



**TOGETHER**  
*for a sustainable future*

## OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50<sup>th</sup> anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.



**TOGETHER**  
*for a sustainable future*

## DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as “developed”, “industrialized” and “developing” are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

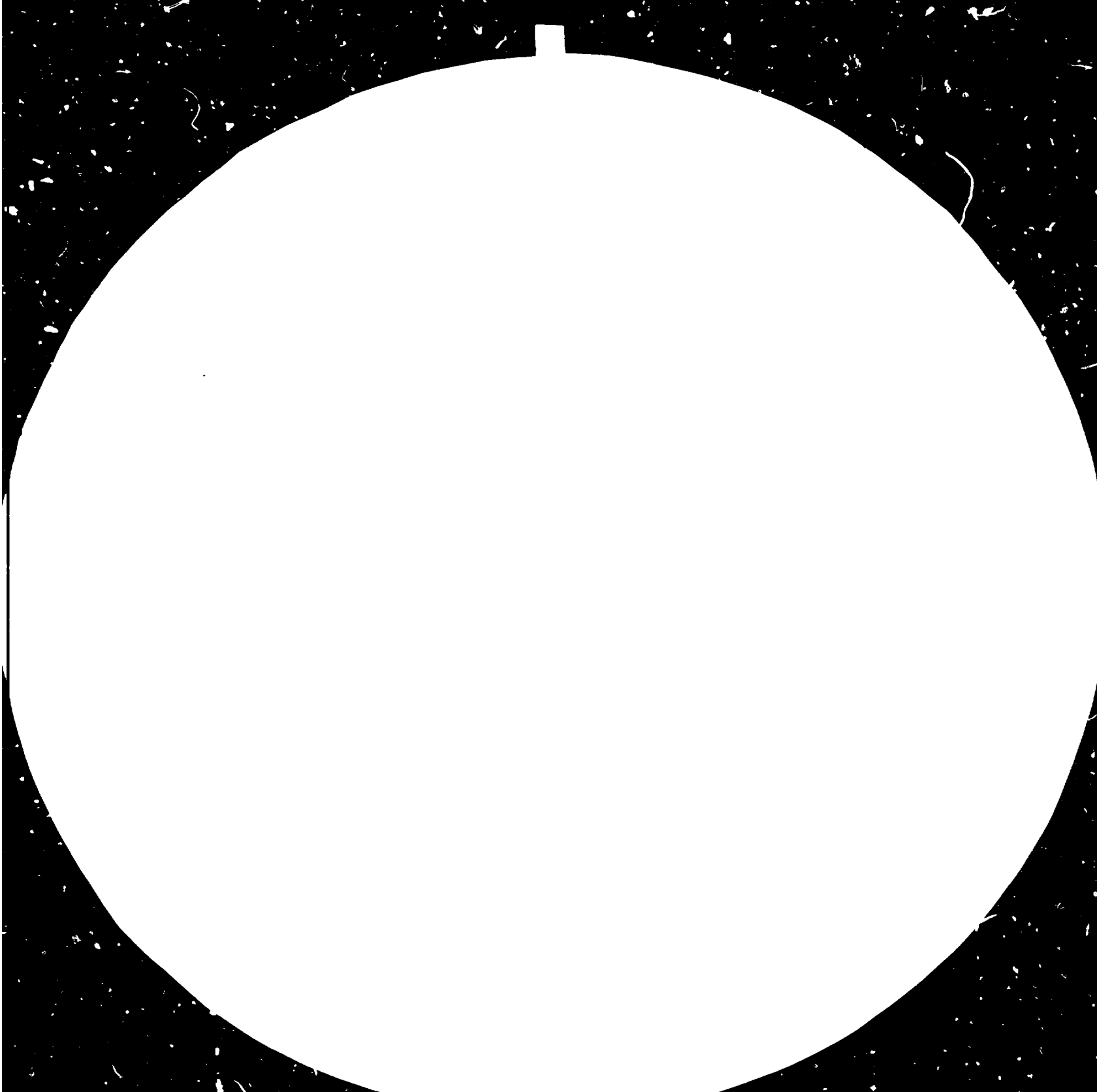
## FAIR USE POLICY

Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

## CONTACT

Please contact [publications@unido.org](mailto:publications@unido.org) for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at [www.unido.org](http://www.unido.org)





32

36

4



MICROCOPY RESOLUTION TEST CHART  
NATIONAL BUREAU OF STANDARDS-  
STANDARD REFERENCE MATERIAL 1910A  
ANSI AND ISO TEST CHART NO. 2



ORGANISATION DES NATIONS UNIES  
POUR LE DEVELOPPEMENT INDUSTRIEL



CENTRE DES NATIONS UNIES POUR  
LES ETABLISSEMENTS HUMAINS (HABITAT)

PREMIERE CONSULTATION  
SUR L'INDUSTRIE DES  
MATERIAUX DE CONSTRUCTION

Athènes (Grèce)  
25-30 mars 1985

ID/WG.434/6 (also ID/WG.425/1)

13770-F

Distr. LIMITEE

ID/WG.434/6\*  
21 février 1985

FRANCAIS  
Original: ANGLAIS

LES PRIORITES DE LA RECHERCHE  
POUR LES INDUSTRIES DE MATERIAUX DE CONSTRUCTION  
DES PAYS EN DEVELOPPEMENT\*\*

par

Gyula Sebestyen \*\*\*  
Consultant de l'ONU

\* Version révisé du document précédemment publié sous la cote ID/WG.425/1.

\*\* Les opinions exprimées dans le présent document sont celles de l'auteur et ne reflètent pas nécessairement celles du secrétariat de l'ONU. Traduction d'un document n'ayant pas fait l'objet d'une mise au point réactionnelle.

\*\*\* Secrétaire général du Conseil international du bâtiment pour la recherche, l'étude et la documentation (CIB), Rotterdam (Pays-Bas).



ORGANISATION DES NATIONS UNIES  
POUR LE DEVELOPPEMENT INDUSTRIEL



CENTRE DES NATIONS UNIES POUR  
LES ETABLISSEMENTS HUMAINS (HABITAT)

PREMIERE CONSULTATION  
SUR L'INDUSTRIE DES  
MATERIAUX DE CONSTRUCTION

Athènes (Grèce)  
25-30 mars 1985

Distr. LIMITEE

ID/WG.434/6/Corr.1  
21 février 1985

ANGLAIS ET FRANCAIS SEULEMENT

LES PRIORITES DE LA RECHERCHE  
POUR LES INDUSTRIES DE MATERIAUX DE CONSTRUCTION  
DES PAYS EN DEVELOPPEMENT

Rectificatif

Le texte de la première page du document ID/WG.425/1/Rev.1 daté du  
17 janvier 1985 est remplacé par celui figurant au verso.

TABLE DES MATIERES

	<u>Page</u>
I. INTRODUCTION	4
II. ETAT ACTUEL DE LA RECHERCHE CONCERNANT LES MATERIAUX DE CONSTRUCTION	5
III. OBJECTIFS DE LA RECHERCHE A L'ECHELON GLOBAL	9
1. Principes généraux	9
2. Utilisation de matériaux et de sous-produits locaux; conservation des ressources et de l'énergie	10
3. Amélioration de la solidité des matériaux et de leur ignifugation	11
4. Technologies appropriées; aspects économiques de la recherche et du développement technique	13
5. Contrôle de la qualité	14
6. Conservation des ressources et de l'énergie	15
IV. PRIORITES DE LA RECHERCHE CONCERNANT LES MATERIAUX DE CONSTRUCTION DE BASE	16
1. Terre (boue, argile, adobe, latérite)	16
2. Ciment, chaux, gypse, pouzzolane, soufre	17
3. Béton, mortier, briques, parpaings, éléments préfabriqués	20
4. Bois, bambou, autres produits et sous-produits végétaux	22
5. Autres matériaux, éléments et équipements	24
6. Corrélation entre la recherche relative aux matériaux de construction et celle qui concerne la construction	25
V. CHOIX DES PRIORITES EN MATIERE DE RECHERCHE CONDITIONS DE MISE EN OEUVRE	26
1. Méthodes de sélection des priorités concernant la recherche	26
2. Renforcement du potentiel scientifique et technologique	48
3. Renforcement des organismes de recherche sur les matériaux de construction	52
4. Information, documentation, études techniques, services de consultants	54
5. Réglementation, normalisation	55
6. Coopération internationale	56
VI. RESUME - CONCLUSIONS	57

ANNEXES	59
Annexe 1 : Liste sélective de 130 institutions dont l'importance est plus nationale qu'internationale et qui poursuivent des activités de recherche sur les matériaux de construction	60
<u>Annexe 2</u> : Choix de bibliographie	66
<u>Annexe 3</u> : Choix de pages extraites de traités sur "Les méthodes d'évaluation des projets de recherche-développement" publiées par "L'Association européenne pour l'administration de la recherche industrielle"	68

## I. INTRODUCTION

1. Des consultations dans les secteurs de production des matériaux de construction se sont tenues à des occasions précédentes :

Fer et acier :	I	consultation	1977
	II	"	1979
	III	"	1982
Bois :	I	"	1983

2. Certaines des recommandations exposées à la suite de ces précédentes consultations sont pertinentes en ce qui concerne les industries de matériaux de construction mais d'une manière générale ces consultations n'ont eu trait que dans une mesure relativement modeste aux applications de l'acier et du bois en tant que matériaux de construction et ont eu encore moins de rapports avec les priorités de la recherche à cette fin. Finalement il a été décidé en 1983 de tenir une première consultation mondiale sur les industries de matériaux de construction. Dans le cadre d'une préparation, diverses études s'attachent à différents aspects macro-économiques, techniques, financiers et autres. Un seul domaine spécifique est celui de la recherche-développement (R-D). Ceci devrait (en fait) contribuer sérieusement à augmenter la production des matériaux de construction, à réduire les importations et à utiliser de façon plus économique les ressources (énergie, matières premières, main-d'oeuvre).

3. Cette étude a pour objet de souligner les aspects de la recherche intéressant l'industrie des matériaux de construction dans les pays en développement. Ce travail, exécuté en tenant dûment compte du caractère de la première Consultation, s'attache essentiellement aux problèmes des pays en développement. Il faut toutefois admettre qu'une caractéristique de ce problème est le fait que la recherche dans les pays développés consacre également des ressources aux problèmes des pays en développement et qu'il est souhaitable de maintenir ou même de renforcer cet état de choses. Les annexes ont essentiellement le caractère de documents de travail. L'annexe 1 est une liste d'institutions dont l'activité s'exerce dans ce domaine et les annexes 2 et 3 sont des compléments à l'étude.

4. L'industrie des matériaux de construction peut se diviser en deux groupes :

- Un groupe de production de petite et moyenne importance (à faible intensité de capital);
- Un groupe de production de grande importance (à forte intensité de capital);



ou bien selon des critères différents :

- Techniques de fabrication traditionnelles;
- Techniques de fabrication modernes.

5. Il existe une nette différence quant aux besoins de la recherche entre la production à échelle réduite de matériaux autochtones et celle des industries utilisant des techniques modernes, (habituellement mais pas nécessairement sur une vaste échelle). Ainsi, par exemple, certaines usines de ciment dans les pays en développement exigent des activités de recherche concernant des problèmes qui interviennent également dans les pays développés. L'étude ne traite pas de façon détaillée les problèmes de recherche qui existent également dans les pays développés. Elle se concentre essentiellement sur les besoins spécifiques en matière de recherche des pays en développement.

6. Dans la section suivante sera fourni un résumé de la situation mondiale de la recherche concernant les matériaux de construction et les constructions. Dans le chapitre III qui suit, les principaux objectifs et les principales tendances de la recherche seront exposés. Puis dans le chapitre IV seront inscrites les priorités en matière de recherche ayant trait aux principaux matériaux de construction. Le chapitre V traitera des méthodes de sélection des priorités en matière de recherche ainsi que des conditions de mise en oeuvre de cette sélection.

## II. ETAT ACTUEL DE LA RECHERCHE CONCERNANT LES MATERIAUX DE CONSTRUCTION

7. La recherche proprement dite relative aux matériaux de construction est un phénomène récent. Bien que le ciment soit utilisé depuis le XIXe siècle, les activités de recherche concernant le ciment et le béton restent encore aujourd'hui extrêmement importantes. Peu à peu toutefois, la recherche s'est étendue aux briques et tuiles, aux verres, au bois et à divers autres matériaux de construction (enduits bitumineux, peintures, plastiques, etc.). Certains des matériaux utilisés comme matériaux de construction sont produits par d'autres secteurs industriels : acier, aluminium, plastique, etc. La recherche concernant ces produits peut être envisagée dans une certaine mesure uniquement sous l'aspect d'une recherche concernant les matériaux de construction. La majeure partie des activités de recherche relative aux matériaux de construction concerne le ciment (et autres liants : la chaux, le gypse, la pouzzolane), le béton et les mortiers, la terre cuite, le verre et le bois de construction. Récemment toutefois, la recherche s'est

orientée également dans quelques domaines nouveaux : la préfabrication d'éléments constitutifs, les plastiques, etc. La recherche relative aux matériaux de construction est étroitement liée à la recherche concernant la construction elle-même. En fait dans de nombreux pays, on a coutume d'organiser la recherche concernant les deux en un seul institut de recherche. La ligne de démarcation entre les deux domaines est assez floue : par exemple le béton peut être considéré comme un matériau de construction mais il peut être aussi considéré comme le produit d'une activité de construction. Dans les pays qui peuvent consacrer des ressources sur une large échelle aux matériaux de construction et à la recherche en matière de construction, il est possible d'établir des instituts distincts en matière de recherche. Dans plusieurs pays il existe des instituts de recherche distincts concernant le ciment qui englobent fréquemment aussi la chaux, le gypse et finalement le béton.

8. Au cours des dernières années, la recherche relative aux matériaux de construction (et à la construction) a réalisé des progrès importants dans de nombreux pays en développement. Dans les deux plus grands pays (la Chine et l'Inde), plusieurs instituts de recherche poursuivent activement leurs travaux dans ce domaine, chacun avec un personnel de plus de 100 personnes, dans certains cas ces effectifs atteignent même 400 à 500 personnes. Dans d'autres pays de superficie plus modeste, la recherche relative aux matériaux de construction est effectuée par de petits groupes qui ne comportent que quelques membres.

9. L'annexe 1 présente une liste d'institutions en activité dans le domaine de la recherche concernant les matériaux de construction dans les pays en développement. Il est bien évident qu'une telle liste ne peut être complète et qu'il existe d'autres instituts de recherche sur les matériaux de construction qui ne sont pas mentionnés. Néanmoins, cette liste fournit une première information concernant les capacités institutionnelles en matière de recherche dans les pays en développement. Plusieurs institutions dans les pays développés comportent des unités spécialisées chargées de la recherche concernant la construction et les matériaux de construction pour des pays en développement. Certaines de celles-ci sont également inscrites dans l'annexe 1.

10. Aucune statistique nationale ou internationale n'indique le volume des dépenses de R-D dans l'industrie des matériaux de construction. L'étude du Conseil international du bâtiment pour la recherche, l'étude et la documentation (CIB) sur la mesure des dépenses consacrées à la recherche dans l'industrie de la construction porte en fait sur la valeur totale de la construction. Cette étude montre que les

pourcentages varient de 0,03 à 0,57 dans sept pays<sup>1/</sup>. Les chiffres les plus élevés se trouvent dans les pays développés les mieux équipés pour la recherche (Suède, Danemark, etc.). Comme on peut s'y attendre, les dépenses de recherche sont plus faibles dans les pays en développement. Bien que les chiffres indiqués doivent être considérés avec prudence car ils ont été obtenus à l'aide de méthodes très diverses, on peut en tirer trois conclusions très probablement exactes :

- Les tendances valables pour la R-D dans l'industrie de la construction sont également valables pour l'industrie des matériaux de construction;
- Le volume des dépenses de R-D dans les industries de construction et des matériaux de construction est très inférieure à ce que l'on trouve dans les secteurs à techniques de pointe (où il varie de 5 à 20 %) et cet écart persistera dans un avenir prévisible malgré un accroissement certain.
- Le volume des dépenses dans les pays développés dépasse en valeur relative celui des pays en développement et, par suite du développement économique de l'ensemble des pays, le volume de la R-D ne pourra qu'augmenter en valeur absolue et en valeur relative dans les industries de la construction et des matériaux de construction.

11. Il faut préciser qu'on ne peut pas tenir compte du seul volume des dépenses de R-D rapporté au chiffre d'affaires des secteurs des matériaux de construction et qu'il faut aussi considérer le volume exprimé en valeur absolue. A l'évidence, les pays très peuplés peuvent faire de grosses dépenses de R-D dont le volume dépassera en valeur absolue celui des dépenses de pays développés moins peuplés; de la même façon, les dépenses des grands pays peuvent être inférieures en valeur relative à celles de pays plus petits.

12. On peut déclarer que chaque pays doit organiser nécessairement sur une plus ou moins grande échelle ses recherches personnelles relatives aux matériaux de construction et à la construction. Ceci ne veut pas dire que la recherche dans ces secteurs doit atteindre les niveaux de complexité, par exemple de la biotechnologie ou de l'électronique. Dans tous les pays les proportions des dépenses consacrées à la recherche relative aux matériaux de construction et à la construction qui s'inscrivent dans le chiffre total annuel de ces secteurs sont inférieures aux

---

<sup>1/</sup> Measurement, Accounting and Taxation for Research and Development. Volume and Support of Construction R+D (par Gyula Sebestyén, CIB; Rotterdam, 1983, 29 pages).

chiffres correspondants des secteurs hautement technologiques. En revanche, de nombreux pays peuvent se dispenser de développer certains domaines de recherche intérieure hautement technologique; ceci n'est pas possible pour les industries de matériaux de construction et de construction. Chaque pays doit constituer sa propre industrie dans ce domaine et le fait de compter indéfiniment sur des importations de matériaux de construction entraîne un prélèvement excessif sur les ressources.

