanne et en urée-formaldéhyde (bannie en 1980 en raison de problèmes de qualité de l'air —voir le chapitre 12) permettent de remplir les cavités murales dans les maisons plus anciennes. Certains isolants, par exemple le polyuréthane et le cellulose à déploiement serré, augmentent l'étanchéité. L'installation de nouveaux revêtements est souvent accompagnée d'isolants extérieurs et de membranes perméables à la vapeur d'eau. Certaines « super améliorations » intègrent des fermes murales à montage vertical,

Photo 82 :
Certains travaux de restauration comportent la réalisation de murs à ossature rapportée, mettant à contribution la ferme Larsen que l'on voit ici, qui permet d'accroître la quantité d'isolant *(photo de Oliver Drerup)*

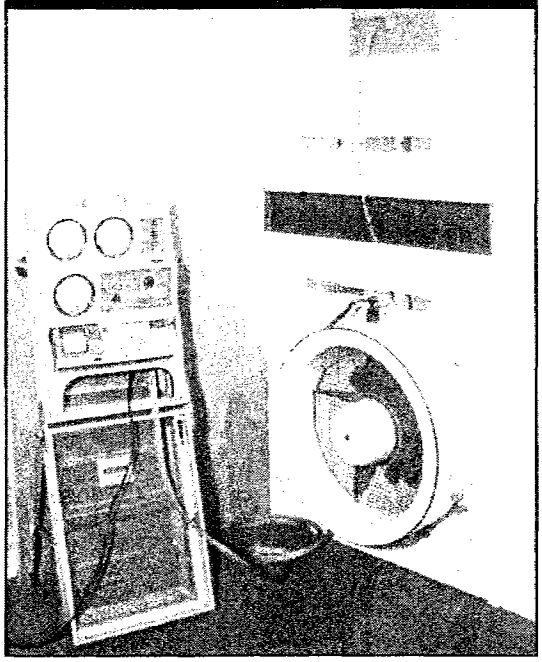


comme les fermes Larsen en planches 2 x 2 non travaillantes à l'extérieur, ou un second mur à l'intérieur afin de compenser les augmentations très importantes des niveaux d'isolation.

Le contrôle des fuites d'air dans les constructions de faible hauteur

L'augmentation considérable de l'étanchéité des anciennes demeures s'est révélée beaucoup plus difficile que celle des nouvelles maisons, en raison de la quasi-impossibilité d'installer des pare-air continus. Des méthodes globales ont été mises au point qui impliquent notamment de bloquer les principaux points de pénétration au plafond et dans les murs extérieurs, le calfeutrage et l'étanchéisation de grandes sections de réseaux de fuite indirecte, ainsi que l'installation de coupe-bise sur les fenêtres et les portes. La SCHL teste sur le terrain de méthodes d'étanchéisation globales dans les anciennes maisons, en utilisant des émulsions polymériques et des mousses de polyuréthanne. Le document *Étanchéisation des maisons aux fins de l'économie d'énergie*, produit par EMR, est l'un des premiers manuels complets dans le domaine [6]. De nombreux produits spécialisés sont lancés sur le marché, et un test de pénétration d'air dans les portes est mis au point afin de mesurer les améliorations.

Photo 83 :
Des ventilateurs à débit contrôlé sont mis au point afin de pressuriser ou de dépressuriser des habitations dans le but de tester les fuites d'air et de contribuer à l'analyse thermographique



Le contrôle des fuites d'air dans les constructions en hauteur

On découvre par la suite que l'étanchéisation est beaucoup plus efficiente dans les immeubles collectifs. Outre les techniques utilisées dans les maisons de faible hauteur, une attention particulière est accordée au scellage des murs mitoyens dans les maisons en rangée et aux corridors de fuite verticaux dans les immeubles d'appartements. Hydro Ontario et la SCHL élaborent des procédures de conception pour le contrôle des fuites d'air ainsi que des directives qui seront utilisées dans les programmes d'amélioration du rendement énergétique à grande échelle de Hydro Ontario, qui ont touché plus de 20 000 logements au début des années 90 [7].

Les améliorations des systèmes de chauffage

Dans la panique qui a suivi la crise du pétrole, on s'est empressés de convertir les fournaises à l'huile à air pulsé et les chaudières au mazout en systèmes au gaz naturel ou électrique. Toutefois, ces conversions demandent aussi d'améliorer et de mieux protéger les cheminées existantes. Des recherches subséquentes dans les laboratoires du CANMET, à EMR, ont permis de trouver plusieurs techniques d'amélioration de l'efficience des équipements existants, dont le plus brillant exemple est le brûleur à mazout à rétention de flammes pour mettre à niveau les fournaises à l'huile. Les foyers ouverts traditionnels sont devenus des foyers encastrés étanches. Si la plupart des activités visent les maisons de faible hauteur, la SCHL s'intéresse aussi aux systèmes mécaniques centraux dans les édifices de hauteur moyenne et élevée. Elle fait la démonstration de mesures sans frais ou à frais réduits dans trente édifices au Canada, en plus de publier un livret sur l'exploitation à haut rendement énergétique et l'entretien dans les collectifs d'habitation, où souvent les problèmes récurrents d'exploitation des systèmes de

chauffage réduisent ou annulent les avantages des améliorations.

