

# DAM CONSTRUCTION SITES ACCIDENT PREVENTION

---

*Review and recommendations*

# CHANTIERS DE BARRAGES PRÉVENTION DES ACCIDENTS

---

*Aperçu général  
et recommandations*

**Bulletin 80**



**1992**

Report prepared for the Committee on Technology of Dam Construction by the  
Division of Technology of the Italian National Committee, coordinated by  
S. Morpurgo.

The text has been drawn up by P. Risari, with the collaboration of M. Babbini, V. Carrà,  
A. Cotta Ramusino, A. Marcello, S. Morelli, G. Proverbio, G. Scomazzon, I. Vielmo.

French version finalized by J. Cotillon

*Rapport préparé pour le Comité de la Technologie de Construction des Barrages  
par la Division de Technologie du Comité National Italien, sous la coordination de  
S. Morpurgo.*

*Le texte a été rédigé par P. Risari, avec la collaboration de M. Babbini, V. Carrà,  
A. Cotta Ramusino, A. Marcello, S. Morelli, G. Proverbio, G. Scomazzon, I. Vielmo.*

*Version française mise au point par J. Cotillon*

# **DAM CONSTRUCTION SITES ACCIDENT PREVENTION**

---

*Review and recommendations*

# **CHANTIERS DE BARRAGES PRÉVENTION DES ACCIDENTS**

---

*Aperçu général et recommandations*

---

Commission Internationale des Grands Barrages - 151, bd Haussmann, 75008 Paris  
Tél. : (33-1) 40 42 67 33 - Télex : 641320 ICOLD F - Fax : (33-1) 40 42 60 71

---

**AVERTISSEMENT – EXONERATION DE RESPONSABILITE:**

Les informations, analyses et conclusions auxquelles cet ouvrage renvoie sont sous la seule responsabilité de leur(s) auteur(s) respectif(s) cité(s).

Les informations, analyses et conclusions contenues dans cet ouvrage n'ont pas force de Loi et ne doivent pas être considérées comme un substitut aux réglementations officielles imposées par la Loi. Elles sont uniquement destinées à un public de Professionnels Avertis, seuls aptes à en apprécier et à en déterminer la valeur et la portée et à en appliquer avec précision les recommandations à chaque cas particulier.

Malgré tout le soin apporté à la rédaction de cet ouvrage, compte tenu de l'évolution des techniques et de la science, nous ne pouvons en garantir l'exhaustivité.

Nous déclinons expressément toute responsabilité quant à l'interprétation et l'application éventuelles (y compris les dommages éventuels en résultant ou liés) du contenu de cet ouvrage.

En poursuivant la lecture de cet ouvrage, vous acceptez de façon expresse cette condition.

**NOTICE – DISCLAIMER :**

The information, analyses and conclusions referred to herein are the sole responsibility of the author(s) thereof.

The information, analyses and conclusions in this document have no legal force and must not be considered as substituting for legally-enforceable official regulations. They are intended for the use of experienced professionals who are alone equipped to judge their pertinence and applicability and to apply accurately the recommendations to any particular case.

This document has been drafted with the greatest care but, in view of the pace of change in science and technology, we cannot guarantee that it covers all aspects of the topics discussed.

We decline all responsibility whatsoever for how the information herein is interpreted and used and will accept no liability for any loss or damage arising therefrom.

Do not read on unless you accept this disclaimer without reservation.

COMMITTEE ON TECHNOLOGY OF DAM CONSTRUCTION  
COMITÉ DE LA TECHNOLOGIE DE CONSTRUCTION DES BARRAGES  
(1989-1991)

Chairman/Président Brazil/Brésil	E. M. AMARAL
Vice-Chairman/Vice-Président France/France	F. LEMPÉRIÈRE
Members/Membres	
Australia/Australie	M. G. DELANEY
Austria/Autriche	H. POCHHACKER
Canada/Canada	J. A. LABBE
China/Chine	J. TAN
Germany/Allemagne	J. KÖNGETER
Great Britain/Grande-Bretagne	J. BOWCOCK
Indonesia/Indonésie	SURYONO
Italy/Italie	S. MORPURGO
Japan/Japon	T. YAMAMURA
Korea (Rep. of)/Corée (Rép. de)	S. K. KIM
Spain/Espagne	R. del HOYO
USA/États-Unis	W. A. FRASER
USSR/URSS	G. T. MIKELADZE
Yugoslavia/Yougoslavie	K. NEIMAREVIC

---

## SOMMAIRE

---

AVANT-PROPOS

1. INTRODUCTION
2. ACCIDENTS DU TRAVAIL  
DANS LA CONSTRUCTION
3. ACCIDENTS DU TRAVAIL SUR  
LES CHANTIERS DE BARRA-  
GES
4. ÉVALUATIONS D'ENSEMBLE
5. NÉCESSITÉ DE RÉDUIRE LES  
ACCIDENTS DU TRAVAIL
6. RÈGLEMENTS ACTUELS
7. MESURES POUR LIMITER LES  
ACCIDENTS DU TRAVAIL ET  
LES MALADIES PROFESSION-  
NELLES DANS LA CONSTRUC-  
TION DES BARRAGES
8. CONCLUSIONS-RECOMMAN-  
DATIONS
9. BIBLIOGRAPHIE

ANNEXES

---

## CONTENTS

---

FOREWORD

1. INTRODUCTION
2. OCCUPATIONAL ACCIDENTS  
IN THE CONSTRUCTION IN-  
DUSTRY
3. OCCUPATIONAL ACCIDENTS  
ON DAM SITES
4. SUMMARY EVALUATIONS
5. NEED TO REDUCE OCCUPA-  
TIONAL ACCIDENTS
6. CURRENT REGULATIONS
7. MEASURES TO AVOID OR RE-  
DUCE OCCUPATIONAL ACCI-  
DENTS AND DISEASES IN DAM  
CONSTRUCTION
8. CONCLUSIONS-RECOMMEN-  
DATIONS
9. BIBLIOGRAPHY

APPENDICES

---

## TABLE DES MATIÈRES

---

AVANT-PROPOS .....	9
1. INTRODUCTION .....	10
2. ACCIDENTS DU TRAVAIL DANS LA CONSTRUCTION .....	12
3. ACCIDENTS DU TRAVAIL SUR LES CHANTIERS DE BARRAGES .....	16
3.1. Données statistiques .....	16
3.2. Secteurs et opérations à haut risque .....	18
3.3. Causes des accidents .....	18
4. ÉVALUATIONS D'ENSEMBLE .....	24
4.1. Nombre d'accidents .....	24
4.2. Coûts des accidents .....	24
5. NÉCESSITÉ DE RÉDUIRE LES ACCIDENTS DU TRAVAIL .....	28
6. RÈGLEMENTS ACTUELS .....	30
6.1. Règles pénales .....	30
6.2. Règles préventives .....	30
6.3. Contrôle .....	32
7. MESURES POUR LIMITER LES ACCIDENTS DU TRAVAIL ET LES MALADIES PROFESSIONNELLES DANS LA CONSTRUCTION DES BARRAGES .....	34
7.1. Niveaux d'intervention .....	34
7.2. Responsabilités .....	36
7.3. Comité d'Hygiène et de Sécurité du Travail .....	38
7.4. Techniques spécifiques : le Plan d'Hygiène et de Sécurité .....	42
7.5. Primes .....	44
7.6. Coût des mesures de sécurité .....	46
8. CONCLUSIONS - RECOMMANDATIONS .....	48
8.1. Suggestions pour les contrats futurs .....	48
8.2. Appel d'offres .....	50
8.3. Cahier des prescriptions spéciales (CPS) .....	52
9. BIBLIOGRAPHIE .....	54

---

## TABLE OF CONTENTS

---

FOREWORD .....	9
1. INTRODUCTION .....	11
2. OCCUPATIONAL ACCIDENTS IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY ..	13
3. OCCUPATIONAL ACCIDENTS ON DAM SITES .....	17
3.1. Statistical Data .....	17
3.2. More Hazardous Areas and Works .....	19
3.3. Occupational Accident Causes .....	19
4. SUMMARY EVALUATIONS .....	25
4.1. Number of Occupational Accidents .....	25
4.2. Costs .....	25
5. NEED TO REDUCE OCCUPATIONAL ACCIDENTS .....	29
6. CURRENT REGULATIONS .....	31
6.1. Penal Regulations .....	31
6.2. Prevention Regulations .....	31
6.3. Control .....	33
7. MEASURES TO AVOID OR REDUCE OCCUPATIONAL ACCIDENTS AND DISEASES IN DAM CONSTRUCTION .....	35
7.1. Action Stages .....	35
7.2. Responsibilities .....	37
7.3. Labour Safety and Health Office .....	39
7.4. Specific Techniques : The Safety and Health Plan .....	43
7.5. Incentives .....	45
7.6. The Cost of Safety Precautions .....	47
8. CONCLUSIONS - RECOMMENDATIONS .....	49
8.1. Suggestions for Future Contracts .....	49
8.2. Invitation to Tender .....	51
8.3. Special Terms of Contract .....	53
9. BIBLIOGRAPHY .....	54