13. Les matériaux de construction sont fabriqués à partir de ressources locales et les caractéristiques techniques des matières premières (pierres, sable, argile, etc.) ne sont jamais totalement identiques pour tous les pays. Ceci est suffisant pour obliger les pays à reproduire des expériences effectuées précédemment dans d'autres pays (avec d'autres matières premières). De telles reproductions d'expériences familiarisent également les pays en développement avec les techniques modernes et constituent des étapes préparatoires à l'introduction de nouvelles méthodes de production et de nouveaux produits.

14. Les instituts de recherche concernant les matériaux de construction peuvent être de trois types différents : publics, semi-publics ou privés. Les instituts publics (c'est-à-dire détenus par l'Etat) existent dans les pays qui ont un système d'économie planifiée : les pays d'Europe de l'Est, la Chine, etc. Dans les pays à économie de marché, la recherche relative aux matériaux de construction est organisée habituellement par des industries privées ou/et de nature semi-publique. En revanche, dans les pays occidentaux à économie de marché, il existe également des instituts de recherche publics concernant le bâtiment, et ces instituts peuvent poursuivre également des activités plus ou moins développées dans la recherche relative aux matériaux de construction.

15. La recherche privée concernant les matériaux de construction peut être organisée pour leur propre compte par de grandes entreprises (Lafarge pour le ciment, Pilkington et Saint-Gobain pour le verre, etc.). Elle peut être organisée par une association industrielle de secteurs spécialisés, comme c'est le cas par exemple au Royaume-Uni (Cement and Concrete Association) et en République fédérale d'Allemagne (Forschungsinstitut der Zementindustrie). Les recherches effectuées par les instituts de recherche dans les pays développés peuvent avoir leur utilité pour les pays en développement ou peuvent être orientées directement vers la solution de problèmes propres aux pays en développement. Dans ce dernier cas, la recherche est alors habituellement financée sur des fonds d'assistance spéciale.

16. Dans le monde entier, des universités et des instituts supérieurs d'enseignement jouent un rôle de plus en plus important dans la recherche industrielle. Dans plusieurs pays, la recherche relative aux matériaux de construction et à la construction est plus ou moins liée à une université. La recherche concernant les matériaux de construction exige des laboratoires équipés de façon appropriée. Parfois ceux-ci sont coûteux et un seul laboratoire ou ensemble d'installations peuvent suffire dans un pays ou une région donnée. Dans de tels cas, un institut ou une université est désigné en tant qu'organisation responsable de l'entretien et du développement d'un laboratoire. Il est possible d'organiser une utilisation partagée des installations communes de laboratoire. Dans les pays en développement les universités tendent habituellement à être des organisations publiques (d'Etat). Dans certains pays développés (notamment aux Etats-Unis) certaines des universités sont des institutions privées (par exemple, l'Université Stanford en Californie).

17. Pour résumer la situation actuelle on peut dire que les pays en développement ont réalisé de sérieux progrès dans la création de leurs propres institutions de recherche sur les matériaux de construction. Les expériences des pays développés montrent que les instituts de recherche nouvellement établis ont généralement besoin d'une période initiale d'environ une dizaine d'années avant de pouvoir estimer qu'ils ont atteint une véritable efficacité. Le même processus de développement se répétera également en ce qui concerne les instituts de recherche nouvellement créés dans les pays en développement. Il faudra nécessairement renforcer davantage les virtualités de la technique et de la recherche dans les pays en développement.

### III. OBJECTIFS DE LA RECHERCHE A L'ECHELON GLOBAL

#### 1. Principes généraux

16. En matière technique, la recherche peut se subdiviser en deux grandes catégories :

- R-D concernant les produits;
- R-D concernant les procédés.

Une bonne partie de la recherche concernant les procédés (technologie) est liée à la recherche concernant les produits et elle sera par conséquent traitée en même temps que la recherche concernant les produits et les autres objectifs de la recherche. Dans la pratique, quand on établit un ordre de priorité, les deux catégories de recherche doivent bénéficier d'un examen approfondi.

19. Bien que le présent document traite de l'industrie des matériaux de construction en général, il n'est pas possible d'adopter globalement un ordre de priorité pour la recherche. Cet ordre de priorité doit être fixé pour un pays donné et une période donnée. Les priorités en matière de recherche figurant dans ce document reposent généralement sur une recherche effectuée ou en cours dans un pays ou dans quelques pays et elles se composent d'éléments qui peuvent être utilisables dans de nombreux pays. Le caractère extrêmement dispersé de l'industrie de la construction et le fait qu'elle dépende de ressources locales plus ou moins différentes expliquent cette situation. Dans un pays A, il est possible par exemple de résoudre la question de la production de bloc de matériau latérisé; ceci ne veut pas dire qu'il soit possible de transférer les résultats à un pays B sans travaux de recherche supplémentaires, l'une des raisons étant la nature des latérites qui varie d'un pays à l'autre. Le choix des priorités en matière de recherche exige donc l'utilisation de deux processus distincts :

- Une identification des questions pouvant faire l'objet de recherches;  
L'établissement d'une méthode permettant de comparer certains sujets de recherches se trouvant en concurrence afin de décider d'accepter l'un et d'écarter l'autre.

20. Le présent document cherche à élucider ces deux processus; il donne certaines indications concernant des sujets de recherches qui valent la peine d'être étudiés et il établit certains principes de base pour le choix des méthodes à adopter. Ces recommandations ne seront pas appropriées dans chaque pays quant au processus effectif de sélection. Les sujets de recherches devront être définis et les méthodes de sélection devront être adaptées aux conditions du pays. Certains objectifs généraux de recherche sont résumés dans les paragraphes qui suivent.

## 2. Utilisation de matériaux et de sous-produits locaux; conservation des ressources et de l'énergie

21. Dans de nombreux pays en développement, de très grandes quantités de matériaux de construction doivent être continuellement importés. Ceci représente un gaspillage inutile des ressources parce que dans la plupart des pays il existe des matières premières appropriées pour la fabrication des matériaux de construction. La recherche concernant l'utilisation des matériaux locaux figure au premier rang des priorités. Elle permet non seulement de conserver des monnaies fortes toujours utiles mais également d'alléger les problèmes de manutention des importations et de leur transport dans des endroits éloignés. En règle générale, les matériaux locaux (nationaux) doivent être meilleur marché que les matériaux importés.

22. Les ressources naturelles sont différentes dans chaque pays. Certains ont d'abondantes ressources de bois de construction, d'autres n'en ont pas suffisamment. Dans les pays où il n'existe pas suffisamment de bois de construction, il faut utiliser des voûtes et des coupes en maçonnerie, des habitations creusées à flanc de montagne et des poutres en béton armé. La pierre, l'argile, le gravier et le sable paraissent présents partout, mais ce n'est pas le cas. Dans de nombreux pays, un ou plusieurs de ces éléments manquent ou les caractéristiques de ceux qui existent sont telles qu'il n'est pas possible de les utiliser directement pour la construction. Par ailleurs, la recherche peut ouvrir la porte à des utilisations de matériaux naturels qui étaient écartés autrefois (par exemple, certains types de bois de construction ou certains sols latéritiques). Il importe donc essentiellement que la recherche élargisse la liste des ressources naturelles pouvant être utilisées économiquement à des fins de construction. Outre les matières premières naturelles (sable, chaux, pierre, terre, etc.), des sous-produits industriels et agricoles doivent être également utilisés pour la fabrication de matériaux de construction. Ces utilisations peuvent également permettre de réduire les amoncellements croissants de scories et d'autres rebuts déplorables et représenter aussi un premier pas vers un assainissement de l'environnement perturbé notamment par l'industrie minière. La conservation de l'énergie bénéficie également d'un ordre de priorité élevé en matière de recherche, notamment dans les pays importateurs de pétrole.

### 3. Amélioration de la solidité des matériaux et de leur ignifugation

23. Les matériaux de construction locaux (terre, palmes, feuilles, etc.) peuvent être très bon marché mais souvent ils sont peu résistants. La durée de vie de certains matériaux de construction locaux peut ne pas dépasser deux ans. Il est bien évident que le prolongement de la durée de matériaux locaux grâce à l'amélioration de leur solidité bénéficie d'une haute priorité en matière de recherche. Il est important d'atteindre cet objectif grâce à des méthodes peu onéreuses. La solidité des matériaux de construction et des constructions est devenue un domaine hautement prioritaire dans les pays développés, et de nombreuses recherches dans ce domaine ont été effectuées ou sont en cours. Il s'en est suivi un ensemble considérable de connaissances mais les pays en développement ont pour leur part des

problèmes spécifiques de durée. Les durées d'utilisation sont habituellement beaucoup plus courtes; les facteurs climatiques et d'autres éléments écologiques affectent également cette durée d'une manière différente. Par conséquent, la solidité des matériaux constitue un domaine important de recherche également dans les pays en développement.

24. Les catégories les plus importantes des matériaux de construction sont à cet égard la terre et le bois de construction; les catégories les plus importantes des éléments de construction sont les toits et les murs. La recherche doit donc se concentrer sur les moyens d'améliorer la solidité de ces matériaux et de ces éléments de construction.

25. La terre est un matériau durable à condition qu'elle soit protégée comme il convient de la pluie, de l'humidité de la terre et d'autres formes de moisissure. La protection contre l'humidité du sol peut être assurée grâce à la protection contre la moisissure par une couche isolante d'étanchéité (bitumineuse, etc.); l'imperméabilisation des enduits de mortier assure une protection contre la pluie directe ou en éclaboussures. Les enduits de boue peuvent être revêtus d'un épais coulis de ciment, du moins sur la face exposée aux pluies. Cette couche doit être renouvelée périodiquement. L'étanchéité du mortier peut être obtenue grâce à l'adjonction de ciment ou d'autres matériaux régionaux appropriés, par exemple le palmitate de calcium (acide extrait du savon d'huile de palme). L'adjonction de beutonite à la chaux rend le badigeon plus imperméable. La protection contre la pluie peut s'obtenir par des détails d'architecture appropriés : par exemple protection obtenue grâce à la forme des toits.

26. La dégradation des matériaux organiques fibreux peut être provoquée par le climat, les insectes, les champignons. Certaines espèces de bois de construction peuvent être attaquées par des champignons et des insectes et ne peuvent être utilisées qu'après un traitement de protection. Les bois sont plus durables quand les grumes sont débitées et les sciages sont séchés sur place en temps voulu. Plusieurs pays ont trouvé des méthodes efficaces pour protéger leurs matériaux contre les termites. Les matériaux nouveaux peuvent se heurter également à des problèmes de solidité. Par exemple, l'effritement des fibres de sisal dans le béton peut être évité en réduisant l'alcalinité de l'eau intersticielle grâce au remplacement d'une partie du ciment Portland par de la silice ou du ciment à haute teneur en alumine ou encore par le scellement du système intersticiel à l'aide de cire ou de quelque autre agent d'imprégnation fibreuse.



27. Outre les problèmes dus au climat difficile, le feu constitue un risque important de destruction des constructions. Dans de nombreux pays en développement, ce risque est élevé en raison des matériaux utilisés. Accroître la résistance au feu constitue donc une tâche importante de la recherche. Les tremblements de terre, les inondations (vaz de marée, typhons, etc.) ne détruisent pas les matériaux mais les constructions entières. L'application de résultats de la recherche actuelle ainsi que de nouvelles recherches pourraient réduire les pertes enregistrées en argent et naturellement en vies humaines. Une des nouvelles techniques relativement bon marché consiste à renforcer la maçonnerie, pour augmenter sa résistance aux mouvements sismiques. Ces techniques ne sont encore utilisées que dans une très faible proportion et un élargissement de leurs applications pourrait être très avantageux. L'humidité tropicale et la sécheresse affectent les matériaux de diverses manières. Ceci a incité certains pays à entreprendre des recherches sur les peintures en émulsion résistant aux moisissures.

4. Technologies appropriées; aspects économiques de la recherche et du développement technique

28. On a souvent répété que déverser telles quelles, dans les pays en développement, les technologies créées par les pays développés risquait de susciter plus de difficultés que d'avantages. Les conditions particulières des pays en développement exigent des techniques spécifiquement appropriées. Pour de nombreux pays, ceci peut également impliquer une réduction des capacités mais ce n'est pas l'unique caractéristique d'une technologie pertinente. La principale condition requise est que cette technologie puisse être maîtrisée, maintenue et progressivement développée.

29. Une des caractéristiques les plus importantes des pays en développement (au point de vue du développement technique) est le faible niveau des revenus et le coût relativement élevé des matériaux par rapport au niveau des revenus. Ceci veut dire que le fait de remplacer le travail par des matériaux ou des machines peut se révéler rentable dans les pays développés mais peut souvent n'être pas réalisable pour des raisons économiques dans les pays en développement. Le remplacement des méthodes de main-d'oeuvre intensive par des procédés mécanisés ne peut intervenir que progressivement, et les délais nécessaires dépendront du moment où de tels changements deviennent réalisables à la suite d'un accroissement des revenus et d'une diminution des prix des machines et des matériaux. Il est donc également nécessaire que la recherche tienne compte de ces conditions.

30. La recherche a pour objet d'améliorer les conditions d'habitat et de vie et d'accroître la productivité et le bien-être dans un pays. On peut mentionner de nombreuses études le cas dans les pays développés ainsi que dans les pays en développement qui mettent en évidence des situations dans lesquelles la recherche et le développement n'ont pas atteint ce but. Dans certains cas, le développement technique (nouvelles usines, etc.) a absorbé une plus grande quantité de ressources du pays que n'en fournissent les nouvelles valeurs obtenues grâce à ce développement. L'amertume des leçons apprises ne garantit pas que des erreurs analogues ne se renouvelleront pas. C'est pourquoi, lorsque nous définissons une liste de priorités pour la recherche, en première ligne de cette liste doit figurer le contrôle de la rentabilité des conceptions en matière de recherche. Ceci est indispensable à tous les stades de la recherche : avant d'accepter une proposition concernant de nouvelles recherches; pendant le déroulement de cette recherche et à son achèvement lorsqu'il faut prendre une décision pour savoir si l'on mettra ou non les résultats en pratique.

31. En application des principes ci-dessus les instituts de recherche doivent être nécessairement capables d'évaluer les aspects économiques de la recherche et de ses applications virtuelles. Parmi le personnel des institutions de recherche doivent se trouver des économistes et/ou des chercheurs techniques ayant une connaissance satisfaisante des principes économiques; il leur appartient d'évaluer la valeur économique de la recherche et du développement technique.

#### 5. Contrôle de la qualité

32. On a toujours utilisé les matériaux de construction nationaux en s'appuyant sur l'expérience pratique. Bien que cette façon de procéder puisse être satisfaisante dans des conditions traditionnelles, le contrôle de la qualité peut contribuer à améliorer l'utilisation des ressources. L'application des techniques de contrôle de la qualité permet de mettre en évidence des différences de qualité. Il est ainsi possible d'éliminer les matériaux les plus médiocres et par conséquent d'utiliser de façon plus avantageuse les matériaux restants de meilleure qualité. Grâce à cela également les producteurs sont mieux à même de comprendre comment ils peuvent améliorer la qualité de leurs matériaux de construction. Le contrôle de la qualité n'est pas naturellement une recherche en soi mais il s'organise fréquemment dans les mêmes institutions que celles de la recherche. Les mêmes équipements de laboratoire peuvent être utilisés pour le contrôle de la qualité et pour la recherche. Le contrôle de la qualité appropriée révèle des insuffisances de la qualité de matériaux de construction et cette connaissance servira de point de départ à la recherche qui se propose d'éliminer ces défauts.

33. Les laboratoires de contrôle de la qualité sont souvent établis dans les universités parce que ces dispositifs sont également nécessaires à l'enseignement et en fait le contrôle de la qualité établit un pont de liaison entre le personnel enseignant de l'université et l'industrie. Une autre solution consiste à créer un laboratoire de contrôle de la qualité pour tous les secteurs industriels y compris les industries de matériaux de construction. Quelle que soit la structure choisie, l'aménagement d'une institution compétente et de procédures de contrôle de la qualité doit recevoir le même ordre de priorité élevé dans les pays en développement que dans les pays développés.

#### 6. Conservation des ressources et de l'énergie

34. La prise de conscience par les hommes de la nécessité vitale de conserver les ressources est malheureusement un phénomène relativement récent. Il s'est limité tout d'abord aux pays développés. Dans les pays en développement, la nécessité d'accroître la production et le bien-être social passait avant le problème de conservation des ressources. Même actuellement on peut trouver des cas où les pays développés attachent une plus haute importance à la conservation des ressources que les pays en développement. Cet écart toutefois disparaît rapidement. La crise de l'énergie qui s'est ouverte en 1973 a accéléré ce processus. Les pays exportateurs de pétrole ont cherché à conserver leurs stocks de pétrole le plus longtemps possible; les pays importateurs de pétrole ont été obligés de conserver leur énergie de façon à réduire rapidement les factures d'importation d'énergie.

35. La conservation d'autres ressources (environnement naturel, matières premières, etc.) a fait également l'objet d'une attention croissante. Les opérations de séchage, de conservation et de cuisson des matériaux de construction consomment une importante énergie. Or l'énergie solaire est une forme naturelle d'énergie qui peut remplacer une partie du carburant utilisé précédemment dans les fabrications. Le mélange de glaise à des sous-produits organiques (balle de riz, sciure, etc.) peut également réduire la consommation de carburant dans la cuisson des briques. La conservation du béton peut être assurée dans une assez large mesure sans introduire le traitement à la vapeur et en utilisant au contraire la chaleur naturelle, renforcée éventuellement par les radiations solaires.

36. L'eau est une ressource rare dans beaucoup de pays, qui doivent donc attribuer un ordre de priorité élevé à sa conservation. Il est curieux que les toilettes à chasse consomment toujours autant d'eau alors qu'on a mis au point des solutions techniques réduisant efficacement cette consommation.