Le remplacement des fenêtres

Le nombre de fenêtres qui sont remplacées chaque année en raison de la détérioration ou pour des considérations esthétiques est impressionnant. C'est l'occasion rêvée d'améliorer le rendement énergétique et, de fait, plus de fenêtres perfectionnées sont installées dans les maisons améliorées que dans les maisons neuves. Les techniques de remplacement sont aussi améliorées; il est désormais possible de réutiliser des cadres en bois existants et des châssis afin de conserver l'apparence traditionnelle.

Réduire l'entretien et améliorer l'esthétique

La plupart des travaux de rénovation ne visent pas avant tout l'augmentation du rendement énergétique, mais plutôt la réduction de l'entretien, l'aspect pratique, l'apparence et la valeur de revente des maisons.

Les rénovations des cuisines et des salles de bains comptent parmi les plus populaires; elles ont donné l'essor à une nouvelle industrie spécialisée dans la restauration des panneaux d'armoire. Les revêtements originaux de bois, de stuc et de « briques » en asphalte ont largement disparus sous des revêtements en aluminium ou en acier sans entretien, et plus tard en vinyle. Les entreprises de restauration de la brique se sont multipliées. Elles n'ont plus recours au ponçage au sable, qui détruit l'enveloppe extérieure protectrice de la brique, mais à des techniques de lavage à l'eau et à l'acide pour nettoyer la surface des briques. Un intérêt nouveau dans les styles historiques a été accueilli par des imitations de toutes sortes de planches de rive, de volets, de châssis de fenêtres et de coupoles décoratives en plastique et en mousse.

Des spécialistes en réparation des fondations ont infiltré les marchés, armés de toute une gamme de traitements à l'époxyde et d'injections d'uréthane pour protéger les fondations contre l'eau, de membranes à lames d'air et de techniques de reprise en sous-œuvre.

Les nouvelles industries et les nouveaux produits ont été mis au point afin d'améliorer la vie à l'extérieur. On ajoute des solariums préfabriqués. Le bois d'œuvre imprégné sous pression devient de plus en plus utilisé pour les terrasses, les balcons et les clôtures.

RÉFÉRENCES

INTRODUCTION

1. CLAYTON RESEARCH ASSOCIATES LTD. et D. G. WETHERELL AND ASSOCIATES LTD., pour la SCHL. *Deux décennies d'innovation en technologie du bâtiment résidentiel de 1946 à 1965*, Ottawa, SCHL, 1994.

2. DENHEZ, M. *The Canadian Home: From Cave to Electronic Cocoon*, Toronto, Dundurn Press, 1994.

3. CLAYTON RESEARCH ASSOCIATES LTD. et SCANADA CONSULTANTS LTD., pour la SCHL. *L'industrie du logement : perspectives et prospectives. Document de travail n° 1 — L'évolution de l'industrie du logement au Canada, 1946-1986; Document de travail n° 2 — L'évolution de la production de logements, 1946-1986; Document de travail n° 3 — L'industrie du logement et l'économie au Canada, 1946-1986; Document de travail n° 4 — L'industrie du logement et le changement; Document de travail n° 5 — L'avenir de l'industrie du logement*, Ottawa, SCHL, 1988-1989.

PARTIE I REGARD SUR LA SITUATION DU LOGEMENT AU CANADA

2. LES PRINCIPAUX FACTEURS QUI ONT INFLUÉ SUR LE LOGEMENT AU CANADA

1. SCHL. *Statistique du logement au Canada* : 1994, Ottawa, SCHL, 1995.

2. BRASS, A.E., Lovett Planning Consultants et SMITH, LYONS, TORRANCE, STEVENSON et MAYER, pour la SCHL. *Pavillons-jardins : guide complet*, Ottawa, SCHL, 1995.

3. SCHL. *Canadian Housing Statistics* : *1965*, Ottawa, SCHL, 1966.

4. DENHEZ, M. *The Canadian Home: From Cave to Electronic Cocoon*, Toronto, Dundurn Press, 1994.

5. COMMISSION MONDIALE SUR L'ENVIRONNEMENT ET LE DÉVELOPPEMENT. *Notre avenir à tous*, Montréal, Éditions du Fleuve, 1987.

