



**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)

with  
09461

Distr.  
LIMITEE

UNIDO/IOD. 335/SUMMARY  
8 avril 1980

FRANÇAIS  
Original: ANGLAIS

ORGANISATION DES NATIONS UNIES  
POUR LE DEVELOPPEMENT INDUSTRIEL

---

LA RENTABILITE DE L'EMPLOI DE L'ALUMINIUM  
(D'APRES L'EXPERIENCE DE LA HONGRIE)\*

UF/GLO/78/007

(exposé sommaire du texte original)

par

A. Bokor\*\*  
A. Domony\*\*\*  
I. Varga\*\*\*\*

\* Ce document a été reproduit tel quel.

\*\* Directeur technique adjoint. ALUTERV-FKI/Centre de recherche et de développement de l'institut hongrois de l'Aluminium/Budapest, Hongrie.

\*\*\* Rédacteur en chef. Magyar Aluminium, Budapest, Hongrie.

\*\*\*\* Directeur de Division, Développement des produits finis de l'aluminium, ALUTERV-FKI, Budapest, Hongrie.

Les appellations employées dans cette publication et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part du Secrétariat de l'Organisation des Nations Unies, aucune prise de position quant au statut juridique de tel ou tel pays, territoire, ville ou région, ou de ses autorités, ni quant au tracé de ses frontières.

Les opinions exprimées dans le présent document sont celles des auteurs et ne reflètent pas nécessairement les vues du Secrétariat de l'ONUDI.

La mention dans le texte de la raison sociale ou des produits d'une société n'implique aucune prise de position en leur faveur de la part de l'Organisation des Nations Unies pour le développement industriel.

L'évolution de l'économie mondiale, et notamment la part que sont appelés à y prendre les pays en développement retient de plus en plus l'attention générale. L'importance de ce problème n'a pas échappé à l'ONUDI qui, très tôt, s'est rendue compte qu'un transfert massif de techniques modernes et de savoir faire constituait le moyen le plus efficace de servir les intérêts des pays en développement. C'est dans cet esprit que le Président de la Chambre de commerce hongroise et le Directeur exécutif de l'ONUDI ont signé, en octobre 1976, un accord pour lancer un programme commun de coopération dans le secteur de l'aluminium. Le présent document, établi dans le cadre dudit programme, expose sommairement l'accord original et traite de la rentabilité de l'emploi de l'aluminium.

### Objet de l'étude

Dans les pays relativement bien industrialisés, où dans les pays en développement qui n'ont pas de ressources suffisantes en métaux non-ferreux, tels que la Hongrie, l'Inde, l'Iraq et d'autres encore, l'aluminium peut remplacer utilement ces métaux.

Dans sa préface à l'étude, l'ONUDI a souligné que l'expérience que la Hongrie s'est acquise dans le remplacement des matériaux de construction, jointe à sa connaissance des techniques et au savoir faire qu'elle possède pourrait présenter un intérêt pour les pays qui se proposent de substituer l'aluminium à certains matériaux et de développer leur secteur industriel de l'aluminium. De même, l'expérience de la Hongrie, qui est parvenue à mettre au point un système efficace de promotion dans le cadre de la nationalisation de son industrie de l'aluminium peut présenter un intérêt pour d'autres pays.

L'étude expose les principales raisons pour lesquelles l'emploi de l'aluminium s'impose et donne des exemples de méthodes qui peuvent être retenues à cette fin. Elle est destinée à aider tous ceux qui se trouvent placés devant des problèmes et des tâches analogues.

L'étude — que l'on estime applicable à de nombreuses situations existant également dans d'autres pays — s'attache à l'interaction des divers facteurs économiques qui influent sur l'expansion de la consommation d'aluminium; elle se propose également de faire part des enseignements recueillis au niveau de l'exploitation et dans divers secteurs de consommation: on y trouve des exemples concrets de problèmes de conception de modèles, de fabrication, de prototypes et de production en série qui se posent tant en Hongrie qu'ailleurs et qui montrent comment on peut rechercher des solutions optimales en tirant le meilleur parti des ressources nationales et en utilisant le savoir faire obtenu à l'étranger. Dans sa conclusion, l'étude traite des problèmes d'organisation, de politique en matière de formation et d'enseignement scientifique qui sont essentiels si l'on veut encourager la consommation de l'aluminium.

Chaque chapitre contient des exemples, ceux-ci ne prétendant pas, bien entendu, être la panacée qui permettrait de résoudre tous les problèmes susceptibles de se poser.

Ces exemples ne doivent toutefois pas être considérés comme des modèles immuables à respecter rigoureusement. L'industrie hongroise de l'aluminium a pris naissance entre les deux guerres et il a fallu attendre la fin de la seconde guerre mondiale pour qu'elle devienne peu à peu ce qu'elle est devenue aujourd'hui. Il va sans dire que son existence même a dépendu d'un concours de circonstances particulières, à la fois politiques, économiques, culturelles et technologiques.

Nous pensons cependant que cette étude permettra de tirer quelques conclusions intéressantes, étant entendu que, dans chaque cas d'espèce, il faudra examiner avec soin la mesure dans laquelle cette expérience peut être valable pour d'autres pays ou régions.

## Chapitre 1

### CONSOMMATION MONDIALE ET SITUATION MONDIALE DES MATERIAUX DE CONSTRUCTION: CHIFFRES POUR LES DERNIERES DECENNIES ET PROJECTIONS JUSQU'A L'AN 2000

#### Augmentation de la consommation de 1935 à 1977

Grâce à des mesures d'encouragement efficaces, la consommation mondiale d'aluminium a monté en flèche au cours des 40 dernières années, dépassant de loin le rythme que les matériaux de construction classiques ont connu pendant la même époque. Cet essor a été particulièrement marqué de 1960 à 1970. Même si après 1970 la conjoncture des prix a légèrement ralenti cette tendance, il n'en reste pas moins que, comparé aux autres matériaux, c'est l'aluminium qui continue à présenter les taux de croissance les plus élevés qu'on ait jamais connus.