37. La recherche relative à la construction peut donner des directives aux projeteurs pour leur permettre de concevoir des bâtiments exigeant de moindres quantités d'énergie pour le chauffage, la ventilation et la climatisation. La conservation et l'assainissement de l'environnement naturel (par exemple la remise en état de carrières abandonnées, etc.) prendront également une importance croissante dans les pays en développement.

#### IV. PRIORITES DE LA RECHERCHE CONCERNANT LES MATERIAUX DE CONSTRUCTION DE BASE

##### 1. Terre (boue, argile, adobe, latérite)

36. La terre est un matériau de construction de type particulier. Elle est utilisée en Californie (Etats-Unis), en France et dans certains autres pays pour édifier des constructions à l'intention de clients qui sont certainement à même d'utiliser d'autres matériaux. En revanche, dans de nombreux pays en développement, les personnes estiment que ce matériau ne saurait être utilisé pour la construction de logements convenables. Entre ces deux extrêmes, des millions de familles, ignorant ces problèmes, utilisent la terre comme matériau de construction, totalement indifférentes à la recherche et à l'industrialisation, et perpétuant ainsi d'anciennes traditions et coutumes de construction. Traditionnellement, les murs en terre (boue) se construisent de plusieurs façons :

- Les murs en mottes de boue;
- Les murs en briques crues (adobe);
- Les murs en terre comprimée (pisé).

Pour un mur en mottes de terre, la terre est extraite sur place et délayée avec de l'eau pour former des mottes. Les mottes sont disposées manuellement en couches, si possible sur des fondations en pierre, en boue ou en tout autre matériau résistant à l'eau, puis la surface du mur est recouverte d'un enduit. Les ouvertures des fenêtres et des portes sont réservées dans le mur. Les murs en briques crues sont construits avec des briques séchées au soleil et façonnées à partir d'un mélange d'argile, de sable et d'eau. Les murs en terre comprimée sont comprimés pendant un certain temps dans des coffrages amovibles en bois. L'argile voulue n'existe pas dans un certain nombre de pays, mais on peut la remplacer par de la latérite. La latérite est un sol tropical ou subtropical qui résulte de l'altération des roches ignées.

39. Les chercheurs s'efforcent de préciser la place qu'occupe la terre parmi les matériaux de construction. La terre, l'adobe, la latérite, etc., peuvent être stabilisés avec divers matériaux (ciment, chaux, gypse, bitume, cendres volcaniques, herbe, sisal, bouse de vache, etc.). Le choix dépend des conditions locales (selon les types de liants disponibles) et il faudra peut-être recourir à la recherche pour définir les proportions et les techniques de mélanges qui donneront les meilleurs résultats, compte tenu des caractéristiques de la terre de l'endroit (latérite). Pour la construction de murs en clayonnage revêtu de boue, un lattis de bambou est recouvert des deux côtés avec de la boue mélangée à de l'argile (des fibres ou de la bouse de vache). On peut être obligé de mélanger une solution contre les termites à cet enduit de boue.

40. Si les connaissances relatives à la terre sont universelles, la pratique varie beaucoup. En effet, les outils, les presses, les machines à mouler, les coffrages et les méthodes utilisés sont différents; et en y ajoutant les différences de propriétés des matières premières, les différences climatiques et diverses autres conditions, on aboutit à des pratiques très différentes. Un certain nombre de presses et de pilons ont été mis au point et sont utilisés pour fabriquer des blocs et des briques de terre et de latérite stabilisées, il s'agit de : CINVARAM (Colombie); Terstaram (Mali); BREPAK (Ghana); Tek-Block-Press (Ghana); CENEEMA (Cameroun), Ellson Blockmaster (Afrique du Sud); Supertor (Brésil), Latorex (Danemark); CONSOLID (Suisse, Ghana). Dans les pays et régions où ces appareils ne sont pas utilisés, une étude à leur sujet ou leur adaptation aux conditions locales pourraient contribuer à encourager l'utilisation de matériaux propres à la construction de murs.

41. Grâce à un échange d'informations et au transfert de données d'expérience, l'union des connaissances liée à la plus ou moins bonne volonté locale vis-à-vis du changement finit par faire progresser régulièrement mais lentement l'utilisation de cet ancien matériau de construction. La contribution à la recherche dans ce domaine a la plus haute priorité; l'évaluation exacte des conditions locales est donc de la plus haute importance.

## 2. Ciment, chaux, gypse, pouzzolane, soufre

42. Dans la plupart des pays en développement, il y a une pénurie de ciment et d'autres liants, mais dans une moindre mesure. C'est pourquoi on doit accorder, de manière générale, une haute priorité à l'accroissement de la production et de la rentabilité de ces matériaux, y compris et surtout dans la recherche proprement dite. Le ciment est le plus important des liants; le ciment Portland est le plus couramment employé et précède de loin plusieurs autres types de ciment (ciment "blanc" notamment).

La cuisson à 1 450°C d'un mélange de chaux, d'argile et, le cas échéant, d'autres matières minérales, donne le clinker qui, après addition de gypse et broyage, constitue le ciment Portland. La cuisson peut se faire dans des fours rotatifs, longs ou courts, ou dans des fours verticaux. Les ciments fabriqués dans des fours rotatifs sont plus homogènes et de meilleure qualité, mais les fours verticaux exigent de moindres investissements et peuvent être installés quand les débouchés sont peu importants.

43. La chaux est obtenue par calcination du calcaire à des températures très inférieures à celles qu'exige la fabrication du ciment. Alors que le ciment remonte à moins de 200 ans, la chaux est un des matériaux de construction les plus anciens. Même à l'heure actuelle, la calcination de la chaux se fait selon des méthodes simples n'exigeant d'autres ressources que du calcaire, de l'argile, du combustible (bois ou charbon de bois) et de la main-d'oeuvre. Mais des procédés modernes permettent aussi de fabriquer de la chaux avec des méthodes mécanisées : extraction à la machine, broyage et four vertical, rotatif ou Hoffmann.

44. La fabrication du ciment nécessite généralement plus de capitaux que la fabrication de la chaux et de la pouzzolane et il est donc important de remplacer (tout du moins, en partie) le ciment par de la chaux ou de la pouzzolane. On peut aussi, pour atteindre le même objectif, fabriquer des ciments mixtes (mêlés) dans lesquels une partie du ciment est remplacée par de la pouzzolane naturelle ou par des sous-produits industriels (cendres volantes, laitiers, sable) qui ont des propriétés hydrauliques. Une infrastructure routière et ferroviaire et des capacités de transport insuffisantes peuvent entraîner des pénuries de ciment (ou d'autres matériaux de construction) à l'échelon local. Il est donc important dans de nombreux cas de disposer sur place d'installations pour la fabrication de ciment (et d'autres matériaux) ou d'accroître la production. Il convient de déterminer quelles sont les matières premières appropriées, et d'étudier la fabrication et l'utilisation de ciment dans des usines locales (sous-régionales). Pour les chercheurs spécialisés dans les matériaux de construction, il s'agit là de tâches hautement prioritaires.

45. Beaucoup de pays en développement importent d'assez grosses quantités de ciment (et parfois de chaux et de gypse). Les gisements de pouzzolane volcanique devraient faire l'objet de recherches car cette matière peut être en partie substituée au ciment, à la chaux et au gypse. Le mélange de balle de riz et de chaux peut lui aussi se substituer au ciment. Dans les ciments mixtes, une partie du ciment Portland est remplacé par de la pouzzolane, du laitier ou des cendres volantes. Certains pays

en développement ont des installations modernes pour la cuisson et le broyage du ciment, la production de la chaux, du gypse et de la pouzzolane. L'ordre de priorité des travaux de recherche est pour l'essentiel le même dans ces usines et dans celles des pays en développement.

46. Depuis quelques années, le soufre est disponible en grandes quantités car c'est un sous-produit de la désulfuration du pétrole, du gaz naturel, des gaz d'échappement, du gaz des fours à fusion et du charbon à haute teneur en soufre. Dans les pays où il est disponible en grandes quantités, le soufre peut remplacer le ciment et la chaux comme liant pour la préparation du mortier et du béton. On peut certes considérer le soufre comme une des grandes matières constitutives des liants, mais il faut encore le soumettre à des recherches pour préciser ses propriétés et les procédés techniques employables.

47. Le soufre se prête encore à d'autres applications : matières d'imprégnation en maçonnerie, additif pour matières fibreuses, etc. Dans plusieurs pays, le soufre jouera au cours des prochaines années un rôle très important dans les travaux de recherche, ainsi que dans l'industrie du bâtiment et celle des matériaux de construction. Pour ce groupe de matériaux de construction, les principaux domaines de recherche, qu'il s'agisse de grande ou petite production, sont :

- L'étude géologique des minéraux et la recherche des meilleurs mélanges;
- L'utilisation des matières premières, des déchets et des sous-produits locaux (chaux magnésiennes et dolomitiques, pouzzolane, laitier, cendres volantes, gypse phosphoré, balle de riz, débris de mica, déchets de mines, boues de chaux résultant de la fabrication de l'acétylène, rejets de papeteries et de sucreries);
- L'amélioration des procédés d'extraction, de transport, de cuisson et de broyage;
- La mise au point de petites et moyennes unités de fabrication simples, de fours de cuisson pour le ciment et la chaux, de brûleurs pour ces fours et d'hydrateurs de chaux;
- L'introduction de systèmes de commande automatique dans les grandes usines;
- L'emploi d'ordinateurs et de microprocesseurs;
- L'amélioration des installations de fabrication, de leur entretien, de leur réparation, de leur durée, etc.;

- La conservation de l'énergie; l'emploi de combustibles locaux pour la calcination de la chaux (notamment des boulets de balle de riz et d'argile);
- L'introduction de produits nouveaux et améliorés (ciment à la magnésite, ciment résistant aux solutions sulfatées, ciment blanc, ciment Portland à la pouzzolane ou à d'autres additifs; autres liants tels que le soufre);
- La protection de l'environnement, la réduction de la pollution de l'air et de l'eau; l'aménagement des carrières abandonnées.

### 3. Béton, mortier, briques, parpaings, éléments préfabriqués

48. La production de béton, de briques, de parpaings, etc., est un stade secondaire de la fabrication qui consiste à utiliser des matières premières primaires et des matériaux de construction ordinaire (gravier, sable, argile, ciment, chaux). Certaines de ces fabrications ont lieu à l'extérieur du chantier (dans des usines de préfabrication). La recherche concernant les matériaux de construction et celle concernant la construction se chevauchent dans ce domaine.

49. Les transports sur de longues distances sont généralement onéreux dans les pays en développement et l'infrastructure nécessaire à cet égard est souvent inexistante. Par conséquent, les usines de fabrication de briques, de parpaings et d'éléments préfabriqués ne peuvent desservir de vastes régions et doivent donc être de faible ou moyenne capacité. En raison du manque habituel de capitaux, elles doivent fonctionner avec un matériel simple et la recherche doit tenir compte de ces exigences.

50. La recherche sur les procédés techniques utilisant du ciment et d'autres liants concerne également les aspects suivants : traitement du béton, y compris traitement à la vapeur et traitement solaire, vibrations, adjonction de produits chimiques pour rendre les matériaux plus maniables, résistance au gel, procédés de prise et de durcissement, solidité, réduction de la formation de fissures, imperméabilité, etc.

51. Dans les pays où le bois est rare, on évite souvent de monter des planchers et des toits sur des charpentes en bois. On se sert alors de voûtes et de coupoles en maçonnerie. Une autre solution serait de fabriquer et d'employer des éléments de charpente en béton armé pour les solives des planchers, les chevrons et les arbalétriers des toitures.



52. Les armatures en acier constituent un élément onéreux de la fabrication de béton armé. Le remplacement de l'acier par des fibres végétales (sisal, fibres de coco, pâte de bois, herbe à éléphant, fibres de bois, kénaf) peut offrir une solution. Les fibres de sisal peuvent être utilisées comme armature, soit sous forme de petits morceaux, soit sous forme de fibres ou de tresses allongées. Le ciment est un autre élément onéreux du béton. La recherche sur les bétons ayant une faible teneur en ciment peut permettre de réaliser des économies et remédier à la pénurie de ciment. L'eau de gâchage est un élément peu coûteux du béton, mais de nombreuses régions manquent d'eau. Grâce à la recherche, on peut épurer l'eau de mer et l'utiliser ainsi en partie comme eau de gâchage du béton. Dans les régions où les ressources de latérite sont abondantes mais où il n'y a pas de sable approprié, on peut utiliser de la latérite dans le béton.

53. Les briques en terre cuite (et les autres) se fabriquent selon les méthodes suivantes :

- Exigeant une main-d'oeuvre importante;
- Semi-mécanisées;
- Entièrement mécanisées.

Traditionnellement, la fabrication des briques suppose l'extraction, la préparation et le moulage entièrement manuels de la terre. Les briques façonnées sont mises à sécher. Puis elles sont empilées et recouvertes de terre pour la cuisson. On se sert de fours rudimentaires. La fabrication semi-mécanisée fait appel à la mécanisation de l'extraction et du transport, à des broyeurs, à des mélangeurs et à des presses simples. Dans la fabrication entièrement mécanisée, toutes les phases sont mécanisées voire automatisées. Les briques sont alors cuites dans des fours continus ou des fours tunnel. La cuisson et, dans certains cas, le séchage artificiel consomment beaucoup d'énergie.

54. Les dimensions optimales des unités de fabrication dépendent de facteurs locaux et régionaux, à savoir : importance du marché, niveaux des salaires, existence d'un réseau de transports. Certaines argiles ne peuvent être utilisées pour la fabrication de briques que si elles sont mélangées avec du sable ou, en l'absence de sable, avec d'autres matériaux fins appropriés : fines de basalte, cendres volantes, cendres, déchets de charbonnage. On peut remplacer une partie du combustible en ajoutant à l'argile des matières organiques (telles que des balles, de la sciure) et améliorer en même temps les propriétés isolantes.

#### 4. Bois, bambou, autres produits et sous-produits végétaux

55. Le bois n'est pas utilisé uniquement comme matériau de construction et a d'autres usages. Une consultation sur les industries du bois et de la transformation du bois a déjà eu lieu et les documents de travail de cette consultation contiennent un grand nombre de déclarations et de recommandations relatives à la recherche sur le bois de construction<sup>2/</sup>. Le présent chapitre est un résumé du contenu de ces documents.

56. Le bois est utilisé comme matériau de construction depuis l'Antiquité. Néanmoins, cette utilisation est restée insuffisante dans les pays en développement. Surtout dans les zones rurales, des préjugés existent contre les maisons en bois; les codes en vigueur dans le bâtiment vont même parfois jusqu'à interdire la construction de maisons en bois. Cette situation est la conséquence de mésaventures dues au comportement du bois au feu, à sa durabilité et à son débitage defectueux, toutes choses résultant de l'insuffisance des connaissances concernant la construction en bois, surtout quand il s'agit de bois tropicaux.

57. Les informations techniques et les principes de conception sont fondés sur l'emploi des bois résineux, qui diffèrent des bois tropicaux feuillus. Les bois tropicaux se caractérisent par la fréquence différente de leurs défauts, leur hétérogénéité et leurs modules d'élasticité habituellement inférieurs. Les essences ne sont pas les mêmes dans les forêts tropicales des différentes régions du monde. L'hétérogénéité varie beaucoup elle aussi. Les forêts tropicales les plus hétérogènes sont celles de l'Amérique latine, et les moins hétérogènes celles de l'Asie du Sud-Est. C'est pourquoi il faut soumettre les bois des diverses régions et des divers pays à des essais techniques. Les résultats des recherches techniques devraient servir à l'élaboration de principes de conception appropriés, de manuels et de techniques de fabrication et de construction adaptés aux besoins.

58. Le nombre des principales essences tropicales utilisées dans la construction est relativement peu élevé (teck, shoué, cèdre de l'Himalaya, bois de rose, etc.). Et l'utilisation de ces essences ne se fait pas sans d'abondants déchets; les procédés techniques couramment employés dans les pays développés pour utiliser les bois courts pourraient s'appliquer directement dans la plupart des pays en développement.

---

<sup>2/</sup> Une étude générale du bois se trouve dans le document UNIDO/IS.398, "First world-wide study of the wood and wood processing industries", 3 août 1983. Le document UNIDO/ID/WG.395/2, "Promotion de l'utilisation du bois dans la construction" (par M. Tejada, 25 mai 1983), est tout particulièrement consacré aux besoins dans la recherche et le développement.

59. Entre autres objectifs importants, la recherche doit faire mieux connaître les essences secondaires et le mélange des essences. Des méthodes convenables d'identification doivent être mises au point et diffusées. L'utilisation des bois se fera dans de meilleures conditions s'ils sont séchés à l'air, dans des fours ou au soleil et s'ils sont protégés de la destruction par les champignons, les insectes, les moisissures et le feu. Les traitements de protection peuvent prolonger considérablement leur durée. On se sert de produits chimiques de protection (cuivre, sulphates, zinc, chlorure, acide borique, borax, arsenic de cuivre-chrome, acide acétique de cuivre-chrome, etc.) et de produits ignifuges (mélange d'ammonium-borax-acide borique, mélange de chrome-zinc-cuivre-bore). Les termites font elles aussi de gros dégâts dans le bois. Pour en venir à bout, il faut recourir à des méthodes qui débordent le cadre de l'industrie des matériaux de construction et mettent notamment en jeu :

- La stérilisation du sol et le comblement des excavations avec de la terre contenant des produits chimiques antitermites (créosote, pentachlorophénol, etc.);
- La mise en place d'écrans antitermites à hauteur des plinthes;
- L'élimination de tous les déchets du bois, des racines, des souches et des planches enterrés aux abords des bâtiments.