6. Centre d'analyse de marché SCHL, communication personnelle.

7. Clayton Research Associates Ltd. et Scanada Consultants Ltd., pour la SCHL. *L'industrie du logement : perspectives et prospectives. Document de travail n° 3 — L'industrie du logement et l'économie au Canada, 1946-1986*, Ottawa, SCHL, 1989.

8. SCHL. *Marchés de la rénovation au Canada : 1992* et *1995*, Ottawa, SCHL.

9. CLAYTON RESEARCH ASSOCIATES LTD. et SCANADA CONSULTANTS LTD., pour la SCHL. *L'industrie du logement : perspectives et prospectives. Document de travail n° 5 — L'avenir de l'industrie du logement*, Ottawa, SCHL, 1989.

10. GROUPE DE TRAVAIL CHARGÉ DE L'EXAMEN DES PROGRAMMES, GROUPE D'ÉTUDES SUR LES PROGRAMMES DE LOGEMENT. *Rapport du Groupe d'étude sur les programmes de logement au Groupe de travail ministériel chargé de l'examen des programmes*, Ottawa, ministère des Approvisionnements et Services Canada, 1986.

11. SCHL. *Document d'étude sur le logement*, Ottawa, SCHL, 1985.

12. HANSEN, A.T. et SCANADA CONSULTANTS. *Innovation and Building Codes: A Study into Performance Codes*, Ottawa, SCHL, 1991.

13. HANSEN, A.T., pour la SCHL. *Guide d'application de la partie 9 du Code national du bâtiment aux immeubles existants*, Ottawa, SCHL, 1995.

14. ARA CONSULTING GROUP, MARBEK RESOURCE CONSULTANTS et SCANADA CONSULTANTS, pour RNCan. *Évaluation du programme R-2000 de Ressources naturelles Canada*, Ottawa, RNCan, 1995.

15. CLAYTON RESEARCH ASSOCIATES LTD. et SCANADA CONSULTANTS LTD., pour la SCHL. *L'industrie du logement : perspectives et prospectives. Document de travail n° 1 — L'évolution de l'industrie du logement au Canada, 1946-1986*, Ottawa, SCHL, 1988.

16. SCHL. *Un toit pour tous : quarante années de réalisations*, Ottawa, SCHL, 1986.

PARTIE II INNOVATION EN MATIÈRE DE PLANIFICATION ET DE CONCEPTION

3. DONNER FORME AU PAYSAGE RÉSIDENTIEL

1. SCHL. *Proposition d'aménagement expérimental d'habitations à Mills Woods*, Ottawa, SCHL, 1976.

2. SCHL. *LeBreton Flats Demonstration* (série de neuf livrets), Ottawa, SCHL, 1981-1983.

3. SCHL. *Critères d'aménagement du terrain*, Ottawa, SCHL, 1977.

4. SCHL. *Aménagement des ensembles résidentiels : conseils et recommandations, Ottawa*, SCHL, 1981. Aussi, *Aires de séjour extérieures : document consultatif*, 1980; *Le Bruit du trafic routier et ferroviaire : ses effets sur l'habitation*, 1977; *Nouveaux secteurs résidentiels à proximité des aéroports*, 1978; *Parcs et lotissements : conseils et recommandations*, 1982.

5. HOTSON, N., pour le District régional de Vancouver. *A Qualitative Checklist for Compact Housing*, Ottawa, Conseil canadien de l'habitation, 1975.

6. GOWLING, B. et M. SPAZIANI. *Residential Design Guidelines*, Ottawa, City of Ottawa Planning Branch, 1977.

7. MURRAY, J.A. et H. FLIESS. *Family Housing*, Ottawa, Conseil canadien de l'habitation, 1970.

8. BELL, L.I. et R. MOORE. *The Strathcona Rehabilitation Project Documentation and Analysis*, Vancouver, United Way of Greater Vancouver; and Ptarmigan Planning, 1975. *Strathcona Rehabilitation Project*, Vancouver, Strathcona Rehabilitation Committee, 1977.

9. SCHL. *Logements neufs dans des quartiers déjà établis : conseils et recommandations*, Ottawa: SCHL, 1982. REUBER, P., pour la SCHL, *New, Old Housing*, Ottawa, SCHL, 1987.

10. MITCHELL, H., pour la SCHL. *Pour rénover sa maison...* Ottawa, SCHL 1983. KALMAN, H., pour la SCHL. *Pour une réfection sensée des vieilles maisons*, Ottawa, SCHL, 1979. SCHL. *Réaménagement des sites pour habitations anciennes*, Ottawa, SCHL, 1983.

11. SCHL. *Un toit pour tous*, Ottawa, SCHL, 1986.

12. HULCHANSKI, D. *St. Lawrence and False Creek: A Review of the Planning and Development of Two New Inner City Neighbourhoods*, Vancouver, UBC School of Community and Regional Planning, 1984.