#### Prévisions de production et de consommation pour l'aluminium et les autres matériaux de construction jusqu'à l'an 2000

Tous les auteurs qui essaient de déterminer l'évolution de la tendance du marché de l'aluminium reconnaissent que l'augmentation spectaculaire de la consommation mondiale d'aluminium de 1960 à 1970 — laquelle a correspondu à un taux de croissance de 8 à 10% — tombera dans les prochaines années à la moitié de ce chiffre. Selon S. Moment [1] il est à prévoir que, de 1975

à 1985, la production annuelle d'aluminium passera, pour les pays industrialisés, de 9,1 millions à 19 millions de tonnes. Pendant cette même période, la capacité des fonderies d'aluminium des pays en développement quintuplera, passant de 800 000 à 4 millions de tonnes. Le tableau I semble confirmer la validité de cette dernière prévision.

On notera dans le même tableau que, en 1985, la part des fonderies des pays en développement pourra représenter 17% de la capacité mondiale installée. Ainsi, l'objectif proposé à la Conférence générale de l'ONUDI, tenue à Lima en 1975, selon lequel la part des pays en développement devrait représenter au tournant du siècle, 25% du total de la production industrielle mondiale, semble correspondre à un pourcentage parfaitement juste et à la portée des pays en développement, du moins pour ce qui est de la part qu'ils occuperont dans la production mondiale d'aluminium.

On estime qu'au tournant du siècle, la demande mondiale d'aluminium sera de l'ordre de 54 millions de tonnes [5]. Cette prévision déjà ancienne a été confirmée en 1978 par les calculs convaincants de Dowding dont le tableau 2 [6] donne une récapitulation.

Pour l'aluminium, Dowding prévoit une croissance annuelle de 5 pour cent. Après avoir comparé et rapproché ces chiffres et les nôtres, nous avons pu établir les tableaux 3 et 4.

L'analyse de Dowding comprend également des prévisions concernant la croissance annuelle du PIB par groupes de pays. D'une comparaison de ces prévisions avec l'augmentation annuelle de la consommation d'aluminium il ressort qu'alors que, dans les pays industrialisés, cette augmentation est égale à 1,2 ou 1,5 fois celle du PIB; pour les pays en développement le coefficient d'élasticité est de:

1,9 pour la période 1978-1985

1,5 pour la période 1985-1990

1,4 à 1,6 pour la période 1990 à l'an 2000.

Ainsi, on peut s'attendre à ce que, d'ici l'an 2000, la consommation mondiale d'aluminium continue à augmenter plus vite que le PIB. *Au tournant du siècle, le taux de croissance des pays en développement pourrait atteindre le même niveau que celui des pays industrialisés pendant la période 1960-1970.*

Les conclusions de l'étude sont également corroborées par l'analyse d'Altenpohl [7] selon laquelle on peut, à long terme, prévoir une croissance annuelle de 3 pour cent pour les pays industrialisés alors que dans certains pays en développement, comme le Brésil, elle pourrait atteindre de 10 à 20 pour cent. Cette estimation tient compte de ce que, de 1960 à 1970, la consommation d'aluminium a environ quadruplé dans les pays en développement ce qui correspond en moyenne à une croissance annuelle de 15 pour cent [2].

Dans un pays donné ou dans une région géographique donnée, l'augmentation de la consommation d'aluminium n'est pas uniquement déterminée par des normes de développement économique général. Elle dépend également beaucoup de la présence d'aluminium et de la structure organique qui en favorise l'emploi sur place [9, 10, 11]. En 1976, la consommation mondiale d'aluminium de fonderie s'est élevée à 13,9 millions de tonnes. Ce chiffre se répartit à raison de: 33% pour les Etats-Unis d'Amérique et le Canada; 25% pour l'Europe occidentale; 12% pour l'Union soviétique, et 11% pour le Japon.

Les 17% restants correspondent aux autres pays [12]. Sur ce dernier chiffre 7 à 8% représenteraient la part des pays en développement, le restant correspondant à d'autres pays développés tels que l'Australie et l'Afrique du Sud, ainsi qu'à d'autres pays à économie planifiée. Si les pays en développement parviennent à soutenir les tendances qui caractérisent la croissance de la présente décennie, il pourraient parvenir à consommer 3 millions de tonnes d'ici la fin des années 1980.

La consommation d'aluminium est toujours liée à la concurrence d'autres matériaux de construction et autres considérations technico-économiques, ainsi qu'à l'existence d'aluminium en quantités suffisamment importantes. Une autre considération importante est de savoir si l'aluminium peut éventuellement se substituer à ces matériaux et, dans l'affirmative, de connaître les modalités d'une telle substitution.

De telles comparaisons sont certainement utiles pour poursuivre les conjectures relatives à l'évolution de la consommation, en ce sens qu'elles permettent d'étudier plus à fond les principaux emplois finaux prévisibles dans différentes parties du monde. Mais une telle opération pour séduisante et utile qu'elle puisse paraître de prime abord cache également certains pièges. En l'absence des très nombreuses variables et d'impondérables, on ne peut pour le moment faire que des estimations approximatives. De nouvelles enquêtes détaillées montreront que l'emploi de tout matériau de construction dépend aussi de la conjugaison d'autres facteurs tels que la tradition, la mode, les normes techniques de certaines industries, l'expérience, etc.