60. Plusieurs méthodes employées pour les bois résineux peuvent être appliquées aux bois tropicaux et aux bambous. On évitera d'assembler les bambous avec des clous (risques d'éclatement et d'empaillage). Des liens en bambous fendus ou en liane, en roseaux ou en écorce de sapins, peuvent être employés. On peut aussi se servir de fils de fer galvanisés souples (voir note technique No 4 du CNUEH). Des bambous fendus en deux peuvent être employés en guise de tuiles sur les toits. Des bambous fendus en bandes peuvent être tressés en claies pour faire des murs et des cloisons.

61. On prévoit que les ressources en bois s'épuiseront dans plusieurs pays, si les déboisements se poursuivent au rythme actuel. La culture d'essences à croissance rapide et de bambous de qualité se prêtant à la construction peut augmenter les stocks. L'inefficacité des techniques de transformation risque d'augmenter les gaspillages et les dépenses; la recherche peut réduire ces pertes. Des panneaux de particules, des panneaux de fibres et des panneaux de bois-ciment peuvent être fabriqués à partir de déchets de bois et de plantes considérées jusqu'ici comme nuisibles (eupatoire).

62. Bien que l'ordre de priorité des travaux de recherche doive être établi séparément pour chaque région et pays, certains domaines de recherche ont un rang de priorité élevé dans beaucoup de pays :

- Multiplication des types de bois utilisés. Certaines essences pourraient être utilisées dans beaucoup de pays. Des enquêtes et des contrôles de laboratoire s'imposent dans ce domaine;
  - Utilisation de mélange d'essences. Dans certains pays, les propriétés de chaque essence sont connues, mais il serait plus pratique d'utiliser plusieurs essences. Les propriétés de ces combinaisons doivent être précisées;
  - Essences donnant le meilleur rendement. Les essences croissent à des rythmes différents et produisent différentes quantités de bois par unité de surface. Des recherches s'imposent pour préciser les meilleures méthodes de plantation et de remplacement;
- Séchage au soleil ou autrement ayant pour objectif la conservation de l'énergie;
- Ignifugation du bois, du chaume, des feuilles de palmiers, etc.;
  - Diverses utilisations des déchets et des sous-produits de l'agriculture (balle de riz, sciure de bois, etc.);
  - Remplacement des fibres d'amiante et des fers à béton par des fibres végétales (sisal, etc.);
  - Mise au point de nouveaux produits (bardeaux et tôles ondulées pour toiture, etc.). Voir également les notes techniques No 1 du CNUEH;
  - Utilisation de produits dérivés du bois, du bambou et de sous-produits industriels comme liants et adhésifs (exemple : lignine et furfural).

##### 5. Autres matériaux, éléments et équipements

63. Les programmes de développement des industries de matériaux de construction ne devraient pas se limiter aux matériaux de base (ciment, verre, céramique, bois) mais doivent tenir compte de la complexité croissante de la construction. Sinon, on devra continuer d'importer des équipements sanitaires et de distribution d'eau, des appareillages, des équipements électriques, des peintures, des matières plastiques, des appareils de lavage et autres. Les besoins quantitatifs en matériaux, éléments

et équipements divers sont très variables et dépendent aussi de la population du pays. Le marché intérieur peut ne pas être suffisamment important pour justifier la fabrication de certains articles uniquement pour la consommation nationale, sauf si cette fabrication peut compter sur l'ouverture d'un plus large marché.

64. L'utilisation de déchets et de sous-produits agricoles et industriels se voit évidemment accorder une priorité élevée dans la recherche (balles de riz, paille, déchets de papier, cendres volantes, laitiers, etc.). Les portes, les fenêtres, les volets et leurs accessoires (ferrures) sont tout aussi nécessaires dans les logements à bas prix que dans les immeubles à plusieurs étages de grand standing dans les villes (banques, bureaux, etc.). Or, dans le premier cas, on doit trouver des solutions simples et peu coûteuses; dans le deuxième cas, la qualité des produits est généralement la même que dans les pays développés.

65. La production et l'utilisation des plastiques dans la construction sont et resteront plutôt limitées dans les pays importateurs de pétrole; en revanche, leurs applications dans la construction peuvent devenir de plus en plus intéressantes pour les pays exportateurs de pétrole. Malgré de grandes différences d'utilisation, ils peuvent être employés à des degrés divers dans tous les pays; mais leur emploi reste limité dans tous les pays en développement (le climat n'étant pas la moindre des causes).

6. Corrélation entre la recherche relative aux matériaux de construction et celle qui concerne la construction

66. Dans les zones rurales, la fabrication de matériaux de construction est intimement liée à la construction de logements et, par conséquent, la recherche relative aux matériaux de construction et celle qui concerne la construction sont indissociables. A titre d'exemple, il suffit de mentionner les murs de pisé, les enduits de mortier, les toits de chaume, etc.

67. Par exemple, on fabrique des toits de chaume avec du "secco" depuis les temps les plus reculés. La recherche a permis de mettre au point un procédé de fabrication amélioré de rouleaux ou de panneaux de "secco" qui assurent une bonne imperméabilité aux toits en pente douce, exposés à la pluie, offrent une résistance appropriée à leur propre poids et constituent un système d'encastrement résistant aux pressions du vent. En outre, les nouvelles méthodes de fabrication permettent, par un traitement chimique, d'améliorer le comportement du "secco" face aux agressions biologiques. Dans d'autres pays, on a proposé d'insérer une feuille de polyéthylène entre deux couches afin de rendre la toiture imperméable.

68. Dans les sous-secteurs structurés (monétaires) de l'économie, un nombre de plus en plus grand d'éléments de bâtiments sont préfabriqués et ces éléments, bien qu'ils remplacent des matériaux de construction, sont étudiés par l'industrie de la recherche relative à la construction. Les poutres de plancher et les madriers de toiture préfabriqués en béton armé ne peuvent être conçus que si l'on connaît leur usage ultime dans les édifices.

69. Les besoins et les réalisations en matière de construction sont du ressort de la recherche intéressant la construction. Les recherches sur les matériaux de construction sont étroitement liées à celles qui concernent la construction. Le transport, le levage et le montage des matériaux de construction nécessitent les machines, des outils et d'autres équipements, y compris des échafaudages et des coffrages. Une partie de la recherche sur la construction se spécialise dans ces questions.

70. La recherche sur la construction porte sur les matériaux de construction lorsqu'elle étudie des éléments constitutifs et des parties d'ouvrages ainsi que l'ensemble des édifices. Par exemple, la recherche sur les techniques de construction a permis de concevoir une forme de maçonnerie renforcée qui offre une meilleure résistance aux tremblements de terre.

## V. CHOIX DES PRIORITES EN MATIERE DE RECHERCHE CONDITIONS DE MISE EN OEUVRE

### 1. Méthodes de sélection des priorités concernant la recherche

71. D'autres chapitres de cette étude traitent des priorités relatives à la recherche sous leur aspect global. Ceci toutefois n'est pas suffisant pour les organismes gouvernementaux chargés du contrôle de la recherche et pour les instituts de recherche particuliers lorsqu'ils doivent prendre des décisions concernant les priorités à observer en matière de recherche.

72. La procédure de sélection concernant les projets de recherche doit s'appuyer sur des règles à suivre pour établir les priorités. L'expérience et les méthodes empiriques peuvent donner des résultats satisfaisants; dans le cas d'un grand nombre de propositions qui sont en concurrence pour le recours à la recherche, on peut adopter une méthodologie plus théorique. Il est possible de définir un système de critères qui peut être utilisé comme un répertoire lorsqu'il s'agit d'évaluer

les propositions particulières. Il existe une grande quantité de publications professionnelles sur le problème du choix des projets de recherche. Il existe deux méthodes fondamentales pour aborder le problème :

- Définir les projets particuliers, puis les comparer et faire un choix entre eux ou les rejeter en se fondant sur le résultat des comparaisons;
- Définir des modèles mathématiques et déterminer le point optimum sur le nombre infini des solutions possibles.

73. La seconde méthode (détermination optimale mathématique) est utilisée moins fréquemment et en conséquence on ne mentionnera pas davantage cette méthode. La comparaison de deux ou en fait de plusieurs (mais nécessairement un nombre fini) de projets peut s'appuyer sur un seul critère (par exemple le coût de production d'un produit ou la productivité de la main-d'oeuvre) ou sur plusieurs critères. Si l'on utilise un seul critère les comparaisons sont alors relativement faciles; elles deviennent plus complexes lorsque l'on tient compte de plusieurs critères. Dans la plupart des cas, il faut tenir compte de plusieurs facteurs : productivité, coût de fabrication, besoins en capitaux, part des importations, etc. Si un projet est supérieur à tous égards à l'ensemble des autres la sélection est alors facile. Pratiquement c'est rarement le cas; des projets particuliers peuvent être supérieurs à d'autres en fonction de certains critères mais en même temps leur être inférieurs en fonction d'autres critères. Dans de tels cas d'évaluation complexe (le plus souvent), il faut alors utiliser des méthodes comportant des systèmes d'évaluation (classement) afin de résumer les conclusions par rapport aux critères particuliers. Un nombre important de ces techniques d'évaluation ont été introduites et appliquées. Les diverses méthodes ont été assorties de documentations par exemple dans les rapports publiés par l'EIRMA (European Industrial Research Management Association), Association européenne pour l'administration de la recherche industrielle : "Méthode d'évaluation des projets de recherche-développement".

74. Ce qui suit repose dans une certaine mesure sur ces indications mais les publications mentionnées fournissent beaucoup plus de détails. Naturellement, on n'envisage pas d'utiliser de telles méthodes "scientifiques" dans tous les cas, mais il est judicieux de ne pas les perdre de vue lorsque l'on doit prendre des décisions sur les priorités en matière de recherche. Avant de prendre ces décisions, il faut chercher à répondre aux cinq questions ci-après :

- i) Quelle est l'importance du sujet de recherche proposé dans le pays intéressé ?

Observation :

La réponse à cette question doit être appréciée grâce à une évaluation par rapport au coût de la recherche. Les projets qui ont un niveau d'importance moyenne peuvent être acceptés si leur coût est suffisamment modeste. On ne peut d'une manière générale accepter de projet qui n'aurait aucun intérêt pour le pays.

- ii) Quelles sont les chances de succès technique ?

Observation :

Les propositions de projets de recherche doivent être repoussées s'il n'existe pas de chances suffisantes de succès technique. Ceci dépend de l'existence d'un personnel suffisamment qualifié (chercheurs et assistants), du matériel de laboratoire disponible, du financement, des matières premières et des éléments constitutifs ainsi que des chances théoriques (scientifiques) de succès (ainsi, une proposition de "mouvement perpétuel" n'a aucune chance technique de succès).

- iii) Quelle est la probabilité de succès commercial ?

Observation :

Une analyse de marché peut fournir la réponse à cette question. Les produits à mettre au point font-ils défaut ou en revanche existe-t-il des produits analogues en grande quantité ? Quelle est la situation des prix : le nouveau produit proposé peut-il être fabriqué pour un prix inférieur à celui de son prix de vente prévu ?

- iv) Si le produit est satisfaisant techniquement et a une bonne chance de viabilité commerciale, quelles sont les probabilités de son application pratique ?

Observation :

Dans certains cas, les conditions d'application pratique n'existent pas dans le pays. Cette situation peut être due à la faible demande, au manque de fonds d'investissement, à l'absence de matières premières et/ou d'éléments constitutifs ou à l'inaptitude du milieu professionnel et industriel à concevoir et fabriquer des équipements de production à une grande échelle. Dans de tels cas également, les propositions de recherche ne sauraient être acceptées.



v) La recherche se justifie-t-elle par rapport aux importations de produits ou de savoir-faire ?

Observation :

Même si la recherche est assurée d'un succès, il ne faut pas perdre de vue le fait que les virtualités de la recherche sont habituellement limitées et que d'autres projets permettraient peut-être d'obtenir des avantages plus importants. Il est également possible d'admettre que si la recherche concernant un projet A est satisfaisante il serait peut-être facile d'obtenir les mêmes résultats grâce à un accord de licence, alors que la recherche concernant un projet B est indispensable parce qu'il n'existe aucun moyen satisfaisant de résoudre le problème B sans recherche nationale. Dans un tel cas le projet B a priorité sur le projet A. (Voir également la prochaine section 5.2.)

75. Lorsque l'on compare deux ou plusieurs projets de recherche, il est important de ne pas limiter les calculs en ne tenant compte que des conditions actuelles. Les coûts et les prix peuvent subir d'importantes modifications à l'avenir dans différentes directions et à des taux différents pour les solutions particulières. En conséquence, les calculs économiques doivent porter sur une longue période, habituellement plusieurs années et il convient d'estimer les modifications futures des conditions et d'introduire cet élément dans les calculs. Dans de telles études, il peut être nécessaire d'utiliser des techniques d'actualisation et à cette fin, il convient d'estimer les tendances des taux d'intérêt pendant la période considérée. Dans certains cas, il faut évaluer également les taux d'inflation. Malgré les incertitudes inhérentes à de telles estimations, il est important de chercher à apprécier quantitativement les modifications des conditions au cours du temps. Pour tous ces détails, il existe des méthodes qui peuvent être utilisées dans le processus de sélection des projets de recherche.

76. Une technique simple est employée en gestion pour établir un ordre de priorité. Il s'agit de la comparaison de plusieurs paires. Cette technique ne donne de bons résultats que si certaines conditions sont réunies :

- Un nombre limité d'éventualités clairement formulées et dont il s'agit d'établir l'ordre de préférence;
- Un président à poigne pour mener le jeu, le ramener aux seules déclarations de préférence et interdire les interruptions dues à des bavardages oisifs;

- Un nombre limité de participants (de 5 à 15 par exemple) dont chacun connaît le domaine en question et peut évaluer les choix possibles à partir de points de vue très différents (scientifique, commercial, industriel, personnel, etc.).

17. Les paires sont constituées par tous les choix possibles et chaque participant doit dire quel élément de chacune des paires il préfère. Aucune explication ne doit être demandée ni permise. Démontrons par un simple exemple en quoi consiste la technique. Le président veut établir un ordre de priorité pour les six projets suivants (quatre projets doivent être approuvés et deux doivent être rejetés) :

- 1) Installation d'un four à chaux expérimental avec un nouveau modèle de brûleur;
- 2) Essais techniques de quelques essences de bois tropicaux non employées à l'heure actuelle;
- 3) Introduction de l'énergie solaire pour accélérer les cycles de production dans des chantiers de béton précontraint;
- 4) Installation d'éléments de toiture en fibre naturelle sur un bâtiment de démonstration;
- 5) Recueillir et mettre à l'épreuve des échantillons de diverses pouzzolanes recueillies dans le pays;
- 6) Rédaction d'un manuel sur la maçonnerie en parpaing de béton qui soit actuellement employée pour la construction de nouveaux logements.

18. Le nombre des membres du comité (y compris le président) est cinq. Pour commencer, chaque membre doit indiquer sa préférence en comparant les projets 1 et 2. Les résultats sont : un pour le projet 1 et quatre pour le projet 2. On passe ensuite à la comparaison des projets 1 et 3, 1 et 4, 1 et 5, 1 et 6. Dans chaque cas, le président (ou la secrétaire du comité) note combien de fois chaque projet a été préféré au projet qui lui est opposé. Les comparaisons qui viennent ensuite sont : 2 et 3, 2 et 4, 2 et 5, 2 et 6; 3 et 4, 3 et 5, 3 et 6; 4 et 5, 4 et 6; et enfin 5 et 6. Au total, la marque est de 15 pour chaque participant et de 75 pour l'ensemble des participants. La marque finale peut être la suivante pour les divers projets :

Projet 1	17
Projet 2	13
Projet 3	5
Projet 4	12
Projet 5	18
Projet 6	10
<hr/>	
Total	75

S'il faut dans ces conditions rejeter deux projets, ce sont les projets 3 et 6 qui seront rejetés. Malgré ses limites évidentes, cette technique est simple, contraint les participants à une attitude rationnelle et, dans certains cas, peut être employée avec succès.

79. L'annexe 3 mentionne certaines pages des publications de l'EIRMA (Association européenne pour l'administration de la recherche industrielle). Le texte ci-après fournit quelques exemples de listes de contrôle et de systèmes d'évaluation, qui s'appuient également sur des rapports de l'EIRMA. Il est bon de noter que si la présente étude utilise des termes comme "probabilités" et "chances" sans chercher à les différencier, dans les rapports de l'Association européenne pour l'administration de la recherche industrielle, le terme "crédibilité" est utilisé dans un sens un peu plus restrictif que celui de "probabilité". Les documents de l'EIRMA fournissent une note explicative sur ce point.

"Les listes de contrôle fournies ci-dessous ont été choisies uniquement à titre d'exemple représentatif pour illustrer certaines des formes différentes éventuellement prises. Les tableaux 1 à 4 sont des listes de contrôle concernant tous les aspects d'évaluations des projets de développement du point de vue d'une société ou d'autres institutions y compris celles du gouvernement qui désirent prendre une décision en fonction des mérites d'une proposition.

Une des plus simples figure au tableau 1. Il convient de répondre à un ensemble de 21 questions avant de lancer le projet. Elles ne sont pas divisées en groupes et aucune échelle d'évaluation n'a été définie.

Une liste plus élaborée est fournie dans le tableau 2. Elle comprend cinquante-six articles divisés en six groupes. Chaque facteur doit être évalué sur la base d'une échelle qualitative à cinq degrés. L'évaluation approximative doit être établie à partir du profil général.

Le tableau 3 fournit une liste de vingt-six articles groupés en quatre catégories. Une échelle numérique à quatre degrés est proposée pour l'évaluation des facteurs. Cet exemple est particulièrement intéressant en raison de la tentative de fournir une définition explicite de chaque degré des échelles. Aucune pondération n'affecte les facteurs, et, en fait, l'auteur soutient une méthode d'évaluation profilée et met en garde contre l'utilisation de chiffres d'appréciation numérique. Toutefois, on peut trouver des listes analogues qui proposent l'emploi d'un index d'appréciation en montants pondérés.