ANNEXES .....	57
A. Organisation et contrôle du trafic sur le chantier - Transport des ouvriers et des matériaux .....	58
B. Stabilité des talus rocheux pendant les travaux .....	68
C. Protection contre le risque d'avalanches sur les chantiers de haute montagne ..	76
D. Stockage et manipulation des explosifs .....	84
E. Prévention des maladies professionnelles sur les chantiers de barrages .....	94
F. Formation du personnel de chantier à la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles .....	108
G. Installations électriques sur les chantiers de barrages - Mesures de sécurité ....	116

APPENDICES .....	57
A. Organization and Control of Traffic on a Site - Transportation of Personnel and Materials .....	59
B. Stability of Rock Excavation Slopes during Construction .....	69
C. Safety Measures against the Hazard of Avalanches on High Mountain Sites ..	77
D. Storage and Handling of Explosives .....	85
E. Prevention of Occupational Diseases on Dam Construction Sites .....	95
F. Site Personnel Training in Occupational Accident and Disease Prevention .....	109
G. Electric Systems on Dam Construction Sites - Measures .....	117



---

## AVANT-PROPOS

---

A la suite d'une campagne mondiale de sensibilisation sur la sécurité et la santé, l'opinion publique accorde maintenant davantage d'attention aux accidents du travail et aux maladies professionnelles. Le moment est donc venu de présenter une étude sur ces deux sujets pour les chantiers de construction de barrages où ils constituent des problèmes importants car les statistiques montrent que les risques d'accidents mortels pendant la construction sont beaucoup plus élevés que ceux liés aux ruptures d'ouvrages.

Le sujet a été minutieusement étudié par un groupe de travail italien (la Division de Technologie du Comité National Italien), avec l'aide d'autres Comités Nationaux qui lui ont fourni informations et conseils. Les avis de François Lempérière, Vice-Président du Comité, ont été particulièrement appréciés.

Le rapport s'attache d'abord à évaluer les pertes entraînées par les accidents et suggère ensuite les méthodes et moyens susceptibles de les prévenir. Il s'adresse plus spécialement aux maîtres d'œuvre, aux entrepreneurs et à tous les ingénieurs et techniciens responsables de l'organisation du travail sur les chantiers de barrages.

Que les membres du groupe de travail et leur animateur, Sergio Morpurgo, soient vivement remerciés.

E. Melo Do Amaral Filho  
Président du Comité de la Technologie  
de Construction des Barrages

---

## FOREWORD

---

Many efforts all over the world to emphasize labour safety and health have resulted in more awareness from public opinion in occupational accidents and diseases. So that it is timely to deal with these problems for dam construction sites where they are especially major issues since statistics show that risks of death are far higher during construction from occupational accidents than in operation from dam failures.

The matter was carefully studied by an Italian task force (the Technology sub-Committee of the Italian National Committee) with the help of some other National Committees which contributed information and opinions. Continuous advice from F. Lempérière, Committee Vice-Chairman, was also of a great help.

The report starts with an evaluation of accident-related losses and goes on with suggestions on methods and procedures to prevent them. It addresses more especially the Engineer, site management and contractors and all those responsible for work organization on dam construction sites.

Members of the Italian task force and their editor, Sergio Morpurgo, deserve our best appreciation.

E. Melo Do Amaral Filho  
Chairman, Committee on Technology  
of Dam Construction

---

---

## 1. INTRODUCTION

---

Quand on parle de « sécurité » dans la réalisation des grands ouvrages et en particulier des barrages, les ingénieurs comme le grand public pensent d'abord à la fiabilité de l'ouvrage, c'est-à-dire à toutes ces mesures qui, dans l'élaboration et l'exécution du projet, sont destinées à empêcher la rupture totale ou partielle des ouvrages et à prévenir ainsi les dommages aux futurs usagers et aux habitants de la zone intéressée par l'ouvrage. Ensuite, l'attention se porte habituellement sur les conditions d'instabilité temporaire de telle ou telle partie, mais toujours en vue de prévenir les dégâts qui pourraient survenir à l'ouvrage pendant sa construction.

En revanche, la sécurité du personnel de chantier est en général passée sous silence dans les symposia traitant de la sécurité des barrages, ou au mieux considérée d'importance mineure. Par exemple, nous avons constaté que, lors du récent congrès national de Milan, en 1986, sur « les barrages et leur sécurité », quelques mots seulement ont été consacrés à la prévention des accidents. De même, les rapports publiés jusqu'en 1988 par la CIGB n'accordent que peu de place à la sécurité du personnel de chantier.

Pourtant c'est un problème très important car les accidents de chantier sont lourds de conséquences tant pour les **dommages corporels subis par les ouvriers**, et qui peuvent conduire à une incapacité de travail et même à la mort, que pour les dégâts matériels aux machines, à l'outillage et aux installations et, de façon plus générale, pour les entraves à l'organisation du travail, dues au ralentissement et à la baisse de productivité.

Ce problème est mentionné dans le Bulletin N° 73 de la CIGB (1989) « Économies dans la construction des barrages ». Dans « l'Introduction » il est indiqué que « **dans la plupart des barrages, le risque en vies humaines dû aux accidents du travail pendant la construction est plus élevé que le risque dû à la rupture de l'ouvrage** » et que « **la rupture des barrages récents cause donc, statistiquement, beaucoup moins d'une victime par barrage construit** ».

Il est sans doute difficile de comparer ces types de risque : le premier relatif aux accidents de chantier a une fréquence moyenne avec des conséquences d'importance moyenne, si l'on peut dire, s'agissant de pertes en vies humaines; le second relatif à la rupture des ouvrages a une fréquence très faible mais des conséquences d'une grande ampleur.

C'est aussi pour cette raison, indépendamment d'une présomption de fatalité, que dans le passé les accidents de chantier n'ont pas fait l'objet d'une grande publicité, alors que les catastrophes causées par la rupture d'ouvrages en service ont toujours trouvé un large écho auprès des médias.

A vrai dire, au cours de ces dernières années, l'opinion publique a semblé accorder davantage d'attention au problème des accidents du travail, en particulier à la suite d'une campagne mondiale de sensibilisation sur les grands thèmes de la sécurité et de la santé.

Dans le présent rapport, nous chercherons à évaluer au mieux les pertes par accident dans la construction de barrages, puis nous suggérerons les méthodes et les moyens pour les prévenir.

---

## 1. INTRODUCTION

---

When one talks of “ safety ” in large engineering construction and particularly in dams, experienced engineers as well as laymen think first of the intrinsic safety of the structure, that is, all those provisions in the design and performance of the work devised to prevent the total or partial collapse of the structures, and thus to prevent damage to future users and residents in the area adjacent to the work being constructed. Secondly, they usually consider the conditions of temporary instability of component elements, but still with a view to preventing damage that might occur to the work during its construction.

Conversely, the safety of the personnel working on-site is a problem that in symposiums dealing with safety in dams is generally neglected or, at best, considered of minor importance. For instance, we noticed that during a congress on “ Dams and Their Safety ”, held in Milan in 1986, just a few words were spent on occupational accident prevention. Up to 1988 even the reports published by ICOLD gave little consideration to the safety of construction personnel.

On the contrary, it is a very important problem, because the effects of accidents on job sites are very serious, for the **injuries suffered by workers**, with consequent disability or even death, for the material damage to machinery, equipment and plant, and, more generally, for the loss of site morale, for slowdowns of work and slackening in productivity.

This problem is mentioned in ICOLD Bulletin No. 73 of 1989 “ Savings in Dam Construction ”. In Section (1) “ Introduction ”, it states : “ **At most sites, the risk of fatal accidents to workmen during construction is greater than the risk from dam failure** ” and : “ **Statistically, therefore, failure of recently built dams causes much less than one victim per dam.** ”

No doubt it is quite hard to compare these types of hazards; the former related to accidents on the job, has a medium frequency rate with consequences of medium importance (if this expression is acceptable for the loss of human lives); the latter related to structural collapse has a very small frequency rate, but its effects are extremely serious.