Voyons maintenant quelles sont, à moyen et à long terme, les principales perspectives concernant la consommation mondiale d'aluminium pour les différents types d'économies.

Dans les *pays industrialisés* où les économies d'énergie sont à l'ordre du jour, on peut s'attendre à une recrudescence de la consommation d'aluminium dans la fabrication des véhicules de transport, dans le génie électrique, la fabrication d'échangeurs de chaleur, de conteneurs et de composants pour l'industrie mécanique ainsi que pour les articles de camping et de sport. En revanche, on peut prévoir un ralentissement de l'accroissement de l'emploi de l'aluminium dans le bâtiment et dans les emballages.

*Dans les pays moyennement industrialisés et dans les pays en développement, c'est le génie électrique qui, en premier lieu, fera un beaucoup plus grand appel à l'aluminium, suivi de près par le secteur des emballages à des fins particulières (nouvelles pêcheries, laiteries et conserveries par exemple). Les appareils ménagers constitueront également un débouché qui connaîtra un développement rapide. De même, ultérieurement, d'autres utilisations apparaîtront, sur le marché, selon la conjoncture économique, la situation géographique, et d'autres circonstances propres à chaque pays. Une agriculture moderne aura besoin de salles modernes d'entreposage au froid, de réseaux d'irrigation, d'installations sous marine de dessalement et de bâtiments, toutes constructions dans lesquelles l'aluminium interviendra. Dans le domaine des véhicules de transport et du génie mécanique les opérations, limitées au début à des travaux d'assemblage, seront suivies par la fabrication de composants et de produits spéciaux (par exemple pièces moulées de haute qualité). Il est souhaitable que, lors de l'établissement de nouvelles usines, des mesures concrètes soient prises dès le départ pour assurer la collecte et le recyclage des déchets qui représentent généralement quelque 21 à 26% de l'aluminium mis en œuvre.*

**Prix des matériaux de construction;  
prévisions quant à leur évolution**

Les *Tableaux 5 et 6* donnent une récapitulation des prix des principaux matériaux de construction sur le marché mondial et leur prix par rapport à celui de l'aluminium de 1935 à 1977. Un examen de la tendance des prix donnée au *tableau 6* montre clairement que, depuis la fin de la seconde guerre mondiale, on constate un revirement en faveur de l'aluminium, et ce au détriment du cuivre et de l'acier. La hausse des prix du pétrole de 1973 n'a pas sensiblement modifié les prix relatifs des métaux (les fluctuations des prix de l'aluminium et du cuivre sont en grande parties dues à la spéculation). Les prévisions parues dans la presse mondiale concordent toutes et donnent à penser que le niveau des prix relatifs des matériaux de construction de 1970 persistera à long terme, encore que, dans l'absolu, elles laissent entrevoir une augmentation des prix tout au long des années à venir [13]. On estime que de telles augmentations sont nécessaires pour assurer la rentabilité de l'exploitation de nouvelles fonderies qui entreront en service encore que leur importance semble inférieure à celle du pétrole [6]. Les projections permettent de prévoir que l'augmentation annuelle des prix de l'aluminium se situera entre 3 et 5 pour cent. Une augmentation moyenne plus élevée des prix est improbable vu qu'à cette époque, de nouvelles fonderies utilisant de l'énergie peu coûteuse fonctionneront dans les pays en développement et qu'une plus forte tendance à la hausse des prix de l'aluminium compromettrait gravement sa compétitivité. Ceci étant, on pense que la majeure partie de l'accroissement de la consommation ira vers des secteurs d'utilisation où l'emploi de l'aluminium permettra de tirer sans équivoque des bénéfices directs importants. Tel est le cas notamment pour le génie électrique, la fabrication des véhicules de transport et certains secteurs de l'emballage.

## Chapitre 2

### CONSIDERATIONS TECHNIQUES ET FINANCIERES PERMETTANT DE DETERMINER SI L'ALUMINIUM PEUT REMPLACER D'AUTRES MATERIAUX DE CONSTRUCTION

L'étude expose en détail les cas et les circonstances où l'aluminium peut remplacer avantageusement d'autres matériaux de construction. Elle énumère les facteurs favorables à une telle pratique (par exemple présence de bauxite, stabilité relative du niveau des prix, exemples concrets de la compétitivité de l'aluminium, possibilités de refonte des déchets d'aluminium et avantages qui en découlent). Ces facteurs sont opposés aux difficultés qui peuvent surgir quand on met sur pied une industrie de l'aluminium (par exemple importants capitaux nécessaires pour installer les fonderies, fortes quantités d'énergie qu'exige l'exploitation d'une fonderie, la demande d'énergie diminuant d'ailleurs aux stades ultérieurs de la production [voir tableau 7], normes plus élevées de compétence technique et aversion innée de beaucoup à accepter quoi que ce soit de nouveau ou sortant de l'ordinaire). *Il convient de souligner que l'augmentation de la consommation d'aluminium n'est pas un phénomène spontané mais qu'elle s'inscrit toujours dans une stratégie bien conçue.* Une telle stratégie peut être appliquée et coordonnée par une industrie de l'aluminium appartenant au secteur public, par une grande entreprise, ou par la libre association de plusieurs entreprises traitant l'aluminium.

## Chapitre 3

### CONSEILS TECHNIQUES ET RECHERCHES VISANT A INTENSIFIER LA CONSOMMATION D'ALUMINIUM

L'étude souligne longuement la nécessité de soutenir la consommation d'aluminium par une chaîne organisée de services de consultants et de recherches. Après avoir passé en revue les résultats obtenus à l'échelon international dans ce domaine, elle propose comme modèle la pratique adoptée en Hongrie. (Institut ALUTERV-FKI de technique et de recherche de l'institut hongrois de l'aluminium créé après fusion de l'Institut de recherche sur les métaux non ferreux, l'Entreprise d'études et de réalisation de l'industrie de l'aluminium et le Centre de développement des applications de l'aluminium.