Le tableau 4 présente une forme très simplifiée de listes de contrôles pondérés. Le tableau 5 est une liste de contrôles et d'évaluations relative au succès technique."

Tableau 1

Questions essentielles touchant la proposition  
initiale et les études ultérieures

1. Quels avantages précis l'entreprise peut-elle retirer de la concrétisation de cette idée de produit ?
2. Quels sont les débouchés d'un produit de ce type ?
3. Quels sont les produits compétitifs actuellement disponibles ?
  - a) Quels sont leurs avantages caractéristiques ?
  - b) Quels sont leurs inconvénients caractéristiques ?
4. De quels avantages pouvons-nous doter un nouveau produit ?
5. Ce produit peut-il être commercialisé facilement, ou sa commercialisation nécessite-t-elle l'adoption d'une démarche nouvelle telle que la création d'un nouveau service de vente ?
6. Serons-nous en mesure de protéger cette nouvelle idée par un bon brevet ?
7. Quel est le volume des ventes auquel nous pouvons nous attendre ?
8. Quelle est approximativement la durée marchande d'un produit de cette nature ?
9. Quel sera le coût de la mise au point de ce produit ?
10. Combien de temps prendra la mise au point de ce produit ?
11. Quelle sera la marche à suivre en ce qui concerne la mise au point ?
  - a) Quelle sera la filière : méthode exploratoire, étude du procédé ou de la faisabilité du produit, etc. ?
  - b) Quel sera le temps requis par chacune ?
12. Quelles seront les compétences et le personnel complémentaire nécessaires à la mise au point et au perfectionnement du produit ?
13. Quels seront les biens d'équipement complémentaires nécessaires à la mise au point du produit ?
14. Quel est notre devis de fabrication du produit ?
15. Combien de nouveau matériel de fabrication faudra-t-il acquérir ?
16. Ce matériel pourra-t-il servir à fabriquer aussi d'autres produits ?

17. Nos installations se prêteront-elles à la fabrication du produit ou nous faudra-t-il en acquérir d'autres ?
18. Les matériaux nécessaires à la fabrication du produit sont-ils disponibles ?
19. Quelles seraient les conséquences d'une cessation de la fabrication du produit consécutive au fait qu'au bout d'une année ou deux il s'avère que le produit n'a pas de réels débouchés sur le marché ?
20. Quel est le coût total du traitement, de la recherche-développement, du matériel, de la fabrication, de la commercialisation et de la publicité ? En avons-nous les moyens, compte tenu des autres engagements que nous avons déjà pris ?
21. Quels sont, d'après nos meilleures estimations, le rendement des investissements et les recettes commerciales ?

Tableau 2

	Très insatisfaisant	Insatisfaisant	Moyen	Satisfaisant	Excellent
<u>Aspects financiers</u>					
Montant estimatif annuel des ventes du nouveau produit					
Temps mis à atteindre le volume estimatif des ventes					
Rapport entre le volume annuel des ventes et le coût de la recherche-développement					
Rapport entre les coûts totaux et les économies annuelles					
Recettes des ventes					
Rendement du capital fixe					
Rendement de l'ensemble des investissements					
Durée de reconstitution des investissements en recherche-développement					
Durée de reconstitution des investissements en capital fixe					
Bénéfices réalisés au cours de la première année de production					
<u>Recherche-développement</u>					
Chances de succès technique					
Nouveauté technique					
Possibilités de progrès du savoir-faire					
Rapport avec le savoir-faire actuel de l'entreprise					
Durée de mise au point du produit					
Personnel nécessaire					
Matériel de laboratoire et d'usine pilote nécessaire					
Activité technique compétitive					
Position en matière de brevet					

Tableau 2 (suite)

	Très insatisfaisant	Insatisfaisant	Moyen	Satisfaisant	Excellent
<u>Production</u>					
Avantages du procédé					
Polyvalence du procédé					
Familiarité de l'entreprise avec le procédé					
Compatibilité avec les opérations actuelles					
Disponibilités en matériel					
Disponibilités en matières premières					
Ecoulement de sous-produits					
Evacuation des déchets					
Possibilité de corrosion					
Risques éventuels					
Caractéristiques en matière de transport					
<u>Commercialisation</u>					
Avantages du produit					
Compétitivité du produit					
Volume du marché					
Stabilité du marché					
Permanence du marché					
Demande cyclique et saisonnière					
Nombre de clients potentiels					
Taux de croissance du marché					
Notoriété de l'entreprise sur les marchés potentiels					



Tableau 2 (suite)

	Très insatisfaisant	Insatisfaisant	Moyen	Satisfaisant	Très satisfaisant
<u>Commercialisation (suite)</u>					
Compatibilité avec les produits fabriqués actuellement					
Services commerciaux appropriés disponibles					
Conditions de développement du marché					
Temps nécessaire à l'entreprise pour s'affirmer sur le marché					
Nécessité de varier et de modifier le produit					
Difficulté de copier ou de remplacer le produit					
Possibilités en matière d'experts					
Possibilités d'existence d'un marché captif					
Possibilités en matière d'octroi de licences					
<u>Position dans le cadre de l'entreprise</u>					
Rapport avec les objectifs de l'entreprise					
Dimension nécessaire de l'entreprise					
Valeur de la publicité ou du prestige					
Incidences sur l'achat d'autres matériaux					
Effet sur la clientèle actuelle					
Motivation ou enthousiasme des services d'exécution					
<u>Autres facteurs</u>					

Source : KIEFER, CHEM. ENG. NEWS, 23 mars 1964, page 95.

Tableau 3

POSTE	POSITION			
	-2	-1	+1	+2
<u>Aspects financiers</u>				
Rendement les investissements (avant impôts)	< 20 %	de 20 % à 25 %	de 25 % à 30 %	> 30 %
Montant estimatif annuel des ventes	< 100 000 \$	de 100 000 \$ à 1 million de \$	de 1 million de \$ à 5 millions de \$	> 5 millions de \$
Durée de reconstitution du nouveau capital fixe	> 5 ans	de 3 à 5 ans	de 2 à 3 ans	< 2 ans
Temps nécessaire pour atteindre le volume estimatif des ventes	> 5 ans	de 3 à 5 ans	de 1 à 3 ans	< 1 an
<u>Aspects de la R-D</u>				
Durée de reconstitution des investissements consacrés à la recherche	> 3 ans	de 2 à 3 ans	de 1 à 2 ans	< 1 an
Durée de reconstitution des investissements consacrés à la mise au point	> 3 ans	de 2 à 3 ans	de 1 à 2 ans	< 1 an
Savoir-faire en matière de recherche	Aucune expérience/ aucune autre application	Partiellement nouveau/quelques autres utilisations	Quelque expérience ou de nouvelles perspectives	Grande expérience ou vastes possibilités

Tableau 3 (suite)

POSTE	POSITION			
	-2	-1	+1	+2
Position en matière de dépôt de brevets	Situation non réglée	Champ ouvert/ nombreuses licences	Un petit nombre de licences seulement	Brevet ou licence exclusive
Besoins en matière de développement du marché	Programme intensif d'information	Clientèle à informer largement	Clientèle à informer quelque peu	Clientèle prête
Besoins en matière de promotion	Publicité et promotion intensives	Besoins importants	Besoins modérés	Faibles besoins
Compétitivité du produit	Plusieurs produits directement compétitifs	Plusieurs produits compétitifs dans une certaine mesure	Un ou deux produits plus ou moins compétitifs	Aucun produit compétitif
Avantages du produit	Prix plus élevé à qualité égale	Produit compétitif ou prix et qualité plus élevés	Prix compétitif mais meilleure qualité	Prix et qualité supérieurs
Durée du produit	Vraisemblablement de 1 à 3 ans	Vraisemblablement de 3 à 5 ans	Vraisemblablement de 5 à 10 ans	Vraisemblablement plus de 10 ans
Demande cyclique et saisonnière	Demande à la fois saisonnière et fonction du cycle économique	Demande saisonnière	Fonction du cycle économique	Stabilité élevée
<u>Aspects relatifs à la production et à l'ingénierie</u>				
Taille de l'entreprise	Indifférente	La plupart des entreprises sont concurrentielles	Entreprises de moyennes ou de grandes dimensions	Uniquement une très grande entreprise

Tableau 3 (suite)

POSTE	POSITION			
	-2	-1	+1	+2
Matières premières	Fournitures limitées	Disponibilités limitées à l'intérieur de l'entreprise	Disponibilités grâce à une autre entreprise	Disponibilités internes
Matériel	Nouvelle installation nécessaire	Matériel en grande partie nouveau	Quelques nouveaux matériels	Installation récente inactive utilisable
Familiarité de l'entreprise avec le procédé	Nouveau procédé; aucune autre application	Procédé partiellement nouveau; peu d'autres cas	Procédé familier - quelques autres utilisateurs	Procédé de routine et nombreux autres cas
<u>Aspects relatifs à la commercialisation et au produit</u>				
Analogie avec des fabrications actuelles	Type entièrement nouveau	Quelque peu différent	Très peu différent	Analogie totale
Incidence sur les produits actuellement fabriqués	Substitution directe	Accroît les ventes d'autres produits	Effets peu marqués	Accroît les ventes d'autres produits
Rapport avec la clientèle actuelle	Clientèle entièrement différente	Touche un certain nombre de clients actuels	Touche la plupart des clients actuels	Touche tous les clients actuels
Nombre de clients potentiels	Plus de 500	Moins de 5; ou de 1 à 500	5 à 10; ou de 50 à 100	De 10 à 50
Adéquation du service commercial actuel	Nécessité de créer un groupe entièrement nouveau	Nécessité de renforcer légèrement le groupe	Besoins de renforcement faibles	Aucune modification nécessaire

Tableau 3 (suite)

POSTE	POSITION			
	-2	-1	+1	+2
Stabilité du marché	Marché inconstant	Instable	Relativement ferme	Extrêmement stable
Tendance du marché	En hausse	Statique, à maturité	Croissant	Possibilités nouvelles
Service technique	Grand service technique nécessaire	Besoin modéré	Faible besoin	Besoin négligeable

Tableau 4

Domaine étudié

---

Chances de succès

Extrêmement fortes	10
Faibles	2

Rendement des investissements

De 0 à 0,1 an	20
De 0,41 à 0,8 an	11
De 3,21 à 6,4 an	2

Total des bénéfices réalisés en 10 ans

\$ 1 500 001 - 5 000 000	10
\$ 120 001 - 420 000	6
\$ 10 000 - 35 000	2

Autres facteurs 10

Approvisionnement satisfaisant  
en matières premières 2 - 1

Coût peu élevé des investissements 2 - 1

Possibilité de réduire les coûts  
relatifs aux licences 2 - 1

Coût modéré de la recherche 2 - 1

Amélioration des produits 2 - 1

---

Nombre total de points possibles 50

---

Tableau 5

Facteurs ayant des incidences sur la réussite technique

FACTEUR	ECHELLE DE VALEUR DE CHAQUE FACTEUR				
	1	2	3	4	5
<u>Nouveautés techniques</u>					
- Démonstration des principes techniques	Principes applicables mais non prouvés	Le principe peut être démontré sur le papier à l'aide de données de base	Les caractéristiques des éléments sont démontrées et les connaissances de base sont acquises	Partiellement grande échelle/entièrement à échelle pilote	Les principes sont déjà incorporés dans des opérations à grande échelle dans l'entreprise ou ailleurs
- Techniques et savoir-faire nécessaires à une production à grande échelle	Les connaissances de base doivent être approfondies	Les caractéristiques principales doivent être développées	Les caractéristiques secondaires doivent être développées	Très voisins de projets déjà commercialisés	Parfaitement connus
- Recherche faite ailleurs	De nombreux concurrents ont fait des recherches dans des domaines apparentés et ont échoué	Quelques concurrents ont fait des recherches dans des domaines apparentés et ont échoué	Aucune recherche connue dans des domaines apparentés	Quelques concurrents ont fait des recherches dans des domaines apparentés et ont réussi	De nombreux concurrents ont fait des recherches dans des domaines apparentés et ont réussi
<u>Spécifications</u>					
- Les spécifications techniques doivent répondre aux besoins de fonctionnement durant le projet/durant la vie du procédé	Conditions très restrictives	Conditions difficiles à atteindre	Certaines conditions devraient être remplies	Certaines conditions sont faciles à remplir	Aucune condition restrictive

Tableau 5 (suite)

FACTEUR	ECHELLE DE VALEUR DE CHAQUE FACTEUR				
	1	2	3	4	5
Détermination des spécifications	Acheteur monopolistique disposant de son propre service de contrôle de la qualité	Elargie (pouvoirs publics, associations commerciales, fabricants)	Essentiellement régie par la concurrence	Essentiellement dans l'entreprise, certains éléments confiés à l'extérieur	Intégralement dans l'entreprise
<u>Liberté de manoeuvre</u> - Plusieurs démarches possibles	Une seule démarche	Une seule solution éventuelle de remplacement	Plus d'une solution éventuelle de remplacement	Une bonne solution de remplacement	Plusieurs solutions de remplacement
<u>Niveaux de planification du projet</u> <sup>1/</sup> - Portée d'une planification à terme	Aucune planification	Date d'achèvement probable + coût d'ensemble approximatif	Examen intermédiaire + dates d'achèvement + coût approximatif de chaque phase	Plan de phase soumis (graphique de Gantt)	Plan intégral ressources/temps soumis (Pert)
<u>Ressources</u> <sup>2/</sup> - Matériel de projet	Tout le matériel doit être mis au point	Certains matériels doivent être mis au point	L'essentiel du matériel doit être acheté ou loué	L'essentiel du matériel est disponible; le reste peut être acheté ou loué	Tout le matériel est disponible



Tableau 5 (suite)

FACTEUR	ECHELLE DE VALEUR DE CHAQUE FACTEUR				
	1	2	3	4	5
<p>Source de financement</p> <p>Montant du financement disponible</p> <p>Services d'information</p>	<p>Par souscription (organismes de recherche, revenus variables incontrôlables)</p> <p>Limité au coût minimal</p> <p>Aucun service organisé de bibliothèque et recherche séparée des services de production et de commercialisation</p>	<p>Prix contractuel fixe (source extérieure)</p>	<p>En partie interne en partie externe (recherche en collaboration)</p> <p>Limité aux coûts optimaux</p> <p>Services de bibliothèque + communication normale entre recherche, production et commercialisation</p>	<p>Autofinancement avec limite fixe</p>	<p>Autofinancement sans limite fixe</p> <p>Aucune limite effective</p> <p>Base de données complètes disponibles au sein de l'entreprise</p>
<p><u>Ressources en personnel</u></p> <p>Expérience disponible au sein de l'entreprise dans le cadre du projet</p> <p>Compétences du personnel disponible par rapport au niveau de compétences requis</p>	<p>Nulle</p> <p>Inconnues</p>	<p>Expérience de certains collaborateurs</p> <p>-</p>	<p>Quelques activités de recherche par le passé</p> <p>Personnel compétent mais sans expérience</p>	<p>Faisant partie des activités actuelles de l'entreprise</p> <p>-</p>	<p>Activités en cours dans ce domaine</p> <p>Personnel expérimenté et compétent</p>

Tableau 2 (suite)

FACTEUR	ECHELLE DE VALEUR DE CHAQUE FACTEUR				
	1	2	3	4	5
Intérêt des groupes chargés de la recherche au succès du projet	Appui mitigé (facteur invoqué : produit non inventé dans l'entreprise	-	Indifférence	-	Volonté de succès
Effectif disponible	Nul - tout le personnel doit être recruté	Personnel insuffisant; certains collaborateurs doivent être recrutés	Personnel inexpérimenté pouvant constituer une équipe	Personnel expérimenté pouvant constituer une équipe	Equipe expérimentée disponible sur le champ

1/ Le niveau de la planification a évidemment un rapport avec la dimension du projet.

2/ L'expression "doit être mis au point" sous-entend que le matériel est tout nouveau et qu'on peut ni l'acheter ni le louer, il est possible de ce fait que ce matériel ne puisse pas être mis au point à temps.

3/ La spécification du coût fait partie de l'objectif technique.

80. Pour décider des priorités en matière de recherche, il faut notamment décider si l'on entreprend des recherches ou s'il ne serait pas plus avantageux d'importer ou d'acheter du savoir-faire. D'une manière générale, les pays (et les établissements de recherche) ne sont pas en mesure d'étudier tous les problèmes nationaux. La sélection doit donc non seulement retenir les projets de recherche les plus susceptibles d'aboutir mais aussi donner une réponse à la question suivante : quels sont les problèmes que l'on pourrait résoudre dans des conditions favorables en achetant des licences permettant d'obtenir le savoir-faire souhaité.

81. D'ordinaire, même lorsque l'on a décidé de ne pas procéder à des recherches propres, il faut pourtant, à une bien moindre échelle toutefois, étudier la façon d'adapter le procédé ou le produit aux conditions locales et de renforcer encore les compétences techniques acquises. Acheter du savoir-faire et geler la production au niveau technique atteint dans ces conditions peut être une grave erreur et tout simplement provoquer la perpétuation de l'état d'arriération. Dans chaque pays, la recherche, outre d'acheter des techniques de pointe, doit sans tarder en assimiler le contenu technique et tout mettre en oeuvre pour assurer la continuation des progrès réalisés dans ce sens.

82. On peut considérer que la recherche menée dans un pays donné n'entre en concurrence avec l'achat de savoir-faire à l'étranger que s'il est possible d'affecter indifféremment les mêmes crédits au financement de la recherche ou à l'achat de savoir-faire étranger. Lorsque les deux types de financement sont dissociés, alors seul un établissement de recherche ou un dirigeant responsable peut établir une comparaison utile entre les deux possibilités, à savoir recherche ou achat de savoir-faire.