13. SCHL. *Le Cours St. Pierre Étapes de réaménagement*, Ottawa, SCHL, 1982.

14. McBurnie I., pour la SCHL. *Reconsidering the Dream: Toward a New Morphology for Mixed Density Block Structure in Suburbia*, Ottawa, SCHL, 1992.

15. SCHL. Modèles de petites maisons, Ottawa, SCHL, 1977.

4. LE LOGEMENT EN ÉVOLUTION

1. TEASDALE, P., pour la SCHL. *Internal Spaces of the Dwelling: advisory document*, Ottawa, SCHL, 1984. SCHL. *L'usage et la disposition des espaces dans un logement*, Ottawa, SCHL, 1974.

2. RYBCZYNSKI W., A. FRIEDMAN et S. ROSS. *The Grow Home*, Montréal, Université McGill, 1990.

3. SCHL. *Logements pour les handicapés* (titre original : *Housing for the Handicapped*, 1974), Ottawa, SCHL, 1982.

4. SCHL. *Les logements pour personnes âgées : guide de conception* (titre original : *Housing for the Elderly*, 1970), Ottawa, SCHL, 1987. SCHL. *Centres d'hébergement et pensions surveillées pour personnes âgées*, Ottawa, SCHL, 1979. TRICKEY, F., pour la SCHL. *Maintenir l'autonomie des personnes âgées : guide d'adaptation au domicile*, Ottawa, SCHL, 1989.

5. BRASS, A. E., LOVETT PLANNING CONSULTANTS et SMITH, LYONS, TORRANCE, STEVENSON et MAYER, pour la SCHL. *Pavillons-jardins : guide complet*, Ottawa, SCHL, 1995.

6. STARR GROUP, pour la SCHL. *Nouveaux logements densifiables*, Ottawa, SCHL 1988.

7. Allen Associates et Marbek Resource Consultants, pour la SCHL, 1988. *Modèles de maisons solaires passives pour le Canada*, Ottawa, SCHL, 1989.

PARTIE III INNOVATION EN MATIÈRE DE PRODUCTION

1. CLAYTON RESEARCH ASSOCIATES et SCANADA CONSULTANTS, pour la SCHL. *L'industrie du logement : perspectives et prospectives. Document de travail n° 2 — L'évolution de la production de logements entre 1946 et 1986*, Ottawa, SCHL, 1989.

5. L'ÉPOQUE DES GRANDS CONSTRUCTEURS

1. CLAYTON RESEARCH ASSOCIATES et SCANADA CONSULTANTS, pour la SCHL. *L'industrie du logement : perspectives et prospectives. Document de travail n° 2 — L'évolution de la production de logements entre 1946 et 1986*, Ottawa, SCHL, 1989.

2. SCANADA CONSULTANTS LTD., pour la SCHL. *Industrialized Housing Production: Potential Gains Through High-Volume Programming*, Ottawa, SCHL, 1970.

3. Roger-Bruno Richard, pour la SCHL. *Répertoire des systèmes de construction industrialisés en habitation*, Ottawa, SCHL, 1990.

6. LES CONSTRUCTEURS VISENT LA PRODUCTION ET LA PRODUCTIVITÉ

1. CLAYTON RESEARCH ASSOCIATES et SCANADA CONSULTANTS, pour la SCHL. *L'industrie du logement : perspectives et prospectives. Document de travail n° 2 — L'évolution de la production de logements entre 1946 et 1986*, Ottawa, SCHL, 1989.

2. SCHL. *Postwar Housebuilding in Canada: Cost and Supply Problems*, Ottawa, SCHL, 1951.

3. HANSEN, A.T., pour le CNRC. *A Cost Study of Two Wood-Frame Bungalows*, Ottawa, CNRC, 1967. SCANADA CONSULTANTS LTD., pour l'ACHDU. *Cost Study of a Two-Storey Wood-Frame House*, Ottawa, ACHDU, 1973.

4. SCHL. *Construction de maison à ossature de bois – Canada*, Ottawa, SCHL, 1967.

5. ARCHER, J., pour l'Association canadienne des constructeurs d'habitations. *The Mark Series of Innovative Housing Projects*, préparé pour le comité canado-japonais sur l'habitation, Tokyo, mai 1985.

7. UNE RÉVOLUTION DANS LA CONSTRUCTIN DES IMMEUBLES D'HABITATION

1. SCHL. *Postwar Housebuilding in Canada: Cost and Supply Problems*, Ottawa, SCHL, 1951.

2. SCANADA CONSULTANTS LTD., pour la SCHL. *Industrialized Housing Production: Potential Gains Through High-Volume Programming*, Ottawa, SCHL, 1970.