It is also for this reason that, apart from a certain presumption of fatalities, occupational accidents have not been publicized in the past, while disasters caused by the failure of operating projects have always been widely reported by the media.

In truth, in recent years also public opinion has been more attentive to the problem of occupational accidents, thanks mainly to the many efforts being contributed all over the world to emphasize these major topics of labour safety and health.

In the following Sections of this report, we will be evaluating — to our best efforts — accident losses in dam construction, suggesting also the methods and procedures to prevent them.

---

## 2. ACCIDENTS DU TRAVAIL DANS LA CONSTRUCTION

---

Si l'on souhaite une approche quantitative du phénomène « accidents du travail », on peut utiliser les statistiques relatives à la construction (Groupe 3) publiées en Italie par l'Institut National pour l'Assurance contre les Accidents du Travail (INAIL), qui englobent les barrages :

Il faut signaler d'abord que l'évaluation de la fréquence et des conséquences des accidents du travail est effectuée selon des normes traditionnelles (ANSI Z16 - UNI 7249), au moyen des indices de fréquence et de gravité calculés avec les formules suivantes :

- Indice de fréquence (If) =  $\frac{\text{Nbre d'accidents avec incapacité}}{\text{Nbre d'h. de trav. (en millions)}}$
- Indice de gravité (Ig) =  $\frac{\text{Nbre de journées perdues}}{\text{Nbre d'h. de trav. (en millions)}}$

Par convention, on comptabilise dans les « journées perdues » les cas mortels et les accidents avec incapacité permanente.

A la lecture du Tableau 1, il apparaît que **les accidents du travail** en Italie, dans le secteur du bâtiment et des travaux publics, sont **en très nette régression**, aussi bien en valeur absolue qu'en valeur relative par rapport au nombre d'ouvriers employés. Une diminution peut être observée dans tous les pays industriels : c'est ce qui ressort du Tableau 2 qui se réfère aux accidents indemnisés dans tout le secteur industriel.

Bien que les critères d'indemnisation et les méthodes de recensement diffèrent d'un pays à l'autre, empêchant une comparaison directe entre différents pays, on observe cependant que la diminution des accidents pour la décennie 1973-1983 a été plus faible dans les pays les plus industrialisés (USA, Canada, Suisse) et plus forte dans ceux les moins industrialisés (Espagne, Italie, Grèce). Dans les premiers, le développement industriel avait déjà apporté une amélioration des conditions de travail.

Le Tableau 3 qui donne le nombre d'accidents mortels par million d'heures de travail annuel confirme cette observation.

Ces résultats dépendent, sans doute, des efforts de prévention réalisés par les entreprises, de la campagne de sensibilisation des maîtres d'ouvrage et des médias, ainsi que des progrès techniques réalisés dans la construction des machines et de l'outillage.

En réalité, si les statistiques se rapportaient non pas à la quantité de main-d'œuvre employée mais au volume des ouvrages réalisés, on constaterait une diminution supplémentaire du taux de fréquence des accidents, car le progrès technologique amène une réduction constante de main-d'œuvre dans de tels travaux.

---

## 2. OCCUPATIONAL ACCIDENTS IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY

---

In an attempt to quantify the phenomenon of “ occupational accidents ”, statistics are published in Italy by INAIL - Istituto Nazionale per l’Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro (Italian Institute for Insurance against Occupational Accidents), relating to the Construction Field (Main Group 3), which includes dams.

It is worth noting that the evaluation of the frequency and the effects of occupational accidents is carried out on the basis of widely accepted regulations (ANSI Z 16 - UNI 7249), through frequency and severity rates calculated according to the following formulas :

- Frequency Rate (FR) = 
$$\frac{\text{Number of disabling accidents}}{\text{Number of worked hours (in millions)}}$$
- Severity Rate (SR) = 
$$\frac{\text{Number of days charged}}{\text{Number of worked hours (in millions)}}$$

(Note that “ days charged ” conventionally include also fatal accidents and those resulting in permanent disability.)

The data provided in Table 1 prove that **occupational accidents** in Italy in the construction fields are **notably decreasing**, both as an absolute value and as a relative value in proportion to the workers employed. The same decrease is being experienced in all industrialized countries, as you can see from the following Table 2, that shows the compensated accidents over the whole industrial field.

Though compensation criteria and accident reporting differ from country to country, thus preventing a direct comparison between the different countries, it can still be noted that in the decade 1973/1983 accidents decreased less in the most industrialized countries (USA, Canada, Switzerland) and more in less industrialized countries (Spain, Italy, Greece).

The data listed in the following Table 3 on fatal accidents, as a percentage of worked hours (millions) in each year, prove what is stated above.

No doubt, this is the result of preventive efforts by contractors, and publicity campaigns by owners and the media, as well as more advanced technology applied to the manufacture of equipment and machinery.

Actually, should the statistics consider not the number of people employed, but the size of the construction works performed, we would notice a further decrease in accident frequency rate, since technological progress is constantly reducing the number of employees involved in such works.



Table 1 - Accidents in the construction industry  
in Italy from 1978 to 1987

Tableau 1 - Accidents dans le bâtiment et les travaux publics  
en Italie, de 1978 à 1987

Year <i>Année</i>	Worked man-hours <i>Heures-hommes de travail (millions)</i>	Number of accidents <i>Nombre d'accidents</i>				Frequency rate <i>Indice de fréquence</i>	
		Temporary disability <i>Incapacité temporaire</i>	Permanent disability <i>Incapacité permanente</i>	Fatal <i>Mort</i>	Total	Total	Fatal accidents <i>Cas mortels</i>
1978	2 208	180 570	6 969	471	188 010	85.15	0.21
1979	2 145	176 479	6 478	463	183 420	85.51	0.21
1980	2 265	172 650	7 438	507	180 595	79.33	0.22
1981	2 423	166 366	6 897	415	173 687	71.68	0.17
1982	2 462	161 086	5 952	448	167 486	68.03	0.18
1983	2 451	141 265	7 561	468	149 294	60.91	0.19
1984	2 462	128 907	7 514	369	135 790	55.56	0.15
1985	2 522	123 839	6 496	357	130 692	51.82	0.14
1986	2 637	116 191	5 651	325	122 167	46.33	0.12
1987	2 753	125 599	5 429	281	131 309	47.70	0.10

Table 2 - Overall industry - Accident frequency  
rates of year 1983 versus 1973 (base = 100)

Tableau 2 - Industrie en général - Indices de fréquence  
des accidents de l'année 1983 par rapport à l'année 1973 (base = 100)

Belgium <i>Belgique</i> .....	65	Greece <i>Grèce</i> .....	56
Canada <i>Canada</i> .....	96	Ireland <i>Irlande</i> .....	89
Denmark <i>Danemark</i> .....	92	Italy <i>Italie</i> .....	50
Finland <i>Finlande</i> .....	83	United Kingdom <i>Royaume-Uni</i> .....	56
France <i>France</i> .....	74	Spain <i>Espagne</i> .....	37
German Fed. Rep. <i>Rép. Féd. Allem.</i> ....	74	Switzerland <i>Suisse</i> .....	92
		USA <i>États-Unis</i> .....	98

Table 3 - Construction industry - Fatal accident frequency rates  
 Tableau 3 - Bâtiment et travaux publics - Indices de fréquence des accidents mortels

Year Année	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
Country Pays																	
Canada Canada .....			0.53	0.52	0.48	0.41	0.37	0.38	0.38	0.40	0.37	0.34	0.31	0.41	0.35	0.28	
Japan Japon .....	0.31	0.44	0.31	0.32	0.19	0.28	0.09	0.12	0.13	0.08	0.09	0.04	0.09	0.03	0.05	0.04	0.04
USA États-Unis .....	0.25	0.23	0.13	0.16	0.16	0.12	0.18	0.17	0.15	0.14	0.15	0.14	0.13	0.11	0.15	0.10	
Austria Autriche .....	0.77	0.84	0.76	0.62	0.62	0.40	0.54	0.60	0.54	0.44	0.54	0.31	0.32	0.35	0.35	0.30	
France France .....	0.50	0.47	0.45	0.46	0.44	0.42	0.34	0.30	0.32	0.29	0.29	0.26	0.29	0.24	0.26	0.21	
German Fed. Rep. Rép. Féd. Allem. ....	0.44	0.39	0.37	0.33	0.35	0.39	0.38	0.33	0.35	0.32	0.29	0.25	0.28	0.28	0.24	0.19	
Spain Espagne .....	0.44	0.33	0.35	0.34	0.30	0.39	0.33	0.31	0.28	0.26	0.27	0.28	0.23	0.28	0.30	0.30	0.30
Switzerland Suisse .....	0.43	0.46	0.40	0.38	0.27	0.40	0.37	0.37	0.35	0.31	0.31	0.31	0.26	0.17	0.35	0.32	
United Kingdom Royaume-Uni .....	0.20	0.19	0.22	0.16	0.18	0.15	0.13	0.12	0.12	0.13	0.11	0.10	0.12	0.10	0.11	0.10	
Italy Italie .....	0.53	0.55	0.51	0.54		0.25	0.32	0.21	0.22	0.22	0.17	0.18	0.19	0.15	0.14	0.12	0.10