83. Evaluer les projets de recherche cas par cas ne suffit pas; il s'impose aussi d'adopter une stratégie globale en matière d'allocation des ressources consacrées à la recherche. L'un des éléments d'une telle stratégie c'est la politique en matière de personnel qu'il convient d'intégrer aux besoins d'ensemble du pays ou de la région. Cette politique doit conjuguer une certaine stabilité (utile en matière de recherche et de développement) et quelque mobilité (qui assure un renouvellement du personnel, également favorable à l'efficacité). L'allocation de fonds doit être justifiée par les objectifs qu'a définis l'industrie des matériaux de construction.

## 2. Renforcement du potentiel scientifique et technologique

84. Il serait illusoire d'analyser les priorités en matière de recherche si l'on ne disposait pas d'un potentiel scientifique et technologique suffisant. Le renforcement de ces possibilités scientifiques et technologiques est donc en lui-même une tâche hautement prioritaire.

85. Ces besoins ont déjà fait l'objet de recherches à maintes reprises, entre autres par l'ONUUDI; la quatrième Conférence générale de l'ONUUDI qui s'est tenue à Vienne du 2 au 18 août 1984 a examiné les progrès accomplis et les tâches exécutées dans ce domaine. Une partie des principales déclarations et recommandations relatives au problème et un document de base sur la question sont mentionnés et résumés ci-après et l'on peut supposer qu'ils seront parfaitement valables également pour l'industrie des matériaux de construction.

"L'écart entre les pays développés et les pays en développement dans le domaine du développement technique en fait des partenaires inégaux dans les relations économiques internationales. Les coûts et les conditions du transfert de technologies sont souvent élevés. Un choix inapproprié de technologie non seulement entraîne du gaspillage mais peut aussi fausser la structure du développement industriel, économique et social. Le renforcement des capacités techniques est une condition préalable à l'acquisition et à l'application des techniques importées et au développement d'une technologie endogène. La manière dont on applique la technologie a des incidences considérables sur le processus de développement.

La plupart des pays en développement se rendent remarquablement bien compte de l'importance de la technologie pour le développement mais s'intéressent peu au choix de la technologie aux niveaux micro et macro-économiques. Au niveau micro-économique, qui est celui de l'entreprise, le choix est difficile parce qu'on ne dispose pas d'une information traitée et qu'on ne possède pas de capacité d'évaluation. De plus, les pouvoirs publics interviennent assez rarement par des mesures politiques ou des décisions relatives à l'industrie ou aux importations concernant de grands projets. Le choix entre toutes les options est en outre entravé par des facteurs tels que l'investissement étranger et la disponibilité de crédits de tel ou tel autre pays ou fournisseur de matériel. Comme il n'existe ni services nationaux de consultants ni équipes pluridisciplinaires formés à l'évaluation technologique ou que ces services ou ces équipes n'interviennent pas, il en résulte un goulet d'étranglement considérable. C'est pourquoi la refonte des centres d'information industrielle et

technologique existants et l'encouragement à la création de moyens de consultation doivent être envisagés non point tant comme des éléments généraux d'infrastructure que comme des facteurs clefs d'un meilleur choix de technologies pour le pays en question. Dans la situation actuelle, le choix de la technologie et les difficultés inhérentes à ce processus plaideraient en faveur de la reconnaissance de son importance dans nombre de décisions prises par les pouvoirs publics et d'un choix délibéré, tout au moins dans le cas de projets importants et stratégiques.

Au niveau macro-économique, une évaluation ou au moins une prise de conscience de l'incidence de technologies données sur la société et de leur contribution à la satisfaction de besoins de développement précis est indispensable et doit se traduire par des décisions mûrement réfléchies sur le "dosage technologique" à adopter. L'absence d'une approche d'ensemble du choix de la technologie a eu des incidences sur la structure de l'industrialisation et la création d'emplois dans les pays en développement.

La plupart des pays en développement ont créé des centres de recherche de divers types univalents et polyvalents. Des centres de formation scientifique de recherche fondamentale ont également été constitués. Des universités de plusieurs pays en développement ont commencé à jouer un rôle dans le développement de la technologie endogène. Certains pays préparent également la création de réserves scientifiques. Les gouvernements de plusieurs pays en développement favorisent la technologie endogène grâce à divers encouragements tels que des avantages fiscaux, des procédures simplifiées pour les accords de licences, des encouragements financiers, des fonds spéciaux pour soutenir les créations et innovations de caractère endogène. Dans certains pays, la législation des brevets a été modifiée pour éliminer les restrictions sur le développement ou l'utilisation de la technologie. D'une manière générale, la plupart des activités de recherche et de développement se poursuivent dans des centres d'Etat, bien que, dans quelques pays en développement, ces centres aient été créés au niveau de l'entreprise ou à l'échelon industriel. Quelques pays également préconisent plus particulièrement la recherche et le développement sur le plan local en tant que condition d'importation de la technologie. Un certain nombre de pays ont également créé des centres de normalisation, de vérification et de contrôle de la qualité, qui font partie de l'infrastructure du développement technologique.

Quant aux innovations technologiques en général, tous les pays en développement doivent prendre des mesures à court et à long terme. Les mesures à court terme seraient les suivantes : prévision et évaluation de l'impact socio-économique des innovations techniques, choix mûrement réfléchi des techniques et du matériel à importer, et renforcement du pouvoir de négociation lors de l'acquisition de ces techniques. Ces mesures doivent être prises de toute urgence de manière à ce que l'infrastructure industrielle et technologique ne soit pas irréversiblement faussée dès le début. Les mesures à long terme devraient viser à renforcer les moyens technologiques et demandent que l'on fasse preuve d'imagination en vue d'appliquer les innovations technologiques à l'élévation du niveau de vie et du niveau technique général de la population. Ces mesures devraient être prises dans le cadre d'une stratégie et s'accompagner, si nécessaire, de changements structurels dans le développement industriel et économique du pays, eu égard à ses objectifs de développement.

Etant donné que les conditions varient selon les pays en développement et que l'on ne peut préconiser de méthode uniforme, les pays auront peut-être à adopter des formules sélectives et différenciées et à prendre individuellement des décisions concernant le point d'entrée, le degré de pénétration, les sources d'approvisionnement, l'interaction des technologies, les moyens de mise en oeuvre, etc. Il n'en reste pas moins que dans une économie mondiale interdépendante, tous les pays doivent rester ouverts aux possibilités qu'offre la technologie. Quel que soit le niveau de développement, un minimum de compétences est nécessaire pour assimiler des technologies nouvelles dans des délais réalistes et pour mettre sur pied des groupes nationaux efficaces à cette fin.

Les répercussions sociales de l'introduction d'une technologie de pointe doivent être examinées soigneusement par chaque pays selon son contexte socio-économique. Les possibilités qu'offrent les techniques de pointe doivent figurer dans la gamme des options technologiques existantes, allant des techniques classiques aux techniques d'avant-garde. Les pays en développement devront peut-être adopter et gérer une palette technologique propre à donner les meilleurs résultats eu égard aux objectifs, problèmes et contraintes de chacun d'eux.

Il faut, pour les années 80, définir un cadre d'action au niveau national qui permette à la fois d'intégrer les options en matière d'innovations technologiques et les politiques ou mesures existantes en matière de

technologie, et de corriger les insuffisances de ces dernières. L'élaboration d'un tel cadre doit être considérée comme l'une des principales tâches incombant aux gouvernements des pays en développement dans les années 80.

Quels pourraient être les éléments de ce cadre d'action au niveau national ? A cet effet, il serait peut-être nécessaire de disposer d'un mécanisme d'appui comprenant au minimum, un groupe interdisciplinaire de 6 à 12 administrateurs occupant des postes approchant un échelon élevé de décision. Pour les questions de caractère spécialisé, on s'adressera à des économistes, chercheurs, technologues, spécialistes des sciences sociales, analystes de systèmes, spécialistes des questions bancaires, industriels, gestionnaires, etc.

Les aspects à prendre en considération dans l'élaboration de ce cadre sont notamment le perfectionnement des technologies endogènes; l'intégration des politiques et mesures en matière de technologie aux secteurs industriels; la mise en valeur des ressources humaines; la structuration et la gestion de la demande; la rationalisation et le développement d'organismes technologiques - l'accent étant mis sur leur pertinence, leur efficacité et leur interaction.

Une nouvelle formule possible pour les pays en développement consisterait à mettre en place, individuellement ou collectivement, des mécanismes appropriés en vue de prévoir, suivre et évaluer l'évolution technologique et ses implications pour le développement économique et social, ainsi que de concevoir, élaborer et appliquer des politiques visant à maximiser les avantages potentiels offerts par les techniques nouvelles et à éviter les inconvénients qu'elles pourraient présenter. Une telle évaluation devrait constituer un important apport pour la planification du développement industriel, technique et général, pour la définition de politiques industrielles, technologiques, commerciales et fiscales, et pour la prise de décisions en matière de projets industriels. Ces résultats devraient également servir à déterminer dans quelle mesure les techniques nouvelles pourraient revitaliser le processus de développement dans des secteurs délicats.

Les innovations technologiques accroissent encore la nécessité d'allouer davantage de ressources à la science et à la technique dans les pays en développement. Il y a une dizaine d'années, on estimait que ces pays devraient consacrer au moins 1 % de leur PNB à la recherche-développement. On considère aujourd'hui qu'ils devraient s'efforcer de lui affecter 1,5 % de leur PNE jusqu'en 1990 et 2 % au moins en l'an 2000."

86. Bien que les directives ci-dessus aient un caractère général et qu'elles ne doivent pas être considérées comme propres à l'industrie des matériaux de construction, elles peuvent s'appliquer sans réserves à ce secteur industriel.

3. Renforcement des organismes de recherche sur les matériaux de construction

87. Le chapitre II fournit un exposé général de la recherche dans les industries de matériaux de construction. La section 5.2 a défini une politique générale visant à renforcer les potentiels scientifiques et technologiques des pays en développement pour leur développement industriel. La présente section 5.3 s'attache plus spécialement aux problèmes spécifiques des organismes de recherche concernant les matériaux de construction.

88. Contrairement à de nombreux autres sous-secteurs industriels où la recherche est effectuée par l'industrie elle-même, publique ou privée, dans les industries de matériaux de construction et de construction, il existe habituellement des organismes de recherche publics, même dans la plupart des pays développés de type le plus libéral (par exemple, aux Etats-Unis et au Canada). La raison de cette situation est la fragmentation structurelle de cette industrie. Dans tous les pays on trouve un grand nombre d'entrepreneurs et de fabricants de matériaux de construction d'importance modeste qui se heurtent à des problèmes techniques très semblables. Ces entreprises et ces manufactures de petites dimensions ne sont pas à même d'organiser chacune un service de recherche pour résoudre leurs problèmes; ce service doit être assuré par des organismes de recherche centraux. Les organismes centraux de recherche peuvent être organisés par une association d'entrepreneurs et de fabricants; ces organismes existent au Royaume-Uni (CIRIA, TRADA, BSRIA, etc.), en France (CEBTP), en Belgique (CSTC) et dans d'autres pays. Les organismes de recherche centralisés peuvent donc être des institutions publiques ou semi-publiques. Dans les pays à économie planifiée, les institutions de recherche sont habituellement des organisations d'Etat.

89. Les grandes sociétés spécialisées dans le ciment, le fer ou la brique sont capables d'organiser une recherche au sein de leur propre entreprise. En règle générale, on peut dire que lorsque la recherche peut être effectuée par l'industrie elle-même, il doit en être ainsi et l'Etat ne doit intervenir que dans les domaines où on ne peut compter sur aucune activité effective de l'industrie. Ici encore on peut estimer en règle générale que des organismes de recherche gouvernementaux et industriels doivent recevoir un soutien approprié bien qu'il soit nécessaire de procéder à un ajustement périodique de leur importance en fonction des besoins.



90. Il convient d'assurer un financement suffisant de la recherche; l'industrie doit participer financièrement à toutes les recherches qui servent directement ses intérêts et le gouvernement ne doit financer ces activités que lorsque l'intérêt de l'industrie est trop indirect ou éloigné. Il faut également soutenir la recherche dans les universités et de nombreux pays peuvent se féliciter de l'excellente expérience dont ils ont bénéficié grâce aux instituts de recherche rattachés d'une manière ou d'une autre à des universités.

91. Dans de nombreux pays, une combinaison de la recherche sur les matériaux de construction et de la recherche relative à la construction proprement dite dans le même institut de recherche s'est révélée une solution satisfaisante, et des organisations de ces types méritent d'être maintenues également à l'avenir dans les cas appropriés. Si l'importance des activités de recherche exige une forte spécialisation dans divers domaines, on peut alors recommander la création d'instituts de recherche de caractères différents. La recherche concernant les matériaux de construction inorganiques (ciment, béton, briques, etc.) et la recherche concernant les produits du bois peuvent s'organiser en ce cas dans deux institutions de recherche différentes.

92. Les priorités en matière de recherche ne peuvent faire l'objet d'une sélection que s'il existe une politique de développement stratégique globale pour les industries de matériaux de construction. C'est seulement lorsqu'auront été définis les objectifs d'ordre quantitatif et qualitatif que doivent atteindre les industries de matériaux de construction qu'il sera possible de fixer des priorités en matière de recherche. Les potentiels de développement inhérents aux industries de matériaux de construction existantes feront l'objet d'évaluations et les écarts entre les besoins et les potentiels devraient être comblés grâce à des importations ou des investissements de capitaux et à la recherche. L'établissement de programmes de recherche dépend donc des plans de développement économiques; ceux-ci à leur tour dépendent également de la recherche.

93. Les politiques de développement des industries de matériaux de construction sont tributaires de nombreux facteurs dont la recherche ne constitue qu'un seul d'entre eux. La recherche en elle-même (même la recherche satisfaisante) n'est pas suffisante pour permettre de formuler des politiques de développement économique. En revanche, il faut instituer des dispositifs appropriés pour permettre également à la recherche d'apporter sa contribution à de tels processus de prise de décisions, grâce aux avis et conseils qu'elle fournit à ce sujet. Le développement des institutions de recherche exige des chercheurs ayant une

parfaite formation professionnelle. Les pays en développement ont réalisé des progrès importants en matière d'éducation et de formation; il s'agit évidemment d'un processus continu qui doit recevoir également un soutien suffisant à l'avenir.

#### 4. Information, documentation, études techniques, services de consultants

24. On a souvent déclaré qu'il est rare de rencontrer dans les pays en développement des cas où la recherche relative aux matériaux de construction doit s'effectuer sous forme d'une recherche fondamentale; dans la plupart des cas il s'agit d'une recherche appliquée, d'un développement ou d'une adaptation technique des connaissances existantes aux conditions autochtones/locales. Pour cette seule raison il est très important d'assurer l'établissement et le fonctionnement de centres de documentation ainsi que de services d'information et de consultants techniques. Un autre facteur essentiel est l'étendue du pays (sa superficie et population), ainsi que ses ressources financières et les caractéristiques des matériaux de construction et des industries de construction régionales. De nombreux pays sont trop petits et manquent de ressources suffisantes pour établir et maintenir des organismes de recherche importants et complexes. Dans un grand nombre de domaines, ils doivent compter sur la recherche étrangère et pour cela ils doivent disposer "d'ouvertures" par lesquelles ces connaissances peuvent de l'extérieur peuvent passer, être adaptées et mises en oeuvre. Des organismes de recherche sur la construction et leurs services de documentation doivent être créés pour cette tâche.

25. La recherche concernant les matériaux de construction doit comprendre le transfert de connaissances acquises et l'utilisation des résultats de la recherche. Les gouvernements et les centres de recherche doivent accorder un ordre de priorité élevé à l'instauration de méthodes appropriées pour mettre en application ce processus. Des projets expérimentaux, des expositions, des cours de formation, des contrats et une coopération avec l'industrie, un soutien moral et financier, la promotion par les grands moyens d'information et la documentation professionnelle, les affiches, les aides audiovisuelles, les diaporamas, les films, les brochures et les dépliants, tels sont notamment certains des nombreux moyens qui peuvent être utilisés pour atteindre l'objectif des applications pratiques. Des pays (comme l'Inde) ont de bonnes expériences dans ce genre d'activités. Dans d'autres pays (par exemple certains pays d'Afrique), ces expériences sont plutôt négatives : les gens tendent à considérer avec méfiance

les innovations venant du monde extérieur et les efforts pour appliquer les résultats de la recherche se terminent souvent par des échecs. Ces expériences négatives doivent faire l'objet d'études approfondies qui permettent de déterminer les éléments à modifier pour obtenir de bonnes utilisations pratiques.

5. Réglementation, normalisation

96. Dans plusieurs pays en développement, les activités de réglementation remontent à des années relativement récentes. Dans certains pays, les normes venant de pays étrangers (BSI (Institut britannique de normalisation), AFNOR (Association française de normalisation), DIN (Comité allemand de normalisation), ANSI (American National Standard Institute)) peuvent même être acceptées simultanément comme dans les pays d'où elles viennent.

97. Le développement des industries de matériaux de construction exige que chaque pays ait ses propres normes et codes de construction. Ce travail de réglementation peut être effectivement préparé par les instituts de recherche (activités de prénormalisation, de préréglementation) et dans les organismes de recherche ces tâches ont un ordre de priorité élevé. Dans le cadre de cette normalisation et de ces réglementations (codes, statuts), trois erreurs sont à éviter, à savoir :

- i) Que les normes et les codes soient établis sans que l'on tienne compte des normes et des codes existants déjà dans d'autres pays et organisations internationales (ISO). Ceci pourrait également bloquer les importations et exportations en raison de divergences existant dans les normes et codes;
- ii) Que les normes et codes soient simplement copiés sur des normes existantes sans qu'il soit dûment tenu compte des conditions propres au pays;
- iii) Que les niveaux des besoins et des réalisations soient établis à partir de normes étrangères, ici encore sans que l'on tienne suffisamment compte des conditions propres au pays. Du fait de ces erreurs, la construction sera inutilement plus coûteuse ou bien la conception et l'exécution des bâtiments ne s'appuieront pas sur ces normes mais ne tiendront compte que des conditions correspondant au pays (locales).