8. CIBLER DES CRÉNAUX PRÉCIS

1. SCANADA CONSULTANTS LTD., pour la SCHL. *Possibilités d'exportations canadiennes dans le domaine de l'habitation*, Ottawa, SCHL, 1995.

PARTIE IV INNOVATION EN MATIÈRE DE PERFORMANCE

10. RÉDUIRE LES INCIDENCES SUR LES RÉSERVES ÉNERGÉTIQUES ET L'ENVIRONNEMENT

1. BUILDING ENGINEERING GROUP, pour la SCHL. *GRAPHEAT: Graphical Passive Housing Energy Analysis Technique*, Ottawa, SCHL. 1986. ALLEN ASSOCIATES et MARBEK RESOURCE CONSULTANTS. *Modèles de maisons solaires passives pour le Canada*, Ottawa, SCHL, 1989.

2. ARA CONSULTING GROUP, MARBEK RESOURCE CONSULTANTS et SCANADA CONSULTANTS, pour RNCan. *Évaluation du programme R-2000 de Ressources naturelles Canada*, Ottawa, RNCan, 1995.

3. ASSOCIATION CANADIENNE DES CONSTRUCTEURS D'HABITATIONS. *Guide du constructeur*, Ottawa, ACCH, 1989.

4. UNIES LTD pour Ressources naturelles Canada. *Flair Homes Energy Demo/CHBA Flair Mark XIV Project : Summary Report*, Ottawa, RNCan, 1995.

5. SCHL. *Les Économies d'énergie dans l'habitation*, Ottawa, SCHL, 1977. SCANADA CONSULTANTS LTD., pour la SCHL. *Les économies d'énergie dans les petits bâtiments résidentiels neufs*, Ottawa, SCHL, 1981. MARBEK CONSULTANTS, pour la SCHL. *La construction de maisons efficaces au plan énergétique (EPÉ)*, Ottawa, SCHL, 1982.

6. ALLEN-DRERUP-WHITE LTD. et le ETA GROUP, pour la SCHL. *Details for an Evolving Wood-Frame Construction*, Ottawa, SCHL, 1984.

7. SCANADA CONSULTANTS, pour RNCan. *Consolidated report on the 1989 survey of airtightness of new merchant-built houses*, Ottawa, RNCan, 1993.

8. CANETA RESEARCH INC., pour la SCHL. *Rationalization of House Energy Systems*, Ottawa, SCHL, 1992.

9. HICKLING CORPORATION, SMIS, SIRICON, PARKS ASSOCIATES et K. WACKS, pour l'Association canadienne pour l'automatisation des bâtiments. *Opportunities for Home Energy and Environmental Management Systems*, Ottawa, ACAB et Montréal, Association canadienne de l'électricité, 1995.

10. MARBEK RESOURCE CONSULTANTS, ALLEN ASSOCIATES, SHELTAIR SCIENTIFIC et J. TIMUSK, pour la SCHL. *Energy and Power Needs and Availability in Housing*, Ottawa, SCHL, 1993.

11. COMMISSION MONDIALE SUR L'ENVIRONNEMENT ET LE DÉVELOPPEMENT. *Notre avenir à tous*, Montréal, Éditions du Fleuve, 1987.

12. ROBINSON, T., pour la SCHL. *Le logement durable en climat froid*, Ottawa, SCHL, 1991.

13. REIC LTD., pour la SCHL. *Concours SCHL de modèles de maisons saines : guide et exigences techniques*, Ottawa, SCHL, 1991.

14. SCANADA CONSULTANTS, pour RNCan. *Évaluation des techniques de la maison performante Rapport sommaire et Supporting Documentation*, Ottawa, RNCan, 1995.

15. SCHL et RNCan. *Innovative Housing '93 Conference: Proceedings*, Ottawa, Approvisionnements et Services Canada, 1994.

16. SCHL et RNCan. *Défi IDÉES finalistes régionaux*, Ottawa, SCHL, 1994.

17. REIC Ltd., Renova, RIS, Sheltair, Vilnis et Transduco pour la SCHL, la Toronto Home Builders Association et le ministère de l'Environnement de l'Ontario. *Faire d'un rien une montagne : mise en application des 3R dans la construction résidentielle*, Ottawa, SCHL, 1991.

18. SHELTAIR SCIENTIFIC, SAR ENGINEERING, KENTECH, ARCHEMY CONSULTING et HABITAT DESIGN + CONSULTING, pour la SCHL. OPTIMIZE : *méthode servant à évaluer l'énergie intrinsèque du cycle de vie d'une habitation et son impact sur l'environnement*, Ottawa, SCHL, 1992.