---

## 3. ACCIDENTS DU TRAVAIL SUR LES CHANTIERS DE BARRAGES

---

### 3.1. DONNÉES STATISTIQUES

En ce qui concerne les accidents sur les chantiers de barrages, sujet qui nous intéresse plus particulièrement ici, certaines données enregistrées par l'INAIL montrent que les indices de fréquence pour ces chantiers en Italie sont en moyenne supérieurs de 10 % - 15 % à ceux de l'ensemble du secteur du bâtiment et des travaux publics figurant au Tableau 1. Ceci est conforme à l'expérience des spécialistes qui suivent ce type de chantiers.

De plus, nous avons pu faire une collecte de données pour des chantiers situés dans d'autres pays, grâce à des entreprises et des maîtres d'ouvrage travaillant dans ce secteur. Bien que fragmentaires, ces données fournissent un tableau adéquat de la tendance des accidents dans ce domaine. Elles sont présentées au Tableau 4.

Il convient de signaler que **les données du Tableau 4 ne sont pas comparables entre elles** du fait qu'elles n'ont pas été collectées et traitées de la même façon et selon les mêmes critères.

Néanmoins il est possible de faire les commentaires suivants :

— Les grands chantiers présentent généralement des indices de fréquence moins élevés que les plus petits, parce que le personnel des services (chantier lui-même et cités) est proportionnellement plus élevé et que ces activités présentent un moindre risque que celles liées à la production; de plus, sur les grands chantiers, on accorde une plus grande attention à la prévention des accidents.

— Les données rassemblées par le Bureau of Reclamation de 1960 à 1987 (seules données comparables entre elles) montrent que les indices de fréquence et les indices de gravité sont semblables pour les barrages en terre et ceux en béton, ce qui est surprenant car, en général, on pense que les barrages en béton impliquent un plus grand risque, du fait que les travaux s'effectuent à de grandes hauteurs. On n'est cependant pas surpris de constater que les galeries ont un indice de fréquence plus élevé que les barrages et que la rubrique « Usines hydroélectriques » (barrages, galeries, centrales et installations électriques annexes) présente un indice de fréquence comparable à celui des barrages.

— En ce qui concerne l'évolution des indices dans le temps, l'analyse des données et plus particulièrement de celles relatives aux barrages construits en France entre 1970 et 1986 sur le Rhône, en Corée entre 1967 et 1988, ainsi que les données rassemblées par le Bureau of Reclamation de 1960 à 1980, révèle une diminution constante en accord avec les observations du chapitre 2 concernant le secteur plus vaste de la construction.

— En ce qui concerne, enfin, l'exposition au risque des différents groupes ethniques, d'après les données des chantiers de Kainji et de Taabo, on peut remarquer que les indices relatifs à la main-d'œuvre locale sont égaux à 1/3 de ceux du personnel spécialisé en provenance de l'étranger. Comme le fait remarquer

---

## 3. OCCUPATIONAL ACCIDENTS ON DAM SITES

---

### 3.1. STATISTICAL DATA

As to accidents on dam construction sites, which is the subject of primary interest, some data reported by INAIL indicate that the frequency rates on these sites in Italy are 10 to 15 % higher than those of the whole construction industry as listed in Table 1. This is in line with the experience of safety professionals who are monitoring such sites.

Moreover, we have been able to collect further data on sites located in other countries from contractors and owners operating in the field. These data, even if incomplete, provide an adequate picture of the accident trend in this domain. They are listed in Table 4.

We must say, first of all, that **the data** included in Table 4 **are not directly comparable**, since they have not been collected and processed in the same way and according to the same criteria.

However, it is possible to make the following comments :

— Larger sites are generally recording lower frequency rates than smaller sites, because the number of employees assigned to the site services and camps is proportionally higher (these activities involve lower hazards as compared to those directly associated with the production activities), and also because greater care is exercised to accident prevention.

— The data collected by the Bureau of Reclamation from 1960 to 1987 (the only data that can be directly compared) show that the frequency and severity rates are very similar between earth dams and concrete dams. This is quite surprising, because concrete dams are usually considered as more hazardous, being works performed at large heights. Conversely, it is not surprising to see that tunnels have a higher frequency rate than dams and that the item " Hydroelectric Plants " (including dams, tunnels, power houses and associated electric systems) has a frequency rate comparable to that of dams.

— As to the frequency and severity rate trend over the time, the review of the data (and more particularly those related to the dams constructed in France from 1970 to 1986 on the Rhone, the dams constructed in Korea from 1967 to 1988, and the data collected by the Bureau of Reclamation from 1960 to 1980) shows that they are continually decreasing, in line with the comments made in Section 2 on the whole construction field.

— Finally, on the subject of the exposure to hazards by the different ethnic groups, the data pertinent to the Kainji and Taabo projects show that the accident rates of local employees account for 1/3 of those related to skilled personnel coming from abroad. As pointed out by the Kainji Safety Officer, that is due to the

l'Ingénieur de Sécurité de Kainji, ceci est dû au grand nombre de travailleurs locaux, à bas niveau de formation, par rapport aux immigrés soumis à des rythmes excessifs de travail et voués à des tâches à plus haut risque.

Les indices relevés à Tarbela, en revanche, sont semblables, ce qui signifie que les immigrés et la main-d'œuvre locale ont eu le même comportement au travail.

### 3.2. SECTEURS ET OPÉRATIONS À HAUT RISQUE

Nous avons aussi cherché à déterminer quels sont les secteurs et les activités, dans un chantier de barrage, qui présentent les risques d'accidents les plus élevés et quels sont les indices correspondants. Cette recherche apparaît cependant assez difficile. Le travail d'analyse et de comparaison risque même de fournir des résultats trompeurs, car dans une partie seulement des chantiers dont nous possédons les données, on a effectué des relevés par secteur ou par type d'opération. C'est le cas du chantier de Salto Grande (Argentine-Uruguay) : il s'agit d'un barrage en béton et en remblai. Le rapport final indique que le secteur à risque le plus élevé a été celui des ouvrages en béton en hauteur (If = 200 contre un indice moyen du chantier de 88), alors que les activités à risque le plus élevé ont été exécutées en hauteur pour la pose des armatures du béton (If = 301), suivi par les déplacements de coffrage (If = 183) et le coulage du béton (If = 171).

De façon analogue, une analyse des accidents dans les chantiers de certains barrages construits en Italie de 1972 à 1988 montre qu'accidents et journées perdues se répartissent comme suit :

— perforation .....	20 %
— armatures et coulage .....	40 %
— services .....	25 %
— construction et manipulation des installations de chantier .....	5 %

### 3.3. CAUSES DES ACCIDENTS DE TRAVAIL

Le peu de données dont nous disposons, relatives surtout aux accidents les plus graves, complétées par l'expérience des ingénieurs de chantier, font apparaître que les accidents dans la construction des barrages ont, en général, les causes spécifiques suivantes :

— la complexité des opérations exécutées, exigeant l'emploi d'engins et d'appareils très puissants et fatigants à manœuvrer, du moins jusqu'à une époque récente;

— les modalités de travail, en continu et avec des cadences élevées, afin de respecter des programmes contraignants;

— le relâchement de l'attention chez les ouvriers et les agents de maîtrise lors du passage d'une phase de travail difficile et dangereuse à d'autres qui ne semblent pas l'être, ou lorsque le travail est devenu une routine; par conséquent, dans de nombreux cas, les ouvriers négligent les mesures personnelles de protection nécessaires;

— les besoins en sources d'énergie importantes (électricité, air et fluides comprimés) se trouvant parfois très éloignées les unes des autres dans le chantier et utilisées de façon discontinue;

abundance of local personnel with limited skills compared with expatriate employees working excessive hours and accepting the most risky jobs.