## 6. Coopération internationale

98. La coopération internationale apporte des avantages aux instituts de recherche dans les pays développés comme dans les pays en développement. Dans ces derniers toutefois, la coopération internationale a certaines caractéristiques spécifiques. Les organismes de recherche importants et modestes, riches et pauvres, contribuent tous au renforcement des connaissances humaines réunies. Malgré cela, il est évident que des organismes nouveaux, modestes et dotés d'un équipement médiocre n'obtiendront pas de résultats substantiels avant un certain temps. La contribution totale de nouveaux organismes d'importance modeste peut être très considérable et elle ne pourra que se développer progressivement.

99. Certains grands pays en développement (la Chine, l'Inde, le Brésil, etc.) pourront financer la recherche concernant les matériaux de construction sur une large échelle et la part des pays en développement dans la recherche globale relative aux matériaux de construction augmentera en conséquence au cours des années. Dans les régions comportant un certain nombre de pays de faible et moyenne étendue, les centres de recherche et/ou de documentation sous-régionaux peuvent accroître leur efficacité.

100. La coopération entre les organismes de recherche peut s'organiser sur une base bilatérale ou multilatérale; dans ce dernier cas, cette coopération peut être sous-régionale, régionale ou globale. Ces diverses formes ne sont pas en concurrence entre elles mais sont plutôt complémentaires. La coopération internationale est soutenue par les organisations de l'ONU (ONUDI, UNESCO, le CNUEH, les Commissions économiques régionales de l'ONU) et d'autres organisations intergouvernementales.

101. Il est important que les instituts de recherche eux-mêmes puissent coopérer à leur propre niveau, ce qui peut également s'effectuer sur des bases bilatérales ou multilatérales. La participation aux activités d'organisations professionnelles internationales non gouvernementales (ONG) est extrêmement importante pour les instituts de recherche et leurs chercheurs. Une telle participation leur fournit en retour des expériences provenant de l'étranger qui peuvent accroître considérablement l'efficacité de leurs propres recherches. Le CIB (Conseil international du bâtiment pour la recherche, l'étude et la documentation) et le RILEM (Union internationale de laboratoires d'essais et de recherches sur les matériaux et la construction) sont les deux organisations les plus importantes et les plus complexes dans ce domaine; certaines autres (dans le domaine du béton, du bois

de construction, etc.) ont un champ d'action plus limité et exactement pour cette raison peuvent avoir une grande valeur pour les chercheurs spécialisés dans de tels domaines.

102. Les gouvernements doivent veiller à ce que les organismes de recherche sur les matériaux de construction et leurs chercheurs puissent participer à la coopération internationale d'un niveau approprié. Des organisations internationales (ISO, CIB, RILEM, CEB, etc.) doivent constituer des fonds qui serviront à aider les instituts de recherche sur les matériaux de construction et leurs chercheurs à participer à une coopération internationale (grâce à l'octroi de bourses de voyage, bourses d'études, à la fourniture gratuite d'exemplaires de documentation, au financement d'autres dépenses, etc.).

#### VI. RESUME - CONCLUSIONS

103. On peut prévoir de façon pratiquement certaine que les besoins concernant les matériaux de construction deviendront plus importants dans les pays en développement au cours des prochaines décennies. Il convient de faire les efforts voulus pour que le plus grand pourcentage possible de la population continue à utiliser les matériaux disponibles dans les pays mais la croissance de la population et l'inévitable processus d'urbanisation accroîtront la demande de façon substantielle. Les ressources locales diminuent dans certaines régions et il faudra faire meilleur usage de ce qui est disponible. Un nombre croissant de familles devront pouvoir disposer de matériaux de construction. Le développement de l'industrie, des villes et des villages augmentera la demande de matériaux de construction.

104. Aucun pays ne peut compter dans une trop grande mesure sur les importations de matériaux de construction. Chaque pays a certains types de ressources autochtones qui peuvent être utilisées pour la fabrication de matériaux de construction. Cette production doit être développée dans les sous-secteurs non institutionnalisés (non monétaires) et dans les sous-secteurs institutionnalisés (monétaires). Les investissements de capitaux privés et publics doivent intervenir pour permettre d'atteindre de hauts niveaux dans la production des matériaux de construction.

105. Un élément important qui peut contribuer à ce processus serait celui de la recherche et du développement technique. La recherche intéressant l'industrie des matériaux de construction et l'industrie du bâtiment doit faire l'objet d'une attention suffisante de la part des gouvernements et des secteurs privés. Elle doit être organisée d'une façon appropriée en fonction des caractéristiques (dimensions, etc.) du pays. Elle peut devenir efficace si ses sujets sont choisis comme il convient. Enfin, il faut définir les priorités en matière de recherche de façon à obtenir l'efficacité optimale.

106. Le choix des priorités en matière de recherche doit tenir compte de certaines tendances générales (amélioration de la solidité, etc.) ainsi que des conditions locales ou autochtones. Les recherches doivent être orientées en vue de déterminer dans quels domaines la recherche a des chances d'obtenir les meilleurs avantages et quels sont les domaines pour lesquels les importations ou l'octroi de licences (achat des procédés techniques) peuvent constituer la solution la plus valable.

107. La recherche dans les industries de matériaux de construction et dans l'industrie du bâtiment doit se poursuivre pratiquement dans tous les pays mais ne doit pas aboutir à des tendances autarciques dans ce domaine. En effet, l'efficacité de la recherche peut être accrue considérablement grâce à la coopération internationale. Celle-ci peut prendre de nombreuses formes et il convient d'utiliser de façon appropriée les différentes possibilités.

ANNEXES

Annexe 1 : Liste sélective de 130 institutions dont l'importance est plus nationale qu'internationale et qui poursuivent des activités de recherche sur les matériaux de construction

Annexe 2 : Choix de bibliographie

Annexe 3 : Choix de pages extraites de traités sur "Les méthodes d'évaluation des projets de recherche-développement" publiées par "l'Association européenne pour l'administration de la recherche industrielle"

ANNEXE 1

Liste sélective de 130 institutions dont l'importance  
est plus nationale qu'internationale et qui  
poursuivent des activités de recherche  
sur les matériaux de construction

Le nombre d'organismes poursuivant des activités de recherche concernant les matériaux de construction est assez considérable, en fait atteint plusieurs centaines d'organismes. On trouvera ci-joint une liste sélective qui se limite à 130 institutions. Ne sont inscrites seulement que les institutions qui poursuivent des activités de recherche et dont les opérations intéressent essentiellement le pays où elles résident sans avoir de portée internationale. Pour d'autres institutions, il est fait mention des publications suivantes :

1. Guide des sources d'information de l'ONUDI (publié par l'ONU/ONUDI, New York, sous forme d'une série de brochures). Celles qui ont trait plus spécialement aux matériaux de construction sont les suivantes :
  - No 2 - Industrie du ciment et du béton
  - No 9 - Conseil de construction utilisant le bois et d'autres matériaux fibreux
  - No 16 - Industrie du fer
  - No 17 - Industries de la céramique

Le contrôle de la qualité est étroitement lié à la recherche; il est traité dans la publication suivante :

  - No 6 - Contrôle de la qualité industrielle
2. Répertoire des organisations de recherche, d'information et de développement concernant le bâtiment; édité et publié par le Conseil international du bâtiment pour la recherche, l'étude et la documentation - CIB; la quatrième édition (publiée en 1979) comporte des informations détaillées relatives à plus de 600 institutions. La cinquième édition sera publiée à la fin de 1984.
3. The World of Learning (Le monde de l'enseignement) (Europe Publications Ltd., London); il s'agit d'un répertoire des universités et organisations scientifiques.



AFRIQUE

Algérie	Institut national d'études et de recherches en bâtiment (INERBA), Alger (réorganisé récemment)
Bénin	Centre national d'essais et de recherches des travaux publics, Cotonou
Cameroun	Ecole polytechnique, Yaoundé
Congo	Laboratoire national d'essais et des travaux publics, Brazzaville
Côte-d'Ivoire	Laboratoire du bâtiment et des travaux publics, Abidjan
Egypte	General Organization for Housing, Building and Planning Research, Le Caire
Ethiopie	Université d'addis-Abeba, Addis-Abeba
Ghana	Building and Road Research Institute, Kumasi Forest Products Research Institute, Kumasi
Kenya	Building Research Centre, Nairobi University of Nairobi, Nairobi
Libye	Université de Al-Fateh, Tripoli
Maroc	Laboratoire public d'essais et d'études, Rabat
Nigéria	Forestry Research Institute, Ibadan University of Lagos, Lagos University of Ife, Ile-Ife Ahmadu Bello University, Zaria College of Technology, Owerri
Ouganda	Technical College, Kampala
Somalie	National Somali University, Mogadishu
Soudan	Building and Road Research Institute, Khartoum
Tanzanie	National Housing and Building Research Unit, Dar es-Salam University of Dar es-Salam, Dar es-Salam
Togo	Centre de la construction et du logement, Lomé
Tunisie	Ecole nationale d'ingénieurs, Tunis
Zaire	Université de Lubumbashi, Lubumbashi
Zambie	Forest Products Research Division, Kitwe

ASIE  
(y compris la région du Pacifique)

Bangladesh	Housing and Building Research Institute, Dacca
Chine	Centre chinois de développement technologique du bâtiment, Beijing Institut de recherche des sciences du bâtiment de Shangai, Shangai Institut de recherche des matériaux du bâtiment, Beijing Institut de Beijing du verre et des céramiques fines, Beijing Institut d'information et de normalisation des matériaux de construction, Beijing
Corée	Technical Development Office, Séoul Korea Institute for Construction Technology, Séoul
Inde	Central Building Research Institute, Roorkee National Building Organisation New Delhi The Structural Engineering Research Centre, Madras Cement Research Institute of India, New Delhi Indian Institute of Technology, Kanpur
Indonésie	Directorate of Building Research and UN Regional Centre for Research on Human Settlements, Bandung Centre for Research and Development, Jakarta Ceramics Research Institute, Bandung
Iran	Building and Housing Research Centre, Teheran
Iraq	National Center for Construction Laboratories, Baghdad
Israël	Technion, Israël Institute of Technology Building Research Station, Haifa
Japon	Central Research Laboratory of Onoda Cement Co. Ltd., Tokyo
Jordanie	Building Research Center, Amman Yarmouk University, Irbid
Malaisie	University Pertanian Malaysia Serdang, Selangor
Nouvelle-Zélande	Forest research Institute Forest Research Institute, Rotorua
Pakistan	Building Research Station, Karachi Building Research Station, Lahore
Philippines	Cement Institute of the Philippines, Manila Forest Products Research and Development Institute, Laguna
Sri Lanka	Building Research Institute, Colombo

Thaïlande **Thailand Institute of Scientific and Technological Research, Bangkok**  
**Asian Institute of Technology, Bangkok**

Turquie **Building Research Institute, Ankara**  
**Technical University, Istanbul**

AMERIQUES  
(y compris la région des Caraïbes)

Argentine **Instituto del Cemento Portland Argentino, Buenos Aires**  
**Instituto Nacional de Tecnología Industrial, Buenos Aires**

Brésil **Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado, Sao Paulo**  
**Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais, Minas Gerais**

Chili **Instituto de Investigaciones y Ensayos de Materiales, Santiago**

Colombie **Instituto Colombiano de Productores de Cemento, Bogota**

Cuba **Centro técnico de la Construcción y los Materiales, La Havane**

Equateur **Instituto de Investigaciones Tecnológicas, Quito**

Etats-Unis  
d'Amérique **National Bureau of Standards, Center for Building Technology, Washington D.C.**  
**Martin Marietta Laboratories, Baltimore, Maryland**  
**University of Washington, Seattle, Washington**  
**Purdue University, Lafayette, Indiana**  
**Northwestern University, Evanston, Illinois**  
**University of Illinois, Champaign, Illinois**  
**Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts**  
**University of California, Berkeley, California**  
**Glass Research Center, Pittsburgh, Pennsylvania**

Guatemala **Centro de Investigaciones de Ingeniería, Guatemala**

Jamaïque **Building Research Institute, Kingston**

Mexique **Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, Mexico D.F.**

Panama **Facultad de Arquitectura de la Universidad de Panama, Panama**

Paraguay **Instituto Paraguayo del Cemento, Asunción**

Uruguay **Instituto Técnico de Desarrollo Integrada, Montevideo**

Venezuela **Instituto Nacional de la Vivienda, Caracas**  
**Asociación Venezolana de Productores de Cemento, Caracas**

EUROPE

Allemagne, République fédérale d'	Forschungsinstitut der Deutschen Zementindustrie, Düsseldorf Agence allemande de coopération technique (GTZ), Eschborn Institut d'études internationales sur le logement, la planification urbaine et la construction, Darmstadt Université technique de Braunschweig, Braunschweig Université technique de Stuttgart, Stuttgart Université technique de Karlsruhe
Belgique	Centre de hautes études sur les établissements humains, Louvain Université de Mons, Mons Centre technique et scientifique de l'industrie belge du verre, Bruxelles
Bulgarie	Institut de recherches sur l'utilisation du verre et de la céramique dans la construction, Sofia
France	Centre d'étude et de recherche de l'industrie des liants hydrauliques (CERILH), Paris Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB), Paris Centre expérimental de recherches et d'études du bâtiment et des travaux publics (CEBTP), Paris Saint-Rémy-les-Chevreuses Groupe de recherche et d'échanges technologiques (GRET), Paris REXCOOP, Paris Laboratoires de recherches Lafarge, Trappes Centre technique des tuiles et briques, Paris Centre technique du bois et de l'ameublement (CTB), Paris Centre d'étude et de recherche de l'industrie du béton manufacturé (CFRIBO, Epernon)
Hongrie	Institut central de recherches et de conception de l'industrie des silicates (SZIKKTI), Budapest
Italie	Politecnico di Milano, Milan
Norvège	Institut norvégien de recherches sur le bâtiment, Oslo-Blindern Institut de recherches sur le ciment et le béton, Trondheim
Pays-Bas	Institut des matériaux de construction et des structures (TNO), Rijswijk Université de technologie, Eindhoven Université de technologie, Delft

Pologne	Institut de recherches sur les matériaux de construction et les matériaux liants, Opole Institut de l'industrie du verre et de la céramique, Varsovie
République démocratique allemande	Zementinstitut der VVB Zement und Beton, Dessau Institut für Baustoffe, Berlin Institut für Bau- und Grobkeramik, Berlin
Royaume-Uni	Building Research Establishment (BRE), Garston Cement and Concrete Association, Wexham Springs Timber Research and Development Association (TRADA) High Wycombe, Buckinghamshire British Ceramic Research Association, Stoke-on-Trent
Suède	Institut suédois de recherches sur le ciment et le béton, Stockholm Institut royal de technologie, Stockholm Université de Lund, Lund
Suisse	Centre suisse de technologie appropriée (SKAT), Saint-Gall
Tchécoslovaquie	Institut de recherches sur les matériaux de construction, Brno Institut de recherches sur le verre, Prague Institut de recherches sur la céramique, Plzen
Union des Républiques socialistes soviétiques	Institut d'Etat de l'Union pour la recherche scientifique dans l'industrie du ciment, Leningrad Institut de recherches scientifiques sur les roches et silicates, Erevan

ANNEXE 2

Choix de bibliographie

On trouve des bibliographies qui rassemblent plusieurs centaines de titres. La présente bibliographie se limite à certaines publications récentes, sous la forme d'anthologies, et aux publications qui ont servi directement à la rédaction du présent document et dont la lecture est vivement conseillée à ceux dont la tâche est de définir les priorités en matière de recherche dans l'industrie des matériaux de construction.

- Les Guides des sources d'information de l'ONUDI (voir annexe 1) contiennent des renseignements sur les sources d'information dans l'industrie des matériaux de construction.
- Logements économiques dans les pays en développement : matériaux, techniques de construction, éléments (Actes d'une conférence internationale tenue à Paris du 25 au 27 janvier 1983; Presses de l'Ecole nationale des ponts et chaussées, 344 pages).
- Appropriate Building Materials for Low Cost Housing in the African Region (Actes d'un colloque organisé par le CIB-RILEM à Nairobi en novembre 1983; E et F.N. Spon, Londres 1983, 524 pages).
- Méthodes d'évaluation des projets de R et D
  - Volume I - Evaluation et examen périodiques des projets (EIRMA, Paris 1970)
  - Volume II - Etablissement des courbes de cash flow et des paramètres associés compte tenu de l'incertitude (EIRMA, Paris 1973)
  - Volume III - Organisation d'une fonction d'évaluation de projets de R et D (EIRMA, Paris 1973)
  - Volume IV - Choix des critères de sélection en fonction des objectifs de l'entreprise (EIRMA, Paris 1973)
  - Volume V - Crédibilité du succès technique : sa définition, son expression et son utilisation (EIRMA, Paris 1973)
  - Volume VI - Sélection portefeuille des projets de recherche et de développement (EIRMA, Paris 1976)

Volume VII - Crédibilité du succès commercial : définition, estimation et intégration avec la crédibilité du succès technique (EIRMA, Paris 1975).