Des organismes de ce genre, qu'ils opèrent en Hongrie ou ailleurs, sont appelés notamment à encourager l'emploi de l'aluminium et fournissent à cette fin des conseils et une aide utile aux consommateurs. Leurs tâches principales peuvent se résumer comme suit:

Intensifier les applications *rentables* de l'aluminium, pour le plus grand bien de tous les secteurs industriels, en s'attachant tout spécialement aux intérêts macro-économiques d'un pays donné ou d'une région donnée.

- Trouver de nouveaux débouchés à l'aluminium et en encourager l'emploi.
- Conseils techniques, documentation, et cours de formation à l'intention des spécialistes et des ouvriers pour les familiariser avec les nouveaux progrès et les nouvelles techniques.
- Rapports permanents avec des organisations similaires à l'étranger.
- Etablissement des statistiques demandées par les pouvoirs locaux et les organisations internationales.

Dans de nombreux cas, des services consultatifs bien organisés pourront également faciliter l'introduction d'innovations et aider à faire en sorte que les risques financiers qu'elles supposent soient partagés par l'industrie de l'aluminium, les secteurs de consommation et les services publics chargés d'administrer le secteur industriel.

#### Chapitre 4

##### PRINCIPAUX DEBOUCHES POUR UN EMPLOI RENTABLE DE L'ALUMINIUM

Un grand nombre d'exemples concrets ont été relevés dans les principaux secteurs de consommation, tant en Hongrie qu'ailleurs, pour mettre le doigt sur les considérations techniques et économiques très complexes dont dépend l'acceptation d'un usage étendu de l'aluminium. Il faudrait ne pas perdre de vue qu'il est rare que, sur une longue période, les possibilités d'application de l'aluminium soient statiques et qu'en fait, elles sont sujettes à des changements mineurs ou majeurs. Il s'ensuit qu'il faut constamment suivre et réévaluer les facteurs sous-jacents pour tenir compte des progrès rapides qui interviennent en technologie et des fluctuations des prix des matériaux de construction. Ce chapitre couvre de très nombreux domaines tels que

- génie électrique
- génie chimique
- brasseries et laiteries
- emballage des denrées alimentaires
- échangeurs de chaleur
- véhicules de transport
- structures de bâtiments
- agriculture

Les aspects techniques et financiers de l'usage de l'aluminium sont discutés de façon très détaillée dans ce chapitre qui représente environ la moitié du volume consacré à l'étude.

## Chapitre 5

### SOURCES DE SAVOIR FAIRE ET DE TECHNOLOGIE

Un chapitre séparé est consacré aux modalités d'acquisition du savoir faire et de la technologie aux meilleures conditions ainsi qu'aux instances auprès desquels on peut se les procurer. Il donne une longue liste d'entreprises hongroises et autres qui seraient prêtes à fournir de tels renseignements sur demande. Le tableau 8 est un extrait d'un tableau plus vaste, reproduit de l'étude pour donner des exemples de la manière dont il est possible d'acquérir la technologie et le savoir faire relatifs à l'emploi de l'aluminium en génie électrique.

## Chapitre 6

### MESURES VISANT A FAVORISER UNE BONNE PRODUCTION

A l'échelon mondial, l'intensification de la consommation d'aluminium reste toujours un objectif majeur pour l'industrie de l'aluminium. En effet, la découverte de nouveaux débouchés de elle accroît le volume de la demande, exerce en outre une pression sur les fabriques de demi-produits et autres usagers qu'elle conduit à rechercher des techniques de pointe pour satisfaire à des exigences de plus en plus poussées de la part des consommateurs et qui supposent des normes et des spécifications très élevées.

L'aluminium doit constamment faire face à la concurrence qui lui livrent d'autres matériaux. Or, maintenir fermement sa position et conquérir de nouveaux marchés est une entreprise laborieuse et difficile. C'est là que l'assistance fournie par les services consultatifs évoqués au chapitre 3 peut être des plus précieuse. Indépendamment des tâches qui sont traitées de manière approfondie, ces services peuvent également

- aider à élaborer les grandes lignes en matière de *spécification des normes*, en offrant des suggestions et en participant activement aux travaux correspondants;
- coopérer à la *compilation et à la mise au point finale de manuels, documents et tableaux de référence* ainsi qu'à l'organisation de conférences ou de cours post-universitaires à l'intention des ingénieurs des secteurs de consommation et
- *participer activement, de concert avec les pouvoirs locaux à la réalisation de projets* visant à économiser l'énergie ou à utiliser de façon plus rationnelle des matériaux peu abondants (par exemple économies de combustible dans les transports, remplacement de matériaux qui s'impose à certains moments pour faciliter la balance des paiements du pays).

Sauf cas exceptionnels, l'aluminium pénètre dans de nouveaux secteurs en tant que produit de remplacement de matériaux classiques. Pour cela, l'innovateur est chaque fois amené à vaincre des traditions et des préjugés tenaces chez le consommateur.

Dans cette lutte, même si les pouvoirs locaux apportent un soutien sans réserve, l'industrie de l'aluminium ne peut l'emporter que si elle bénéficie de l'aide d'alliés sûrs. Il est bon de rappeler ici les propos de R. Hartree, directeur des Alcan Laboratories Limited qui faisait valoir que, nulle part au monde il n'existe d'emploi de l'aluminium dont l'origine ne remonte pas à une vingtaine d'années [14].