11. DES SOLUTIONS AUX PROBLÈMES D'HUMIDITÉ ET DE DURABILITÉ

1. LATTA, J. K., pour le Conseil national de recherches. *Murs, fenêtres et toitures pour le climat canadien*, Ottawa, CNRC, 1973.

2. MARSHALL MACKLIN MONAGHAN LTD., pour la SCHL. *Moisture Induced Problems in NHA Housing*, Ottawa, SCHL, 1983.

3. PLATTS, R. *Wet Walls in Canadian Houses: Problems, Solutions, Policy*, 2nd CSCE Conference on Building Science and Technology, Waterloo, 1983.

4. MORRISON HERSHFIELD LTD., pour la SCHL. *L'Humidité dans les maisons à ossature de bois au Canada : problèmes, recherche et pratiques de mise en œuvre de 1975 à 1991*, Ottawa. SCHL, 1992.

5. SCHL et ACCH. *Groupe de travail mixte de la SCHL et de l'ACCH sur les problèmes d'humidité des habitations de la région de l'Atlantique du Canada, rapport définitif*, Ottawa, SCHL et ACCH, 1988.

6. SCANADA CONSULTANTS, A.T. HANSEN, PROVINCIAL CONSULTANTS, SAR et MARSHALL MACKLIN MONAGHAN, pour EMR. *Comment éviter les problèmes d'humidité au moment de l'amélioration thermique des domiciles canadiens*, Ottawa, EMR, 1988.

7. SCHL. *Principes de construction visant à prévenir l'accumulation d'humidité dans les murs des nouvelles maisons à ossature de bois des régions de l'Atlantique du Canada : conseils et recommandations*, Ottawa, SCHL et ACCH, 1985. SCHL. *Les Problèmes d'humidité*, Ottawa, SCHL, 1987. WAUGH J., R. LIND et T. LANDRY, pour la SCHL. *L'humidité dans les habitation de la région de l'Atlantique*, Ottawa, SCHL, 1995. SCHL. *Moisture in Air*, Ottawa, SCHL, 1987. IBI GROUP, pour la SCHL, *Inspection, diagnostic et traitement d'un sous-sol humide*, Ottawa, SCHL, 1992.

8. DIVISION DES RECHERCHES EN BÂTIMENT, CNRC. *Humidité, condensation et ventilation dans les maisons*, compte rendu du Regard '83 sur la science du bâtiment, Ottawa, CNRC, 1984.

9. UNIES LTD., pour la SCHL. *Basement Condensation: Field Study of New Homes in Winnipeg*, Ottawa, SCHL, 1987.

10. SCANADA CONSULTANTS LTD., pour la Ontario Home Builders' Association. *Methods of Constructing Dry, Fully Insulated Basements*, Toronto, OHBA, 1991.

11. BECKER ENGINEERING GROUP. *Advances in Basement Technology*, Ottawa, SCHL, 1989.

12. PLEWES, W.G., pour la SCHL. *Construction des murs extérieurs des bâtiments de grande hauteur : conseils et recommandations : murs creux et placages de maçonnerie dans les bâtiments à ossature*, Ottawa, SCHL, 1981.

13. DRYSDALE, R.G. et G.T. SUTER, pour la SCHL. *Construction des murs extérieurs des bâtiments de grande hauteur : systèmes de mur à placage de brique sur une maçonnerie en béton ou fond à ossature d'acier*, Ottawa, SCHL, 1991.

14. DRYSDALE, R.G., pour le Régime de garanties des logements neufs de l'Ontario et la SCHL. *Problèmes de construction des collectifs d'habitation*, North York, RGLNO, 1991.

15. SUTER KELLER INC., pour la SCHL. *Détérioration des garages de stationnement étagés : Considérations sur l'étendue, les causes et la réparation*, Ottawa, SCHL, 1986.

16. LITVAN, G.G., pour le CNRC. *Deterioration of Parking Structures Research Project*, Ottawa, CNRC, 1992.

17. GENGE, G., pour la SCHL. *Cost-Effective Concrete Repair: Research, Investigation, Analysis and Implementation*, Ottawa, SCHL, 1994.

12. ASSAINIR LES ENVIRONNEMENTS INTÉRIEURS

1. HATCH ASSOCIATES, pour la SCHL, EMR et Santé et Bien-être social Canada. *Hazardous Heating and Ventilating Conditions in Housing*, Ottawa, SCHL, 1984.

2. SANTÉ ET BIEN-ÊTRE SOCIAL CANADA. *Canadian Indoor Air Quality and Health Survey*, Ottawa, Santé et Bien-être social Canada, 1988.

3. COMITÉ CONSULTATIF FÉDÉRAL-PROVINCIAL DE L'HYGIÈNE DU MILIEU ET DU TRAVAIL. *Directives d'exposition concernant la qualité de l'air des résidences*, Ottawa, Santé et Bien-être social Canada, 1987.