Conversely, the accident rates of both groups reported from the Tarbela project are quite similar, indicating that both the expatriate and local staff followed similar behaviour on the job.

### 3.2. MORE HAZARDOUS AREAS AND WORKS

We have also tried to identify the areas and activities on a dam construction site involving higher accident hazards, as well as their frequency and severity rates. It is, however, a quite difficult task; the subsequent analyses and comparisons might even supply misleading results, because we have a breakdown by areas and single works for just a few sites. Among them is the dam at Salto Grande (Argentina - Uruguay, a concrete and fill dam) and the final report outlines that the most hazardous areas concerned high-rise concrete structures (FR = 200 against a site average rate of 88), while the most hazardous activities were the erection of reinforcing bars (FR = 301), followed by handling of formwork (FR = 183), and pouring of concrete (FR = 171).

Similarly, a survey conducted on the accidents occurring on dam construction sites in Italy, from 1972 to 1988, outlines that the number of accidents and days charged are to be subdivided as follows :

— excavation .....	20 %
— reinforcement and pouring .....	40 %
— services .....	25 %
— erection and handling of plant .....	5 %

### 3.3. OCCUPATIONAL ACCIDENT CAUSES

The scarce data available, which mainly relate to the most serious accidents, supplemented by the experience of safety officers, tell us that accidents in dam construction are generally due to the following specific causes :

— Complexity of work performed and use of very powerful machinery and heavy tools (at least until a few years ago).

— Working procedures based on long work shifts, in order to comply with demanding construction schedules.

— Decreased attention by workers and supervisors, when they complete a difficult and dangerous work and start a new one that looks less demanding, or when the worker becomes too much familiar with his job; as a consequence, workers often neglect to comply with the required personal protective measures.

— Need for large service facilities (electric power, compressed air and fluids) located in job areas which are sometimes remote from each other and needed only intermittently.

- le déplacement du personnel du secteur logements à celui du travail et vice versa;
- le transport de matériaux des carrières ou des entrepôts vers les lieux de mise en œuvre et les déplacements du personnel à l'intérieur du chantier pour des tâches particulières;
- l'environnement, naturel ou artificiel, dans tous ses aspects : microclimat, obscurité ou rayonnement excessif, travail en altitude ou en galerie;
- les catastrophes naturelles, qu'elles soient d'origine géologique (effondrements de talus et de galeries, fuites de gaz, tremblements de terre) ou provoquées par des circonstances météorologiques exceptionnelles (crues de rivières, avalanches ou éboulements).

L'expérience montre que les causes citées en premier (celles qui dépendent de l'activité humaine) ont une fréquence plus élevée, mais une ampleur moindre, que celles citées en dernier, qui dépendent de la nature et peuvent entraîner un plus grand nombre de personnes dans une même catastrophe.

- Need to transfer personnel from their camps to and from the work areas.
- Transportation of materials from quarries or warehouses to work sites, and movement of personnel inside the site for specific tasks.
- Work environment, either natural or artificial, in all its aspects (microclimate, darkness, glare, work at a great height or in tunnels).
- Natural events caused both by geological hazards (collapse of slopes and tunnels, gas leaks, earthquakes) and by exceptional meteorologic events (floods, avalanches, or landslides).

Experience tells us that the first causes mentioned above (those dependent on human activities) are more frequent, but of lower magnitude, while the last ones (those dependent on natural events) are less frequent, yet their magnitude is greater and can involve many more people.





Table 4 - Data on accidents reported on some job sites for dam construction  
 Tableau 4 - Données relatives aux accidents du travail sur un certain nombre de chantiers de barrages

Dam Barrage				Number of accidents Nombre d'accidents			Days charged Jours perdus	Worked Man-Hours Heures- Hommes de travail (millions)	Frequency rate Indice de fréquence		Severity rate Indice de gravité	Data Source Source des données
Name/Nom	Country Pays	Constr. period Période de constr.	Type	Disability Incapacité	Fatal Morts	Total			Total	Fatal accid. Morts		
Kainji	Nigeria	1964-67	CB/ER	(L) 541 (I) 252	12 6	553 258	84 474 37 690	25.5 3.7	21.7 68.9	0.47 1.62	3 310 10 000	Impregilo
				(T) 793	18	811	122 164	29.2	27.8	0.66	4 180	
Tarbela	Pakistan	1968-75	CB/ER	(L) 3 976 (I) 208	114 3	4 090 211	1 463 036 39 485	252.8 10.5	16.3 20.1	0.45 0.28	5 805 3 760	
				(T) 4 184	117	4 301	1 502 521	263.3	16.4	0.44	5 705	
Taabo	Ivory Coast Côte d'Ivoire	1975-78	CB/ER	(L) 245 (I) 56	4 1	249 57	28 997 6 616	13.9 0.9	17.9 62.4	0.28 1.09	2 086 7 246	
				(T) 301	5	306	35 613	14.8	20.9	0.33	2 400	
Kpong	Ghana	1977-82	CB/ER			211	28 423	27.3	7.7		1 040	
Salto Grande	Arg./Uruguay	1977-81	CB	4 913	16	4 929	228 855	55.8	88.2	0.28	4 095	
Itaipu	Braz./Parag. Brés./Parag.	1976-88	CB			15 824	1 091 205	610.7	25.9	0.23	1 786	
Alicura	Argentina Argentine	1979-84	ER	4 399	10	4 409	115 661	25.9	164.7	0.38	4 465	
Yacyreta	Arg./Parag. Argentina	1984-*	ER	3 074	7	3 081	103 013	46.9	65.0	0.16	2 134	
Piedra Del Aguila	Argentina Argentine	1985-*	CB	5 091	8	5 097	170 664	26.4	192.6	0.33	6 448	
Caderousse	France	1970-73				628	14 651	4.3	143.7		3 350	Compagnie Nationale du Rhône
Péage de Roussillon	France	1975-77				480	7 246	4.0	120.2		1 870	
Vaugris	France	1977-80				255	4 150	2.7	92.9		1 510	
Chautagne	France	1978-81				116	3 036	1.3	85.8		2 240	
Belley	France	1979-82				201	5 040	2.4	82.8		2 070	
Bregnier-Cordon	France	1981-85				109	2 900	1.7	62.6		1 660	
Sault-Brenaz	France	1984-86				69	1 768	1.0	71.8		1 840	
Sinni	Italy/Italie	1972-87	ER	452		452	29 528	3.3	136.0		8 880	
Rio Leni	Italy/Italie	1977-86	ER	238		238	3 436	1.1	214.3		3 090	
Belice	Italy/Italie	1977-84	ER	191		191	10 036	1.5	124.9		6 570	
Cesima	Italy/Italie	1981-87	ER	70		70	1 704	0.8	88.5		2 150	
Chiasco	Italy/Italie	1984-88	ER	128		128	3 088	1.1	110.1		2 650	
Locone	Italy/Italie	1984-87	ER	89		89	2 066	0.8	113.8		2 600	Italstrade S.p.A. Girola S.p.A. W. Nemetz
Disueri	Italy/Italie	1982-*	ER	89	1	90	2 669	0.9	93.8	1.11	9 560	
Ziller	Austria Autriche	1981-85	CB	653	11	664			120.0			
Various Embk. Dams Barrages divers en rembl.	USA	1960-69	ER			573	218 562	36.4	15.7		5 995	Bureau of Reclamation
" " "	USA	1970-79	ER			130	39 206	12.5	10.3		3 126	
" " "	USA	1980-87	ER	195	4	199	34 273	10.5	18.9	0.38	2 368	
Various Concrete Dams Barrages divers en béton	USA	1960-69	CB			382	163 395	26.6	14.3		6 131	
" " "	USA	1970-79	CB			74	23 300	13.6	5.4		1 714	
" " "	USA	1980-87	CB	72	1	73	7 066	2.3	31.3	0.43	3 036	
Various Tunnels Galleries diverses	USA	1960-69				400	82 653	12.9	30.8		6 380	
" " "	USA	1970-79				310	34 266	9.6	32.3		3 576	
" " "	USA	1980-87		117		117	1 795	3.6	32		491	
Hydroelectric Plants (Including : Dams, Civil Works, and Electric Power Systems) Usines hydroélectriques (avec : barrages, ouvrages de génie civil, installations élect.)	USA	1960-69		2 207		2 298	662 948	129.2	17.1	0.70	5 130	
	USA	1970-79		1 051	17	1 068	157 262	73.4	14.3	0.23	2 141	
	USA	1980-87		1 115	11	1 126	81 064	40.5	27.8	0.27	2 002	
Soyanggang	Korea/Corée	1967-74	ER		35			29.8		1.17		Kowaco
Andong	Korea/Corée	1972-76	ER		14			14.8		0.95		
Taechong	Korea/Corée	1975-81	CB/ER		8			13.4		0.60		
Chungju	Korea/Corée	1978-85	CB		12			30.2		0.40		
Hapchom	Korea/Corée	1983-88	CB		1			13.6		0.07		
Peace (I)	Korea/Corée	1987-88	CB/ER		3			8.4		0.36		
Juam	Korea/Corée	1983-*	ER		1			5.7		0.18		
Zaaihoek	South Africa	1987-88	CB	8			120	1.0	8.1		120	
Inanda	Afr. du Sud	1987-90	CB/ER	59	1	60	539	3.5	16.9	0.30	1 847	
Wolwedans	South Africa	1987-90	CB	31			246	2.5	12.4		100	
Knellport	South Africa	1988-90	CB	10	1	11	155	2.0	5.3	0.5	3 077	

Notes :

\* = Works still under way in 1990/Travaux en cours en 1990.