Cette période de vingt années peut être considérablement réduite si tous ceux qui sont susceptibles de tirer des avantages technologiques et financiers d'un remplacement d'autres matériaux de construction par l'aluminium concertent leurs efforts. Pour cela, il faut non seulement une volonté bien arrêtée mais encore diverses mesures sur le plan de l'organisation, tant de la part de l'industrie que de celle des pouvoirs locaux (normalisation, instruction et règlements concernant le montage et l'installation, tableaux de référence, priorités etc.).

#### 6.1. Normalisation

Dans le cas d'un produit fini en aluminium, la normalisation vise à assurer l'exactitude des dimensions, la facilité d'échange, la sécurité d'exploitation, la résistance à la fatigue et autres conditions d'hygiène et de protection de l'environnement. Pour faire respecter de telles normes, il faut qu'un organisme composé de représentants des principaux producteurs et des principaux consommateurs se mette d'accord sur tous ces points.

L'industrie de l'aluminium étant fortement intégrée, il est souhaitable que ses représentants participent aux délibérations de tous les comités de normalisation et fassent connaître leur avis chaque fois que cela est nécessaire.

Les modalités de normalisation varient d'un pays à l'autre mais on peut les répartir en trois types principaux

- Normes relatives aux matières premières;
- Normes relatives aux produits finis;
- Normes relatives aux produits finis, applicables à un secteur déterminé;
- Normes technologiques (par exemple soudures, traitement des surfaces, etc.)

## 6.2. Manuels et tables facilitant l'établissement de modèles

La formation du personnel pour lui permettre de bien connaître l'étude, le traitement et l'emploi de l'aluminium dans divers secteurs industriels revêt une importance toute spéciale. Ce personnel compte des ingénieurs d'études, des chercheurs, des ingénieurs de traitement et d'exploitation, des spécialistes d'autres disciplines tels que des économistes etc. et, ce qui est le plus important, des ouvriers et des artisans spécialisés. La bonne connaissance des problèmes de l'aluminium ne devrait pas être exigée des seules personnes qui participent aux opérations de fonderie ou à la fabrication de produits semi finis. Si ces dernières connaissent l'essentiel de leur domaine de connaissances ou d'expérience, il se peut fort bien qu'au départ elles n'aient aucune connaissance pratique des techniques particulières, des normes, des problèmes de faisabilité économique et autres que pose la consommation de l'aluminium au delà du stade des demi-produits. Si d'autres industries métallurgiques peuvent souvent s'appuyer sur des techniques mises au point sur plusieurs générations, tel n'est certainement pas le cas pour l'aluminium. Quiconque entre dans ce domaine à titre de technicien doit réviser les idées traditionnelles qu'il a reçues. Il doit en outre se familiariser avec la physionomie complexe des industries utilisatrices, avec le type de leur demande ainsi qu'avec la plupart des techniques fondamentales que suppose ce stade. Après avoir acquis les compétences nécessaires, ces chercheurs, ingénieurs d'études et consultants de l'industrie de l'aluminium devront prendre l'initiative de rédiger divers manuels, recueils, brochures et tableaux afin de diffuser des connaissances et des renseignements d'ordre pratique auprès de leurs collègues ingénieurs, des techniciens et des ouvriers spécialisés qui travaillent dans les industries de fabrication.

Les principaux types de documents de ce genre sont les suivants:

- *Manuels*
  - *Tableaux* pour aider les ingénieurs d'étude dans leurs tâches courantes.
  - *Documentation et brochures traitant d'une opération ou d'une technique particulière.*
  - *Publications spécialisées traitant d'un domaine particulier de l'emploi de l'aluminium.*
  - *Manuels de cours de formation.*
  - *Catalogues et imprimés décrivant divers produits.*
  - La publication d'une *revue de l'aluminium* n'est recommandée que s'il existe déjà dans la région une industrie de l'aluminium suffisamment puissante.
  - Les *enseignants chargés des cours de formation* doivent être constamment tenus au fait des derniers progrès intervenus dans l'industrie de l'aluminium de façon à pouvoir en tenir compte dans toute la mesure du possible dans leurs cours et dans leurs manuels.
- En outre il serait souhaitable d'inclure dans les départements de mécanique et de chimie des instituts d'enseignement supérieur un enseignement facultatif de la technologie de l'aluminium au programme des études universitaires ou post-universitaires.

### 6.3. Réglementation des pouvoirs publics

Ainsi qu'on l'a déjà fait valoir, une innovation dans l'industrie de l'aluminium peut prendre 20 ans pour arriver à pleine maturité. Cette remarque vaut tout spécialement lorsqu'il s'agit de remplacer un matériau traditionnel par l'aluminium. Les promoteurs de telles solutions rencontrent souvent de grandes difficultés; la première consiste à trouver un modèle vraiment efficace: une fois le modèle trouvé, il faut fabriquer un prototype qui doit faire ses preuves dans la pratique. Si le prototype n'est pas suffisamment viable, il faut le repenser; c'est seulement alors que l'on peut passer à la production en série de l'article en question. C'est là un processus long et fastidieux qui doit se dérouler en dépit de la forte concurrence d'autres matériaux et qui comporte des risques financiers certains. Les grandes sociétés d'aluminium du monde sont, dans la plupart des cas, prêtes à supporter le poids de tels risques dans l'espoir de faire des bénéfices et de développer les marchés de l'aluminium. Mais dans les pays, où il existe des producteurs d'aluminium indépendants des grandes sociétés ou dans ceux où l'industrie de l'aluminium relève du secteur public, l'état doit très souvent subventionner de telles entreprises pour aider à restructurer la production industrielle nationale. Quoi qu'il en soit, à un moment ou l'autre les pouvoirs publics sont, de toute façon, amenés à intervenir dans les domaines de la normalisation (voir sous chapitre 6.1) de la formation professionnelle (voir sous chapitre 6.2) et autres.