- Affectation des moyens de R et D (Association européenne pour l'administration de la recherche industrielle) (EIRMA, Paris 1975).
- Hannah Schreckenbach (+ Jackson G.K. Abankwa) : Techniques de construction pour les pays en développement tropicaux (publié par GTZ, l'Agence allemande de coopération technique, 338 pages).
- First World-Wide Study of the Wood and Wood Processing Industries (UNIDO Sectoral Studies Series No 2, UNIDO/IS.398, 1983, 195 pages).
- Renforcement du potentiel scientifique et technologique en vue de l'industrialisation des pays en développement (document thématique et document d'information de la quatrième Conférence générale de l'ONUUDI, 2-18 août 1984, 10 + 45 pages).
- Promotion de l'utilisation du bois dans la construction (CNUDI ID/WG.395/2, par M. Tejada; 25 mai 1983, 50 pages)
- G.C. Mathur : Use of Local Timber for Low-Cost Housing and Building Problems and Potentials (CIB Working Paper, 1984, 17 pages).
- Low-Cost and Energy Saving Construction Materials (Ed. : K. Ghavamy and H.Y. Fang; ENVO Publishing Co., 1984, 640 pages).
- New Horizons in Construction Materials (Ed. : H.Y. Fang; ENVO Publishing Co; 2 volumes 682 + 152 pages; 1984).
- Rapport de la Réunion des directeurs des établissements africains de recherche sur les matériaux de construction et le bâtiment (Commission des Nations Unies pour l'Afrique, 1980; E/CN.14/HUS/40).
- Anil Agarwal : Mud, mud (IIED - Earthscan Publication, 1981; 100 pages).
- R. Stulz : Appropriate Building Materials (SKAT publication, St. Gallen, Suisse, 1981; 325 pages).
- Brickmaking in developing countries (BRE Report, 1979, 90 pages)
- J. Keddie, W. Clegorn : Brick manufacture in developing countries (Scottish Academic Press Ltd., 1980; 134 pages).
- H.F. Gram, H. Persson, A. Skarendahl : Natural Fibre Concrete (SAREC Report, 1984; 139 pages).
- J.J.A. Janssen : Bamboo in building structures (University of Eindhoven, 1981; 235 pages).

ANNEXE 3

Choix de pages extraites de traités sur "Les méthodes d'évaluation  
des projets de recherche-développement" publiées par  
l'"Association européenne pour l'administration  
de la recherche industrielle

INTRODUCTION

L'évaluation d'une proposition de projet de recherche-développement pose trois questions importantes :

- a) Quel en sera le coût ?
- b) Quelle valeur auront les résultats d'un projet mené à bonne fin ?
- c) Quelles sont les chances de réussite du projet ?

De nombreuses méthodes ont été conçues et expérimentées pour quantifier les réponses aux points a) et b) et pour associer les aspects coûts et avantages d'un projet de recherche-développement dans une formule permettant de comparer différents projets et de choisir les plus prometteurs\*. Toutefois, la réponse à la question c) est souvent traitée de manière extrêmement subjective, on demande par exemple à l'auteur de la proposition de projet "d'estimer les chances de succès" ou à l'expert chargé d'évaluer le projet "de se fier à son intuition", à partir de l'expérience acquise à l'occasion de projets similaires. Pour répondre à la question c) de manière objective, il faut tenir compte de deux domaines d'incertitude :

1. Le projet atteindra-t-il le niveau de réussite nécessaire pour soutenir la commercialisation, et ce niveau de réussite technique sera-t-il obtenu dans les limites de temps et de dépenses prévues dans la proposition de projet pour mener à bien les travaux de recherche-développement ?
2. La commercialisation des résultats techniques prévue dans cette proposition de projet permettra-t-elle d'obtenir les avantages escomptés pour justifier les dépenses de recherche-développement et ces avantages seront-ils obtenus dans les limites de dépenses et de temps fixées dans la proposition de projet pour atteindre le niveau nécessaire d'activité commerciale ?

---

\* Groupe de travail de l'EIRMA, No VI, vol. II : "Determination of Cash-Flow Curves and Associated Parameters under Uncertainty".



En ce qui concerne l'auteur du projet, les réponses à chacune de ces questions doivent être "oui, autant que je sache" car, faute de quoi, il n'aurait pas présenté sa proposition dans sa forme actuelle. Quant à l'expert chargé de l'évaluation, il doit pour répondre à la question c) estimer dans quelle mesure les prévisions faites par l'auteur du projet sont correctes.

Le terme choisi pour représenter le résultat de cette estimation est crédibilité de succès et il ressort clairement des différentes questions énoncées en 1. et 2. ci-dessus que cette crédibilité de succès peut être subdivisée en :

- Crédibilité de succès technique;
- Crédibilité de succès commercial.

#### RESUME

La crédibilité de succès d'une proposition de recherche-développement se compose de deux éléments importants :

- Crédibilité de succès technique;
- Crédibilité de succès commercial.

Le volume V contient une définition de la crédibilité de succès technique et présente la méthode recommandée pour l'estimer, l'exprimer et l'utiliser. La crédibilité de succès technique est définie comme étant :

"Le degré de confiance que l'expert chargé d'évaluer le projet peut placer dans le succès technique du projet."

Il est nécessaire de délimiter soigneusement les domaines d'activités auxquels s'applique le terme de succès technique et de définir les critères de succès aussi quantitativement que possible. Ceci étant établi, le succès technique d'un projet de recherche-développement est défini comme :

"L'obtention d'un résultat prédéterminé dans les limites des dépenses et de temps également prédéterminés."

La crédibilité de succès est une expression qui n'est pas facilement appliquée aux projets de recherche exploratoire ou fondamentale. Elle convient mieux aux projets manifestement destinés à une application commerciale.

La crédibilité de succès technique est estimée en chiffrant les incidences de tous les facteurs qui contribuent au succès ou à l'échec technique d'un projet. Les méthodes à suivre pour estimer, exprimer et utiliser la crédibilité de succès technique sont illustrées dans l'appendice, en prenant une hypothèse à titre d'exemple. La méthode recommandée est la suivante :

- Chaque facteur ayant une incidence sur la crédibilité de succès technique doit être évalué par rapport à une échelle descriptive.
- Les indices descriptifs de chaque facteur devraient être établis par les sociétés intéressées en fonction de leurs besoins spécifiques.
- Les facteurs doivent être affectés d'un indice numérique par rapport à une échelle partant d'un indice défavorable de 1 vers des valeurs plus élevées. On recommande d'utiliser une échelle de 1 à 5.
- Les indices numériques de chaque facteur doivent être exprimés graphiquement. Les valeurs prédéterminées pour chaque indice doivent figurer sur le graphique, pour indiquer le moment où un facteur quelconque descend à un niveau considéré comme inacceptable.
- L'expression graphique des indices des facteurs doit être étudiée pour identifier les facteurs qui descendent en-dessous des niveaux acceptables. Tout facteur douteux doit être réexaminé soigneusement pour déterminer si une révision du projet par son auteur ou une affectation des ressources de la société peuvent porter les indices à un niveau acceptable. Ensuite, le total des indices doit être examiné et une décision prise sur la viabilité technique de la proposition.
- Si la proposition est acceptable après examen de la présentation graphique des indices, la valeur générale de la crédibilité de succès doit servir de mesure pour évaluer les chances de réussite du projet par rapport à d'autres.
- L'utilisation directe des valeurs numériques pour la crédibilité de succès technique dans le calcul d'un indice général de sélection exige une très grande prudence. Il est préférable d'utiliser la valeur numérique de crédibilité de succès technique uniquement pour comparer des projets concurrents du point de vue de leurs chances respectives de succès technique.

Les autres utilisations des renseignements obtenus en déterminant la crédibilité de succès technique permettent, d'une part, d'examiner l'état d'avancement des projets et, d'autre part, de dresser un tableau d'ensemble des activités de recherche et de l'affectation des ressources. Ces nouvelles applications n'ont pas encore été étudiées à fond.

## EXAMEN DES METHODES ACTUELLES

### Généralités

Les méthodes susceptibles d'être utilisées pour l'évaluation de projets de recherche-développement, et en particulier pour la sélection des projets et leur examen périodique, ont donné lieu à de très nombreuses publications. Bien que nous nous soyons limités essentiellement aux méthodes qui offrent un intérêt potentiel au niveau de l'entreprise, nous n'avons pu, en fait, analyser en détail tous les ouvrages publiés sur la question. Une brève sélection de références, comportant notamment des articles de synthèse, figure en bibliographie. Nous nous sommes efforcés, dans ce chapitre, de donner un aperçu succinct des principales caractéristiques des méthodes proposées et d'en présenter un examen critique en insistant plus particulièrement sur les types de critères de sélection appliqués.

Les méthodes décrites se divisent approximativement en deux grandes catégories :

- Méthodes de notation, dans lesquelles une note subjective est attribuée à chacun des facteurs pris en considération pour l'évaluation. On combine très souvent ces notations sous la forme d'une somme ou d'un produit pondéré afin d'obtenir un indice global de mérite.
- Méthodes de rentabilité, dans lesquelles on construit une fonction "d'utilité" plus ou moins spécifique, conçue pour fournir une mesure de l'attrait financier du projet.

### Méthodes de notation

La base essentielle de toute méthode de notation est constituée par une liste de contrôle, plus ou moins exhaustive, des divers facteurs à prendre en considération pour l'évaluation d'un projet. On trouve dans la documentation publiée une variété quasi infinie d'exemples, qui vont de listes extrêmement brèves, ne contenant pas plus d'une demi-douzaine de facteurs environ, jusqu'à de très longues listes pouvant comprendre une cinquantaine de facteurs, voire davantage.

Dans ce dernier cas, les différents facteurs sont souvent regroupés en classes ou familles (facteurs techniques, facteurs de fabrication, facteurs de commercialisation, facteurs financiers, etc.). Toutefois, ces regroupements paraissent très souvent assez arbitraires.

#### Cotation des facteurs

Une fois établie la liste de contrôle, on attribue à chacun de ses facteurs une note subjective. Dans la plupart des méthodes, on groupe les notes relatives à chaque facteur en un nombre limité de catégories, sur la base d'une échelle qui ne comporte habituellement pas plus de cinq échelons. On peut adopter des désignations purement qualitatives telles que, par exemple, pour une échelle à cinq échelons : très bon, bon, moyen, mauvais, très mauvais. Ou bien encore, on associe à chaque point de l'échelle une valeur numérique arbitraire. Rien n'oblige à adopter les mêmes échelles pour tous les facteurs. L'échelle choisie peut comporter un nombre différent d'échelons et les valeurs numériques associées aux échelons correspondants peuvent aussi être différentes; les écarts entre deux échelons successifs de l'échelle ne doivent pas non plus être forcément égaux. Dans certains cas, on préfère utiliser une échelle continue au lieu d'une échelle comportant un nombre discret d'échelons.

Dans la plupart des exemples cités dans la littérature, les notations sont établies en deux temps. On commence par établir, pour chaque facteur une échelle "intrinsèque" donnant les valeurs relatives des différents points de l'échelle correspondant à ce facteur; puis on évalue l'importance relative attachée aux divers facteurs, à l'aide d'un facteur de pondération attribué à chaque échelle. La plupart du temps, lorsqu'on applique ces méthodes, on adopte pour tous les facteurs des échelles identiques dont les échelons successifs sont généralement, mais pas toujours, séparés par des écarts égaux. Lorsque les facteurs sont regroupés en familles, l'attribution des poids se fait souvent par étapes : chacun des facteurs du groupe reçoit une note et un poids individuels et l'on combine les différents poids et notes pour déterminer la notation du groupe. On attribue aux groupes des poids dont la combinaison donne une notation d'ensemble. Les poids attachés aux facteurs ou aux groupes de facteurs sont ordinairement fondés sur des échelles normalisées de chiffres cardinaux, la somme des poids devant, par exemple, être égale à 100.

### Evaluation d'ensemble

Il existe diverses méthodes permettant de porter un jugement d'ensemble sur la valeur d'un projet à partir de cotations attribuées aux facteurs pris individuellement. A un extrême, on ne cherche pas à combiner les cotations et la décision s'appuie sur l'appréciation d'un "profil" des cotations individuelles. A l'autre extrême, certains réduisent toutes les cotations à un indice unique de mérite, qui est généralement une somme pondérée ou un produit pondéré établi sur la totalité des facteurs.

Le principal avantage de la méthode du profil tient à ce qu'elle permet une représentation graphique donnant une vue simultanée des cotations comparées d'un grand nombre de facteurs. C'est pourquoi, on la recommande souvent lorsqu'il s'agit de procéder à un tri préliminaire des projets proposés; cependant, cette méthode ne contribue pas beaucoup à faire explicitement apparaître les critères de décision effectivement appliqués. Certains auteurs justifient son utilisation par sa simplicité apparente; or, cette dernière est en grande partie illusoire car, pour utiliser efficacement un profil, il faut déterminer les cotations des différents facteurs aussi soigneusement que s'ils devaient être incorporés à un critère composé quelconque. La détermination des cotations attribuées aux facteurs est l'aspect le plus délicat des méthodes de notation.

### Problèmes posés par la détermination des échelles de cotation et des poids

L'établissement des échelles individuelles et l'adoption des poids relatifs pour les facteurs individuels procèdent d'une série de jugements de valeur qu'il est assez difficile de rendre explicites pour chaque projet. Cependant, si cette tâche n'est pas exécutée avec grand soin, la présentation des cotations risque de dégénérer en une suite de suppositions gratuites qui sera incompréhensible (ou pire encore mal comprise). Malheureusement, les articles publiés parlent très peu des difficultés qui peuvent surgir en la matière; ils examinent à peine comment l'utilisation de types différents d'échelles pour les cotations et les poids pourraient éventuellement se répercuter sur l'évaluation et ils n'évoquent même pas la question du meilleur choix à faire pour obtenir l'indice composé final de mérite. On s'accorde tacitement, semble-t-il, pour admettre que le choix d'une somme pondérée est en quelque sorte naturel et inéluctable. De rares auteurs ont proposé un produit pondéré sans remporter apparemment un grand succès, vraisemblablement parce qu'il est plus facile d'additionner que de multiplier. En tout état de cause, aucun argument n'est avancé en faveur de l'adoption de l'un ou l'autre des procédés.

Il faut bien se rendre compte que tout indice de mérite utilisé pour évaluer un projet est en fait une fonction "d'utilité" choisie pour représenter l'attrait que le projet offre pour l'entreprise. De par sa structure, la forme choisie pour l'indice de mérite reflète inévitablement certaines préférences qu'il vaudrait mieux introduire explicitement et non implicitement par le choix d'une forme mathématique donnée. Par exemple, un critère ayant la forme d'une somme favorise les valeurs extrêmes, par rapport à un critère ayant la forme d'un produit ( $2 + 9 > 4 + 5$  mais  $2 \times 9 < 4 \times 5$ ). En outre, un critère "produit" est équivalent à un critère "somme" dans le cas d'échelles logarithmiques. Une certaine méfiance s'impose donc vis-à-vis des indices de mérite composés recommandés dans bien des méthodes de notation. En général, leur apparente "évidence" donne l'impression qu'il est inutile d'en analyser la signification, alors qu'en fait, les hypothèses tacites de départ n'ont rien d'évident. La question du choix des échelles et des critères mériterait d'être clarifiée.

#### Avantages et faiblesses des méthodes de notation

En principe, les méthodes de notation sont essentiellement conçues pour classer des projets par ordre de mérite mais on peut difficilement en tirer des éléments d'appréciation sur la valeur intrinsèque d'un projet. De ce fait, elles se prêtent mal à la sélection des projets, puisqu'elles sous-entendent que tous les projets soumis à l'évaluation méritent intrinsèquement d'être entrepris. Cela peut être en effet le cas, mais on souhaite généralement s'en assurer d'abord. Qui plus est, faute d'indications sur la valeur intrinsèque des projets, il est difficile de juger si l'insuffisance des ressources disponibles impose le rejet de projets intéressants. On peut évidemment essayer d'éliminer cette difficulté en définissant les seuils limites d'acceptation pour les valeurs de l'indice de mérite composé dont on se sert. Mais la marche à suivre à cet égard reste obscure et les ouvrages publiés sont encore remarquablement discrets sur ce point; au mieux, les auteurs citent un chiffre correspondant à un système particulier dans un contexte spécifique mais ils ne disent pas comment le chiffre a été choisi. Cet aspect soulève à nouveau la question de signification de l'indice de mérite utilisé et souligne l'intérêt qu'il y a à approfondir l'étude de ce sujet.

D'une manière générale, les méthodes de notation ne tiennent pas compte de l'incertitude affectant les notes et poids estimés. Nous n'avons trouvé dans les ouvrages consultés qu'un exemple isolé d'un cas où, au lieu d'attribuer une seule note à un facteur, l'auteur associe une crédibilité à chacune des valeurs possibles et prend la valeur espérée comme notation de ce facteur. Ce procédé

pas, semble-t-il, à côté du but recherché. En dehors même de la question de savoir si l'utilisation des valeurs espérées est théoriquement fondée ou non, il est inutile d'associer une incertitude à chaque facteur, sauf si on doit ainsi aboutir à un intervalle de valeurs pour l'indice de mérite final. Le seul moyen réaliste de procéder de la sorte serait d'employer une technique de simulation du type décrit au chapitre 2, afin d'obtenir les différentes valeurs possibles de l'indice de mérite et les crédibilités qui leur sont associées. Nous n'avons trouvé aucun exemple de ce genre de méthode, qui doit, sans doute, être laborieuse.

Les méthodes de notation présentent une autre difficulté; si les facteurs financiers figurent bien dans les listes de contrôle, ils n'apparaissent cependant pas en valeur absolue dans les notations et ils risquent ainsi d'être perdus de vue. Il s'agit naturellement là encore d'une conséquence du fait que l'indice de mérite est dénué de signification financière directe.

Le plus gros atout des méthodes de notation réside dans l'utilisation formelle d'une liste de contrôle qui oblige à faire explicitement entrer en ligne de compte tous les facteurs identifiés. Outre qu'il évite les oublis accidentels et les jugements superficiels, ce procédé permet aux divers secteurs de l'entreprise qui prennent part à l'exercice d'évaluation d'harmoniser beaucoup plus aisément leurs points de vue respectifs.

#### Méthodes de rentabilité

Ces méthodes font reposer l'évaluation sur une fonction d'utilité économique bien définie qui est censée traduire la mesure dans laquelle le projet ouvre à l'entreprise des perspectives financières favorables. Soulignons d'emblée qu'on n'a pas encore réussi à définir une fonction d'utilité globale et que la plupart des méthodes proposées fournissent pour l'indice de mérite une formule qui ne reflète habituellement qu'un aspect particulier des conséquences économiques découlant de l'exécution du projet.

- - - - -