CB = Concrete Dam/Barrage en béton.

ER = Embankment Dam/Barrage en remblai.

CB/ER = Dam consisting of concrete and embankment/Barrage en béton et en remblai.

(L) = Local Staff/Personnel local.

(I) = Immigrated Staff/Personnel immigré.

(T) = Total Staff/Personnel au total.

---

## 4. ÉVALUATIONS D'ENSEMBLE

---

### 4.1. NOMBRE D'ACCIDENTS

Du Tableau 4 on déduit que les indices de fréquence (If) dans un chantier de barrage, pour les dix dernières années, sont compris entre les valeurs suivantes :

- If cas non mortels 60-180 (dont 4-5 % avec incapacité permanente);
- If cas mortels 0,15-0,45.

Les variations dépendent du type de barrage (en remblai, poids en béton, à voûte mince, à contreforts, etc.), de sa hauteur, de son développement, de la complexité des ouvrages (excavations souterraines, excavations profondes, travaux en immersion, etc.), mais surtout du type d'organisation, de la technologie utilisée, de la main-d'œuvre employée (plus ou moins, ou pas du tout qualifiée, comme c'est le cas souvent dans les pays en voie de développement).

Si l'on considère, par hypothèse, un chantier type dans lequel travaillent **1 000 personnes** pour une durée de **4 ans** (soit un total de **6 500 000 heures de travail**), sur la base des données statistiques ci-dessus **il est possible, en l'état actuel des choses, de prévoir les pertes suivantes, pour les seuls accidents :**

- Cas non mortels : 400-1 200 dont 20-60 avec incapacité permanente.
- Cas mortels : 1-3.

De plus, du fait que les accidents non mortels entraînent, en moyenne, un arrêt de travail de 25 à 35 jours chacun, **on peut prévoir qu'entre 15 et 50 travailleurs vont rester inactifs par suite des accidents**, avec pour conséquences des problèmes de soins et de remplacements (il faut prévoir des effets équivalents pour les maladies professionnelles et pour les maladies dues à l'environnement).

S'il est vrai que notre recherche vise à recommander des mesures susceptibles de réduire **les données ci-dessus**, celles-ci **confirment**, autant que possible, **que les pertes en vies humaines et les dommages aux personnes pendant la construction des barrages sont supérieurs à ceux qu'entraînerait la rupture des ouvrages au cours de leur exploitation**. Ce qui est confirmé par le Bulletin CIGB n° 73 de 1989, déjà cité.

### 4.2. COÛTS DES ACCIDENTS

On calcule que le coût direct par accident équivaut en moyenne, actuellement en Italie, à :

- 3 000-3 500 dollars par accident ne provoquant qu'une incapacité temporaire;
- 200 000-250 000 dollars par accident mortel.

Ces sommes comprennent : l'indemnisation, le secours d'urgence et les soins médicaux.

Aux États-Unis, d'après ce qui a été publié par « Accident Facts 1988 », ces coûts s'élèvent à :

---

## 4. SUMMARY EVALUATIONS

---

### 4.1. NUMBER OF OCCUPATIONAL ACCIDENTS

From the data provided in Table 4 it can be noted that in the last decade the accident frequency rates on dam sites range between the following values :

- Nonfatal accidents FR 60 to 180 (4 to 5 % with permanent disability).
- Fatal accidents FR 0.15 to 0.45.

Rates vary depending on : the type of dam (earthfill, gravity, arch, buttress, etc.); the height and width, the work complexity (underground excavations, deep excavations, underwater works, etc.); but above all on the type of work organization, the technologies applied, and the personnel involved (more or less qualified, or not at all experimented, like it often occurs in developing countries).

Let us consider, for example, a typical site employing **1 000 workers** over a time period of **4 years** (hence, a total of **6 500 000 worked hours**). Based on the statistics provided above, **we can estimate, under normal circumstances, the following losses caused by accidents only :**

- Nonfatal cases : 400 to 1 200 (20 to 60 with permanent disability).
- Fatal cases : 1 to 3.

Moreover, since each nonfatal accident causes an average absence from work of 25 to 35 days, **it can be estimated that 15 to 50 employees will be absent from work through injury**, with related problems of medical treatment and replacement of workers. (Similar problems must be faced also in the case of occupational and environmental diseases).

Although the purpose of this report is to suggest the appropriate measures to reduce **the data mentioned above**, we cannot ignore that these data (albeit with the necessary tolerances and uncertainties) **confirm that the loss of human lives and the injuries to workers during the construction of dams are higher than those caused by the collapse of dams in operation**. This was also reported by the ICOLD Bulletin No. 73 of 1989, already cited in the Introduction to this report.

### 4.2. COSTS

It is estimated that the direct financial cost of each accident in Italy currently averages :

- \$ 3 000 to 3 500 for each accident resulting in a temporary disability;
- \$ 200 000 to 250 000 for each fatal accident.

The above sums include : compensation, first aid and medical treatment expenses.

According to the figures published by “ Accident Facts 1988 ”, these costs in the United States amount to :

- 16 500 dollars par accident avec incapacité temporaire;
- 490 000 dollars pour les cas mortels, comprenant les indemnisations, les frais de secours d'urgence et les soins médicaux, les charges administratives.

Dans l'ensemble, **le coût direct qui est à la charge du chantier type** dont il est question au paragraphe 4.1. **peut être évalué entre 0,8 % et 1,5 % du coût de l'ouvrage.**

Si au coût direct viennent **s'ajouter les coûts indirects** causés par la gêne que les accidents entraînent dans l'organisation du travail, par les conséquences pénales à la charge des responsables, par les dommages subis par le matériel, les machines et les ouvrages, on atteint, d'après certains spécialistes, des coûts égaux à 3-4 fois les coûts directs et donc **correspondant à plus de 3 % du coût de l'ouvrage.**

- \$ 16 500 for each accident resulting in a temporary disability;
- \$ 490 000 for each fatal accident, including : compensation, first aid and medical treatment expenses, and administrative costs.

On the whole, **the direct financial cost which the typical site**, considered under Section 4.1 above, **must face can be estimated at 0.8 to 1.5 % of the total construction cost.**

If to the above direct cost **we add also the accident indirect costs** involved by the negative impact on work organization, the penal consequences against accountable people, as well as the material damage to equipment, tools, and works, we reach, according to the opinion of some qualified experts, costs 3 to 4 times as much as direct costs, thus **corresponding to over 3 % of the total construction cost.**

---

## 5. NÉCESSITÉ DE RÉDUIRE LES ACCIDENTS DU TRAVAIL

---

La constatation du coût des accidents, les effets négatifs sur l'organisation du travail ou la crainte de conséquences pénales, ne doivent pas être les seules raisons à pousser les responsables d'entreprises et, pour ce qui les concerne, les maîtres d'ouvrage et les maîtres d'œuvre eux-mêmes, à combattre les accidents du travail; il y a aussi et surtout **la conscience morale qui exige qu'on mette en œuvre toutes les mesures utiles et nécessaires à garantir la protection physique du personnel**. Cette exigence n'est qu'un aspect, dans le domaine du travail, de ce sens éthique profond, propre à l'homme, qu'on appelle « le respect de la vie humaine ».

Les considérations faites jusqu'ici sur les accidents du travail pourraient être répétées, bien qu'avec des données statistiques moindres, à propos des maladies professionnelles, qui constituent elles aussi une atteinte à la santé des travailleurs et qui ont leur coût. Vis-à-vis de celles-ci, les responsables des entreprises se doivent de respecter la même exigence morale.