Cependant, importante ou minime, l'intervention de l'Etat ne peut être efficace que si elle s'intègre dans une stratégie économique à long terme d'un pays ou d'une région. L'industrie de l'aluminium d'un pays, qu'elle existe en fait ou en puissance peut être un facteur déterminant de sa destinée économique, avec ses nombreuses incidences sur la situation des matières premières, le commerce extérieur et le niveau de vie d'une région donnée. Jeter les bases d'une industrie de l'aluminium économiquement saine et viable, implique beaucoup de réflexion systématique, de clairvoyance et de patience, et de grandes responsabilités. Cependant une telle entreprise ne peut réussir que se elle porte sur un temps relativement long. Même si entretemps la situation du marché peut être marquée par de petites périodes de hauts et de bas, il serait très dangereux d'apporter des changements aux principes qui en sont à la base.

Si les conditions le permettent, le but final devrait être de parvenir à une intégration englobant autant de stades de production qu'il est possible. A cette fin, il faut élaborer un échéancier à long terme qui coordonne les programmes d'investissement et de développement à chacun des stades ultérieurs d'intégration et tienne particulièrement compte des perspectives du marché. Pour cela, il faut également tenir compte des possibilités de substituer l'aluminium à d'autres matériaux. Un bon exemple est celui de la Hongrie dont l'industrie de l'aluminium, entièrement

intégrée, exerce un effet remarquable sur la vie économique du pays. L'industrie hongroise de l'aluminium est régie par un programme central de développement à long terme, lancé et approuvé par le Gouvernement. Outre qu'il gère les ressources nationales en bauxite et qu'il couvre chacune des étapes successives de l'intégration (fabrication d'alumine, fonderie et demi-produits), il se fixe également des objectifs à long terme pour le développement des industries utilisatrices d'aluminium. Le document accorde une attention spéciale au remplacement d'autres matériaux de construction par l'aluminium chaque fois que cela est techniquement et économiquement réalisable. Les objectifs en matière de recherche à long terme et des détails supplémentaires relatifs au développement technique font l'objet d'un second document qui forme partie intégrante du programme central de développement.

### Conclusion

Il est difficile de faire des recommandations générales concernant la part d'intervention gouvernementale dans la bonne gestion d'une industrie de l'aluminium. En effet, son champ d'application et son importance dépendront du système économique du pays considéré, des pouvoirs dont les services gouvernementaux sont investis pour diriger le secteur industriel en général, et des conditions dans lesquelles une industrie de l'aluminium peut opérer sur place. Trouver de nouveaux débouchés pour l'aluminium et substituer ce métal à d'autres matériaux de construction n'est jamais un phénomène spontané. Il est très rare que ce soient les consommateurs qui, eux-mêmes en prennent l'initiative, ces derniers attendant généralement qu'on leur apporte des solutions toutes prêtes. En outre, les perfectionnements techniques et l'introduction de nouveaux produits exigent de grandes compétences techniques et des fonds considérables. Il ne faut pas non plus sous-estimer les risques de telles initiatives. Si les moyens de mettre en œuvre les programmes de perfectionnement technique et de répartir les risques dont ils s'accompagnent peuvent varier selon le système économique de chaque pays, il n'en semble pas moins indiqué de s'en tenir à une technique uniforme en matière d'innovations si l'on veut réussir à apporter des perfectionnements ou interviennent des considérations technico-économiques extrêmement complexes.

**REFERENCES**

- [1] Moment, S.: Long-term associations of developing countries with consumers of bauxite, alumina and aluminium. Paper presented on the Unido Seminar, Budapest 3-12 Mai 1978. 6.p.
- [2] United Nations Industrial Development Organization. Workshop on Case Studies of Aluminium Smelter Construction in Developing Countries. (Vienne, 27-29 juin 1977). Final Report. ID/WG.250/18. 26 août 1977. 8.p.
- [3] Spector, S.R.: Short, Medium and long range trends in aluminium supply/demand. Paper presented on the Unido Seminar, Budapest 3-12 mai 1978. 11.p.
- [4] United Nations Industrial Development Organization. Workshop on Case Studies of Aluminium Smelter Construction in Developing Countries. (Vienne, 27-29 juin 1977), Final Report. ID/WG.250/18. 26 août 1977. 5.p.
- [5] US Bureau of Mines Bulletin 667. Mineral Facts and Problems. 1975 Edition. 60.
- [6] Dowding, M.F.: The world of metals. Metals and Materials, Londre, juillet 1978. 27.
- [7] Altenpohl, D.: Status quo and trends in the primary aluminium industry. Paper presented at the Workshop on case studies of aluminium smelter construction in developing countries. (Vienne, 27-29 juin 1977). ID/WG.250/17. 8 nov. 1977. 3.p.
- [8] Müller, P.H.: Communication présentée à la «VI<sup>ème</sup> Internationale Leichtmetalltagung». Leoben-Vienne, juin 1975.
- [9] Muraközi, E.: Correlation of aluminium consumption and economic development after the price explosion. *Magyar Aluminium*, Budapest, 16: 1: 19-26, 1979.
- [10] Muraközi, E.: The use of structural materials competing with aluminium in relation to economic development. *Magyar Aluminium* [16] 1979. 5. 138 (Budapest).

- [11] Muraközi, E.: Consideration of world market trends in planning aluminium consumption. *Magyar Aluminium*, Budapest [16] 1979. 6. 180.
- [12] Metal Statistics. Metallgesellschaft, Frankfurt, 1966-1976. 12.
- [13] Revue de l'Aluminium. Paris, No. 471./1978/. 3. 182.
- [14] Hartree, R.: Research Centre in Banbury. *Metals and Materials*, Londre, 4. 41, 1978.