4. JOOLS DEVELOPMENT, pour la SCHL. *Matériaux de construction pour les logements des personnes hypersensibles*, Ottawa, SCHL, 1995.

5. SCHL. Collection destinée aux constructeurs: *Qualité de l'air à l'intérieur des habitations, 1986; La Ventilation : santé et sécurité*, 1986; *Guide de la ventilation d'extraction dans les habitations*, 1988; *Réduction de la concentration de radon dans les maisons neuves*, 1988. SCHL. Série destinée au consommateur: *Façons d'améliorer la qualité de l'air de votre logement*. 1989; *Guide : réduction de la concentration de radon*, 1990; *Élimination de la moisissure dans les maisons*, 1993; *Guide d'assainissement de l'air*, 1993. Ottawa, SCHL, 1989-1993. SCHL et SANTÉ ET BIEN-ÊTRE SOCIAL CANADA. *Le plomb dans votre maison*, Ottawa, SCHL, 1992. SCHL. *Les gaz souterrains et l'habitation : guide destiné aux municipalités*, Ottawa, SCHL, 1993.

13. RELEVER LES NOUVEAUX DÉFIS ET OPTIMISER LES POSSIBILITÉS

1. B.I.O.S., pour la SCHL. *Manufacturers and Distributors of Products Assisting Elderly Persons to Live Independently*, Ottawa, SCHL, 1988.

2. HICKLING CORPORATION, pour l'Association canadienne pour l'automatisation des bâtiments. *Application of Building Automation for Elderly and Disabled Persons*, Ottawa, ACAB, 1991.

3. SCHL. Guide *Visite libre*, Ottawa, SCHL, 1992.

4. DICKENS, B. *Guide d'application de la partie 3 du Code national du bâtiment aux immeubles existants*, Ottawa, SCHL, 1983.

5. SCANADA CONSULTANTS LTD. et A.T. HANSEN. *Analyse des coûts-avantages de l'installation d'extincteurs automatiques à eau dans les maisons (phase II)*, Ottawa, SCHL, 1989. SCANADA CONSULTANTS LTD. et A.T. HANSEN. *Coûts et avantages des avertisseurs de fumée dans les maisons au Canada*, Ottawa, SCHL, 1990.

6. SCHL. *Mesures de sécurité en rénovation*, Ottawa, SCHL, 1991.

7. SCHL. *L'isolement acoustique*, Ottawa, SCHL, 1987.

8. BURDETT-MOULTON ARCHITECTS AND ENGINEERS, D. JOSSA et W. WILKINSON. *Examples of Housing Construction in the North*, Ottawa, SCHL, 1987.

9. SCHL. *Voici les modèles de maisons Crofter de la SCHL*, Ottawa, SCHL, 1984.

10. SCHL. *Le Programme de démonstration pour les ruraux et les autochtones : Un programme expérimental de cinq ans en autoconstruction*, Ottawa, SCHL, 1991.

11. L'INSTITUT CANADIEN DE L'IMMEUBLE, pour la SCHL et l'ACCH. *Compte rendu de l'atelier – Infrastructure et habitation : enjeux et options*, 18-19 juin 1992 à London; Ottawa, SCHL et ACCH, 1993.

12. CANVIRO CONSULTANTS et MACLAREN ENGINEERS pour la SCHL. *Canwel: The Canadian Water Energy Loop: Results of Studies on a Full-Scale Demonstration Unit*, Ottawa, SCHL, 1983.

13. WISNER, P. *Protection of Basements Against Flooding: Trends and Impacts of Drainage Regulations*, Ottawa, SCHL, 1990.

14. CH2M HILL ENGINEERING LTD., pour la SCHL. *Synthèse de la recherche technique et possibilité de l'appliquer au renouvellement des infrastructures linéaires*, Ottawa, SCHL, 1994.

15. Institut de recherche en construction, CNRC pour la SCHL. *Drywall Staining*, Ottawa, CNRC, 1992.

14. RENDRE LES ANCIENNES STRUCTURES AUSSI PERFORMANTES QUE LES NOUVELLES

1. SCANADA CONSULTANTS LTD., pour la SCHL. *Formation pour la restauration des habitations; 3e cours : Les économies d'énergie dans la restauration*, Ottawa, SCHL, 1982.

2. THORCOR HOLDINGS LTD. *High Quality Basement Accommodation in Older Houses*, Ottawa, SCHL, 1985.

3. KALMAN, H., pour la SCHL. *Pour une réfection sensée des vieilles maisons*, Ottawa, SCHL, 1979. SCHL. *L'entretien de votre maison*, Ottawa, SCHL, 1982. MITCHELL H., pour la SCHL. *Pour rénover sa maison...*, Ottawa, SCHL, 1983. SCHL. *Homeowner's and Homebuyer's Inspection Checklist for Maintenance and Repair*, Ottawa, SCHL, 1984.