C'est pourquoi, dans la suite de cette étude, nous traiterons à la fois des Accidents et des Maladies Professionnelles.

---

## 5. NEED TO REDUCE OCCUPATIONAL ACCIDENTS

---

The recognition that accidents are costly, the adverse effect on work organization, or the fear of penal consequences must not be the only reasons for urging the management of construction companies, as well as owners and project engineers — as far as they are concerned — to prevent labour accidents, but also, and above all, **the moral obligation requiring that all practical and necessary measures be taken to safeguard the work force.** In the work field, such an obligation is just an aspect of that deep ethical sense, peculiar to man, which is known as “ Respect for Human Life ”.

The considerations so far made on occupational accidents can apply, even if the statistics available are less, to illnesses caused by the work environment, which result in injuries to employees and additional costs, and towards which the management of construction companies must feel the same moral duty.

From now on, our comments will cover both Labour Accidents and Occupational Diseases.



---

## 6. RÈGLEMENTS ACTUELS

---

De tout temps, la société a institué des règles tendant à éviter les pertes en vies humaines : initialement très générales (« tu ne tueras point » dans la loi de Moïse, « *neminem laedere* » dans le droit romain), elles ont pris, plus récemment et avec le développement des activités industrielles, un caractère spécifique dans le but de prévenir les accidents du travail et les maladies professionnelles. Aujourd'hui, dans les systèmes législatifs modernes, on a, en règle générale, deux types de règles :

### 6.1. RÈGLES PÉNALES

Elles frappent les responsables de dommages corporels, y compris les accidents du travail et les maladies professionnelles.

### 6.2. RÈGLES PRÉVENTIVES

Elles comprennent généralement une série très détaillée de dispositions à prendre : milieu de travail, méthodes de travail, construction et emploi du matériel, installations et protections qu'il est nécessaire d'adopter.

Dans la plupart des pays, les règles de prévention sont des véritables lois et leur inobservation est l'objet de sanctions, même sans accident.

A la fin de ce Rapport, on donne une bibliographie des différents règlements, prescriptions et publications recueillis sur la base des indications fournies par les Comités Nationaux de la CIGB.

#### i) *Principe général*

En règle générale, les dispositions préventives établissent le principe selon lequel il est du ressort de l'Entreprise d'organiser les travaux de telle sorte que ceux-ci se déroulent dans des conditions de sécurité optimale, aussi bien pour les travailleurs du chantier que pour les tiers présents sur le chantier.

Récemment, cependant, on tend également à impliquer dans l'organisation de la sécurité des chantiers les maîtres d'ouvrage et les maîtres d'œuvre. Un exemple est donné par la Législation Espagnole qui prévoit (Décret Royal 555/1986) l'insertion d'une Étude d'Hygiène et de Sécurité dans tous projets du secteur bâtiment-travaux publics. Elle devra être signée par le maître d'œuvre et par la suite être transformée en Plan de Sécurité par l'entrepreneur.

De plus, il est intéressant de signaler que ce plan doit être pris en compte dans le coût de soumission des travaux et que l'adjudicataire ne pourra pas réduire le coût de ce plan, sans aucune raison, après adjudication du contrat.

Nous croyons que cette disposition de la Loi Espagnole est très importante et que, à court terme, elle pourrait être adoptée, sous une forme identique, par les autres États de la Communauté Économique Européenne (voir doc. CEE 5477-7-89

---

## 6. CURRENT REGULATIONS

---

Human society has always established rules aimed at preventing human losses. First, they were generic (“Thou Shalt Not Kill” in the Ten Commandments or “Neminem Laedere” in the Roman Code). In more recent times, with industrial progress, they became more specific, with the aim of preventing occupational accidents and occupational diseases. In modern legal systems there are generally two types of regulations :

### 6.1. PENAL REGULATIONS

Against those who are accountable for injuries to people, including those caused by occupational accidents and occupational diseases.

### 6.2. PREVENTION REGULATIONS

Usually including a very detailed list of measures to be taken : work environment, work methods, manufacture and use of plant, installations and protections to be adopted.

In most countries, prevention regulations are actual laws and noncompliance with them is an offence, even if no accident occurs.

At the end of this Report we are providing a Bibliography of Safety Standards, Requirements and Publications we have collected based on the suggestions of ICOLD National Committees.

#### i) *Overall Principle*

Generally speaking, all accident prevention regulations state the principle that the contractor has an obligation to organize the work, so that it is performed in the best possible safety conditions for employees assigned to it and for third parties working on the sites for different reasons.

Recently, however, owners and project engineers have also started to be involved in the site safety organization. An example is provided by Spanish Law (Royal Decree 555/1986), which requires that a Labour Safety and Health Study be included in any public work project, signed by the project engineer and then developed by the contractor as the Safety Plan.

Moreover, it is worth noting that this Plan must include the full tender cost provision for safety measures, and that the successful tenderer may not reduce this provision under any circumstances after the contract is awarded.

In our opinion, this provision of the Spanish Law is very important and we expect that it might be adopted soon in similar form by the other countries of the European Economic Community (refer to EEC Document 5477-7-89 covering the

au sujet des dispositions de base pour la sécurité et l'hygiène applicables dans les chantiers temporaires ou mobiles, conformément à la Directive CEE 89/391). En fait, ainsi qu'on le verra, la réussite de la prévention repose aussi sur la responsabilisation des maîtres d'œuvre et des maîtres d'ouvrage.

ii) *Chantiers à entreprises multiples*

Des problèmes peuvent se poser lorsque plusieurs entreprises avec des obligations contractuelles différentes interviennent sur un chantier, ce qui se produit souvent sur les chantiers de barrages pour réaliser des tâches très différentes (génie civil, électromécanique, etc.) avec leurs sous-traitants respectifs. Dans ce cas, et bien qu'en principe chaque entrepreneur doit mettre en œuvre des mesures de prévention pour son propre travail, la législation de certains États (l'Argentine par exemple : Ley n° 19587/72 - art. 3) établit la coresponsabilité de l'entrepreneur principal avec les sous-traitants.

Dans de nombreux cas, par décision des autorités locales ou par dispositions contractuelles, l'entrepreneur principal (habituellement celui chargé du génie civil) est responsable de la prévention en général et de la coordination des actions de prévention de chaque entreprise.

iii) *Chantiers à cheval sur plusieurs États*

Évoquons, pour conclure, le cas peu courant de chantiers de barrages situés à cheval sur plusieurs États qui ont des législations différentes.

Il est alors nécessaire d'harmoniser toutes les normes. C'est le cas, par exemple, des chantiers du Salto Grande (entre l'Argentine et l'Uruguay), de Yacyreta (entre l'Argentine et le Paraguay), de Itaipu (entre le Brésil et le Paraguay). Pour ce dernier, dans le cadre plus large d'accords entre les deux États pour l'exploitation hydroélectrique du bassin du Rio Parana sur lequel est construit le barrage, des Accords et des Directives ont été signés pour établir des règles de prévention uniques valables pour toutes les entreprises opérant sur le chantier; elles fixent les modalités d'application et les compétences de chaque entrepreneur principal ou sous-traitant.

### 6.3. CONTRÔLE

En plus des règles de prévention, les États et/ou les maîtres d'ouvrage doivent créer des organismes de contrôle pour s'assurer de l'application de ces règles. Il s'agit, en général, d'inspecteurs munis de pouvoirs spéciaux pour contrôler les chantiers, arrêter tout travail effectué en infraction aux dispositions réglementaires et appliquer des sanctions.

minimum safety and health measures to be enacted on temporary and mobile sites, in pursuance of the EEC Directive 89/391). In fact, as we will see later on, a successful Safety Plan relies to a large extent on the involvement of project engineers and owners.

ii) *Multiple Contractors on the One Site*

Problems usually arise when multiple contractors, having different contractual responsibilities, are operating on the same site (as is generally the case for large dams) and performing different aspects of the project (civil, electro-mechanical, etc.), each of them with subcontractors for specialized works. In such cases, without detracting from the principle that each single contractor must establish a Safety Plan for his own work, the law in some countries provides for the joint accountability of the main contractor and subcontractors (such as in Argentina : Ley No. 19587/72 - art. 3).

In many cases, either by order of the local authorities or by clauses included in the contract, the main contractor (usually, the one that performs civil works) is held responsible for overall accident prevention and for the coordination of the prevention activities of each other company.

iii) *Sites on the Border Between Countries*

Finally, we wish to mention the unusual case of dam sites which are located on the border of several countries having different accident prevention regulations.