Tableau 1

Capacité des fonderies d'aluminium dans les pays en développement  
1960-2000

en milliers de tonnes

Année	1960	1970	1975	1977	1978	1985	2000
Source de renseignement	[2]	[2]	[1]	[3]	[3]	[1]	Estimate
Capacité	88,6	538,2	842	1 104	1 318	4 000	12 000 - 15 000

Tableau 2

Consommation mondiale des principaux métaux de construction  
sur des périodes de 10 ans [6]

en millions de tonnes

Métal	1971-1980	1981-1990	1991-2000
Cuivre	82,5	136	206
Aluminium	133,0	218	358
Plomb	48,0	50	61
Zinc	58,0	79	102
Acier	6900,0	10 200	13 800

Tableau 3

Prévisions de la consommation mondiale d'aluminium\*  
(Estimations)

en millions de tonnes

Groupe de pays	1978	1985	1990	2000
Pays en développement	1,2	3,0	4,8	10,0
Pays à économie planifiée**	4,3	6,0	7,7	12,0
Pays développés à économie de marché	14,5	19,0	23,5	36,0
Total mondial	20,0	28,0	36,0	52,0

\* Y compris l'aluminium secondaire

\*\* Bulgarie, Hongrie, Pologne, République démocratique allemande, République populaire de Chine, Roumanie, Tchécoslovaquie, URSS.

Tableau 4

Prévisions des taux annuels de croissance de la consommation d'aluminium  
(établies d'après le tableau 6)  
(Estimations)

pourcentage

Groupe de pays	1978-1985	1986-1990	1991-2000
Pays en développement	14,0	10,0	8,6
Pays à économie planifiée*	4,9	5,1	4,8
Pays à économie de marché	3,9	4,5	3,9
Total mondial	5,0	5,1	5,1

\* Bulgarie, Hongrie, Pologne, République démocratique allemande, République populaire de Chine, Roumanie, Tchécoslovaquie, URSS.

Tableau 5

**Prix mondiaux moyens des principaux matériaux de construction**  
 (Établi d'après les cotations annuelles moyennes en prix courants)

dollars E.U./t

Matériau	1935	1950	1955	1960	1965	1970	1975	1976	1977
Aluminium <sup>1</sup>	482	370	500	577	545	614	860	969	1108
Cuivre <sup>2</sup>	172	472	500	712	780	1393	1205	1381	1293
Plomb	69	300	332	265	260	304	412	446	617
Zinc	68	210	273	287	320	296	745	711	589
Etain	1090	n.a.	n.a.	n.a.	3428	3673	6870	7583	10798
Billette d'acier	34	65	n.a.	n.a.	n.a.	kb. 93	173	168	154
Plastiques (PVC) <sup>3</sup>	n.a.	n.a.	n.a.	350	351	359	642	566	619
Ciment	n.a.	6	n.a.	7	8	10	20	n.a.	25

<sup>1</sup> Prix moyen à la fonderie

<sup>2</sup> Cuivre de cathode

<sup>3</sup> Prix moyen en République fédérale d'Allemagne.

Tableau 6

Prix relatifs de certains matériaux de construction, en volume  
(Prix moyen de l'aluminium considéré égal à 100)

Matériau	1935	1950	1955	1960	1965	1970	1975	1976	1977
Aluminium	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Cuivre	35	127	100	123	143	227	140	142	117
Plomb	14	81	66	45	48	50	48	46	56
Zinc	14	57	55	50	59	48	86	73	53
Etain	226	—	—	—	629	593	799	782	975
Billetes d'acier	7	17	—	—	—	15	20	11	14
Plastiques	—	—	—	61	64	57	76	58	54
Ciment	—	2	—	1,2	1,5	1,6	2,3	—	2,2

Tableau 7

Coûts d'investissement types pour une installation d'aluminium pleinement intégrée,  
d'une capacité de 100 000 tonnes par an  
(Prix en dollars E.U. de 1977)

Stade	Opérations	Coûts d'investissement par tonne et par année en dollars E.U.	Capacités de production en millions de tonnes	Ventilation et total des coûts d'investissement en millions de dollars E.U.
Stade I	Bauxite	45-65	600	40,0
Matières premières	Production d'alumine	500	200	100,0
	Fonderie de l'aluminium (non compris l'énergie électrique)	2000	100	200,0
Stade des matières premières, total				340,0
Stade II	Coulée de bande en continu	2180	55	120,0
Demi-produits	Coulée de fil machine en continu	250	20	5,0
	Extrusion	2700	20	54,0
	Fabrication et finition de feuilles minces	4000	5	20,0
	Moulage (sous pression)	4440	7,5	33,0
	Moulage (au sable et par gravité, à l'échelle industrielle)*	4000	2,5	10,0
	Récupération des déchets	200	20	4,0
	Demi produits, total			
Stade III	Anodisation des profilés	670	3	2,0
Finition des demi-produits**	Découpage de disque	20	10	0,2
	Soudage de tubes	230	3	0,7
	Ondulage des tôles	60	10	0,6
	Peinture d'apprêt des tôles	700	10	7,0
Finition des demi-produits, total				10,5
Stade IV	Conducteurs nus (tréfilage et câblage,	470	10	4,7
Produits finis (produits manufacturés dans la colonne suivante)	Conducteurs et câbles isolés	1220	10	12,2
	Tubes télescopiques et bouteilles pour aérosols	2560	5	12,8
	Pièces de charpente	500	15	7,5
	Echangeurs de chaleur	1000	5	5,0
	Récipients et emballages à parois épaisses	800	5	4,0
	Emballage en feuilles (matériel)	300	3	0,9
	Pièces mécaniques	800	7	5,6
	Éléments de construction divers	300	5	1,5
	Autres articles pour le travail des métaux	500	20	10,0
	Appareils ménagers	600	10	6,0
Produits finis, total				70,2

\* Les dépenses d'investissement pour une installation plus simple s'élèvent à quelque 2000 à 2500 dollars.