4. REIC LTD., pour EMR. *Techniques synergétiques résidentielles*, Ottawa, EMR, 1987.

5. HANSEN, A.T., pour la SCHL. *Guide d'application de la partie 9 du Code national du bâtiment aux immeubles existants*, Ottawa, SCHL, 1995.

6. MARBEK RESOURCE CONSULTANTS, pour EMR. *Étanchéisation des maisons aux fins de l'économie d'énergie*, Ottawa, EMR, 1984.

7. SCANADA CONSULTANTS LTD. et CANAM BUILDING SPECIALISTS, pour Ontario Hydro et la SCHL. *Development of Design Procedures and Guidelines for Reducing Electric Demand by Air Leakage Control in High-Rise Residential Buildings*, Ottawa, SCHL, 1991.

LISTE DES ABRÉVIATIONS

ACCH	Association canadienne des constructeurs d'habitations Anciennement ACHDU – Association canadienne de l'habitation et du développement urbain, elle-même issue de l'ANCD - Association nationale des constructeurs de maison
ACCM	Association canadienne des constructeurs de maison; devenue l'ACHDU, puis maintenant l'ACCH
ACHDU	Association canadienne de l'habitation et du développement urbain; maintenant l'ACCH
ACT	Abordabilité et choix toujours : Programme de la SCHL
ANCE	Association nationale pour la conservation de l'énergie
APCHQ	Association provinciale des constructeurs d'habitations du Québec
CAD	Conception assistée par ordinateur
CANMET	Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie (division de RNCan)
CANWEL	Système canadien de traitement des déchets
CCDH	Centre canadien de documentation sur l'habitation
CCH	Conseil canadien de l'habitation
CCN	Commission de la Capitale nationale
CFC	Chlorofluorocarbures
CNB	*Code national du bâtiment du Canada*
CNRC	Conseil national de recherches du Canada
CNRL	Comité national de recherche sur le logement
Comité du Nord	Comité de la technologie de l'habitation en régions nordiques ou éloignées
COP	Coefficient de performance
COV	Composé organique volatile
CPV	Chlorure de polyvinyle
CSA/ACNOR	Association canadienne de normalisation
CVC	Chauffage, ventilation et climatisation
Défi IDÉES	Défi Intégration, Durabilité, Économie, Efficacité, Énergétique, Solutions Concours de la SCHL et de RNCan
DRB	Division des recherches en bâtiment
EMR	Énergie, Mines et Ressources Canada; maintenant Ressources nationales Canada (RNCan)
FAD	Fabrication assistée par ordinateur
FiRECAM	Fire Risk Evaluation and Cost Assessment Model
FiRECAM	Fire Risk Evaluation and Cost Assessment Model
ICCIP	Institut canadien des compagnies immobilières publiques
IRAC	Institut royal d'architecture du Canada
IRC	Institut de recherche en construction
IRLM	Immeuble résidentiel à logements multiples
LNH	*Loi nationale sur l'habitation*
MIUF	Mousse isolante d'urée-formaldéhyde
OPEP	Organisation des pays exportateurs de pétrole
P.I.T.R.C.	Programme d'isolation thermique des résidences canadiennes
PAAP	Programme d'aide pour l'accession à la propriété
PAQ	Programme d'amélioration des quartiers

PAREL	Programme d'aide à la remise en état des logements
PARI	Programme d'aide à la recherche industrielle
PCEAP	Programme canadien d'encouragement à l'accession à la propriété
PCEC	Programme de contribution pour les équipements communautaires
PCRD	Programme canadien de rénovation domiciliaire
PCRP	Programme canadien de remplacement du pétrole
PLRA	Programme de logement pour les ruraux et les Autochtones
QAI	Qualité de l'air intérieur
R-2000	Programme d'efficacité énergétique élaboré par RNCan et offert à l'origine par la SCHL
REEL	Régime enregistré d'épargne-logement
REER	Régime enregistré d'épargne-retraite
RNCan	Ressources naturelles Canada; anciennement EMR – Énergie, Mines et Ressources Canada
RSÉÉ	Résidences super-économiques en énergie
SCHL	Société canadienne d'hypothèques et de logement; anciennement la Société centrale d'hypothèques et de logement
SFIE	Système de finition et d'isolation extérieur
SPOTA	Strathcona Property Owners and Tenants Association : Vancouver, Colombie-Britannique
SRC	Saskatchewan Research Council
TPS	Taxe sur les produits et services
VRT	Ventilateur-récupérateur thermique

Visitez notre page d'accueil à l'adresse suivante : www.cmhc-schl.gc.ca

PF 0367