\*\* Matériel seulement, locaux non compris. Pour éviter les chevauchements, on n'a pas récapitulé les tonnages.

Tableau 8

## Exemples de sources complexes de savoir faire en génie électrique

Produit		Technologie		Réalisation technique, application, installation	
Article	Source de savoir faire	Article	Source de savoir faire	Article	Source de savoir faire
1.	2.	3.	4.	5.	6.
Matière première pour conducteurs et câbles aériens	Hungarian Aluminium Corporation (MAT) Pozsonyi ut 56, H-1133 Budapest, Hongrie	Coulée en continu de fil machine	Hungarian Aluminium Corporation (MAT) Pozsonyi ut 56, H-1133, Budapest, Hongrie	Etude et spécifications de conducteurs torsadés, barres, fixations, joints, éléments et armures en charge	Research Institute of Electrical Engineering (VEIKI) Zrínyi utca 1, P.O.B. 233. H-1368 Budapest, Hungary.  Research and Development Institute of the Hungarian Aluminium Industry (ALUTERV-PKI), P.O.B.128. H-1389 Budapest, Hongrie
Fils et câbles nus alliés ou non	Hungarian Cable Works (MKM), Budafoki ut 60, H-1117 Budapest, Hongrie  "December 4" Wire Works H-3501 Miskolc, P.O.B.17. Hongrie	Extrusion en continu surface extra-lisse  Coulée continue de fil machine allié	Hungarian Aluminium Corporation (MAT) Pozsonyi ut 56, Hongrie  CEGEDOR 66 Avenue Murceau F-75361 Paris, France	Station d'essai de câbles et conducteurs aériens	Research Institute of Electrical Engineering (VEIKI) Zrínyi utca 1. P.O.B. 233, H-1369 Budapest, Hongrie
Conducteurs et câbles isolés (jusqu'à 120 kV)	Hungarian Cable Works (MKM), Budafoki ut 60, H-1117 Budapest, Hongrie  Sievarta Kabelwerk AB, 10 Alingsås, Lörkv, Suède  Alcan Ltd., Dufourstrasse 43 Zurich, Suisse	Isolants en plastiques, isolation des gaines, enveloppes en bandes d'aluminium	Hungarian Cable Works (MKM), Budafoki ut 60 H-1117 Budapest, Hongrie	Conception de réseaux et sous-stations électriques  Installation de lignes et câbles aériens	Designing Enterprise of Power Stations and Networks (EROTERV) Széchenyi rakpart 3, P.O.B. 23. H-1361 Budapest, Hongrie  National Electric Transmission Line Enterprise (OVIT), P.C.B. 67. H-1388 Budapest, Hongrie  South Transdanubian Electric Power Supply Enterprise (ZEDASZ) P.O.B.85. H-7601, Pécs, Hongrie
Câbles en fils d'aluminium, soudés par le procédé aluminothermique	Vereinigte Metallwerke Ranshofen-Berndorf Uraniastrasse 2, A-1010 Vienne, Autriche				

1.	2.	3.	4.	5.	6.
Accessoires pour conducteurs et	<p>Electric Equipment and Apparatus Works (VBKM-EKA) Füzér utca 37-39, P.O.B.20, H-1457 Budapest, Hongrie</p> <p>Algemeine Elektrizitäts-Gesellschaft (AEG), Bebelstrasse 24, D-7 Stuttgart, R.F.A.</p> <p>AMP GmbH für lötfreie Anschluss-technik, Ampere-Strasse 7-11, D-607 Langen bei Frankfurt/M, R.F.A.</p>			<p>Instructions pour la pose et l'installation de câbles</p> <p>Pose de câbles souterrains</p>	<p>Designing Enterprise for Electric Power Stations and Network (EROTERV), Széchenyi rakpart 3, P.O.B. 23, H-1361 Budapest, Hongrie</p> <p>Budapest Electric Power Works (ELMÜ), Váci ut 72-74, P.O.B. 511, H-1393 Budapest, Hongrie</p> <p>Electrical Installation Enterprise, (VIV), Sip utsa 23, P.O.B. 67, H-1400 Budapest, Hongrie</p>
Câbles en aluminium pour télécommunications	Southwire Company, Fertilla Street, P.O.B. 1000, Carrollton, Georgia 30117, USA	Isolants en plastiques câbles isolés par huile	Southwire Company P.O.B. 1000, Fertilla Street, Carrollton, Georgia 30117, USA		
Barres en aluminium	Székesfehérvár Light Metal works, Adonyi ut 64, P.O.B. 102, H-8001 Székesfehérvár, Hongrie			Installation des conduites et des barres conductrices intérieures	Electrical Installation Enterprise (VIV) Sip u. 23, P.O.B. 67, H-1400 Budapest, Hongrie
Câbles en aluminium	Balassagyarmat Metalworking Enterprise, P.O.B. 30, H-2660 Balassagyarmat, Hongrie				
Barres et commutateurs armés	<p>Electric Power Works Designing and Installation Enterprise (VERTESZ), Fehérvári ut 108-112, H-1509 Budapest, Hongrie</p> <p>Electric Equipment and Apparatus Works (VBKM-VAV) Köérberki ut 36, P.O.B. 59, H-1502 Budapest, Hongrie</p>			Installation extérieure de commutation	Electric Power Works Designing and Installation Enterprises (VERTESZ), Fehérvári ut 108-112, P.O.B. 7, H-1509 Budapest, Hongrie