Here a blending of all existing rules is required. Such is the case at the sites at Salto Grande (between Argentina and Uruguay), at Yacyreta (between Argentina and Paraguay), at Itaipu (between Brazil and Paraguay). For this last project, within the larger framework of the agreements between these two countries for the hydroelectric utilization of Rio Parana basin, where the dam is located, Agreements and Regulation Acts were signed to establish common accident prevention standards for all the contractors performing work and providing services at the dam site, defining how they should be achieved and also the areas of responsibility of every contractor, whether main contractor or subcontractor.

### **6.3. CONTROL**

Besides accident prevention regulations, countries and/or owners must set up procedures to check that these regulations are enforced. They usually rely on inspectors who are given special authority to visit sites, stop any works not performed in compliance with the regulations, and apply sanctions.

---

## 7. MESURES POUR LIMITER LES ACCIDENTS ET MALADIES PROFESSIONNELLES DANS LA CONSTRUCTION DES BARRAGES

---

Dans les chapitres précédents 3 et 4, en analysant les données fournies par les Maîtres d'ouvrage et Entreprises ayant travaillé à la construction de quelques-uns des plus grands barrages du monde, nous avons cherché à évaluer le risque d'accidents sur les grands chantiers. Ensuite (chap. 4 et 5), nous avons examiné les principales règles existant dans le domaine de la prévention, pour mettre l'accent sur l'importance que la société accorde à ce problème, et sur le fait que désormais la lutte contre les accidents du travail et les maladies professionnelles constitue, pour tous les États, un objectif essentiel.

A partir d'exemples concrets et sur la base d'expériences acquises sur les chantiers, nous chercherons maintenant à cerner quelles peuvent être les mesures les plus appropriées pour éviter ou réduire les accidents et les maladies professionnelles dans la construction des barrages. Cependant, il convient d'abord de préciser deux points :

— le mot « éviter » doit être compris dans son sens probabiliste, puisque nous sommes tous convaincus que les accidents du travail et les maladies professionnelles ne peuvent être complètement éliminés, et qu'un risque résiduel subsistera toujours.

— nous étudierons plus particulièrement les grands et moyens chantiers nécessitant d'importants investissements en matériels et en machines et situés en des lieux d'accès malaisé, à des kilomètres de la ville plus proche.

Précisons que cette étude ne concernera pas les différentes mesures techniques à adopter, mais s'en tiendra à l'organisation et à la gestion du chantier. Dans les Annexes, on trouvera cependant quelques exemples de mesures préventives particulières.

### 7.1. NIVEAUX D'INTERVENTION

Un programme efficace de prévention comprend trois phases :

— **la prévention proprement dite**, qui consiste dans l'adoption de mesures techniques et d'organisation afin d'éliminer les causes des accidents du travail et des maladies professionnelles (par exemple, l'usage de machines « sûres » ou de robots dans les opérations dangereuses ou insalubres), dans l'instruction du personnel et dans la planification des actions de sécurité.

— **la protection**, qui consiste dans l'adoption de mesures de défense, collectives ou individuelles, pour réduire au minimum les conséquences d'un accident (par exemple l'adoption de filets pour arrêter les chutes, de casques pour amortir les chocs, ou de masques lorsque l'air est pollué, etc.).

— **le secours immédiat et efficace aux accidentés**, pour limiter les conséquences de l'accident, par un système d'alerte efficace et des moyens de transport rapides (par exemple, les hélicoptères dans les chantiers de montagne et dans les chantiers éloignés).

---

## 7. MEASURES TO AVOID OR REDUCE OCCUPATIONAL ACCIDENTS AND DISEASES IN DAM CONSTRUCTION

---

In previous Sections 3 and 4, we analyzed the data provided by owners and contractors who constructed some of the most important dams all over the world, in order to evaluate the accident hazard on large sites. Then, in Sections 5 and 6, we examined the main rules existing in the accident prevention field, in order to underscore the importance that human society is attaching to this problem, and also the awareness that the fight against occupational accidents and occupational diseases has now become a major target for all countries.

Now, based on what has already been accomplished and the experience of those who are involved in these activities, we will try to spotlight which are the most appropriate measures to avoid or reduce accidents and diseases in dam construction. But, first of all we must clarify two points :

— The term “ to avoid ” should be interpreted in a probabilistic sense, as there is general agreement that accidents and diseases cannot be totally eliminated, and a residual hazard must always exist.

— Our report covers large and medium-sized sites, requiring substantial investments in plant and equipment and located in inconvenient places, sometimes many miles from the nearest town.

It should be noted that this report does not cover the specific technical measures to be taken, but rather considers site organization and management. However, some examples of specific accident precautions are provided in the Appendices to this report.

### 7.1. ACTION STAGES

An effective labour safety program includes three stages :

— **Actual Prevention**, consisting of the adoption of technical and organizational measures in order to avoid the causes of occupational accidents and diseases (for instance, the use of “ safe ” equipment or robots instead of workers for dangerous or unhealthy works), personnel indoctrination and planning of safety measures.

— **Protection**, consisting of the adoption of both collective and personal precautions to minimize injuries in the event of an accident (for instance, use of safety nets to stop a worker’s fall, or protective helmets to deaden the impact of falling objects, or of respirators when the air is polluted).

— **Timely and Effective Care of the Injured Person**, so as to minimize the severity of accidents, by using the most effective communication systems and the fastest means of transportation, such as helicopters on mountain and remote sites.

## 7.2. RESPONSABILITÉS

**Tout le personnel du chantier doit être persuadé que la sécurité, dans la construction du barrage, a la même importance que la qualité du travail et le respect des programmes et du devis.** Il lui appartient donc de participer à la lutte contre les accidents du travail et les maladies professionnelles.

Cette conviction doit être partagée par le personnel de l'entreprise-pilote et celui des sous-traitants et des fournisseurs. Il faut ajouter que le personnel de contrôle du maître d'ouvrage et les auteurs du projet doivent également se sentir concernés. Évidemment, les tâches varient selon les fonctions de chacun :

— **Le chef de projet**, en définissant les lignes directrices du projet, doit veiller à ce que les ouvrages puissent être exécutés selon des méthodes simples et bien définies, afin que dans les phases successives de construction il soit possible de prendre en compte les critères de prévention, surtout dans les opérations les plus complexes (excavation, ouvrages en surplomb et en hauteur, installations électromécaniques).

— **Les projeteurs des différentes parties de l'ouvrage** doivent veiller à ce que les plans d'exécution permettent une exécution facile (par exemple préfabrication en usine), un montage fait en sécurité et un entretien aisé (passerelles de service, dispositifs d'accrochage des appareils de levage, crochets pour les cordes de sécurité, etc.). De plus, l'entreprise devra être encouragée à proposer et à adopter toute innovation allant dans ce sens.

— **Les projeteurs des installations de chantier** doivent veiller à ce que les installations offrent le maximum de sécurité pendant leur montage, leur fonctionnement et leur démontage. De plus, ils devront veiller à ce que les machines n'engendrent pas un bruit excessif, des poussières, des fuites de gaz ou de liquides, qui se révéleraient nocifs pour le personnel de conduite, les ouvriers du voisinage et l'environnement.

— **Les projeteurs des infrastructures de chantier** (cités, sanitaires, cantines, vestiaires, bureaux, infirmerie, hôpital, etc.) devront s'assurer qu'elles sont adéquates et confortables, placées dans des lieux protégés de catastrophes naturelles (crues, glissements de terrain, avalanches, tremblements de terre) et que les alimentations en eau et en électricité et le fonctionnement du système d'égoûts soient assurés même dans des conditions météorologiques extrêmes. On portera une attention particulière à la mise en place d'un réseau efficace de communications, ainsi que de moyens d'intervention et de transport rapides et fiables pour les opérations de secours.

— **La Direction Générale de l'entreprise-pilote joue le rôle principal** : elle doit programmer les ressources, stimuler et coordonner les agents responsables des travaux et des installations. Dans ce but, elle pourra favoriser l'intérêt aux mesures de prévention, par des récompenses et des primes (voir chap. 7.5). De plus, la Direction Générale doit exercer une surveillance sur la manière de travailler du personnel de façon directe ou indirecte, en se servant de conseillers ou d'inspecteurs là où ceux-ci exercent une action de prévention, et veiller à ce que le matériel, les machines et les engins acquis soient conformes aux règles de sécurité découlant des dispositions législatives et des contrats de fourniture. Elle étudiera des méthodes de travail appropriées et les plus sûres possibles. Elle vérifiera que le personnel embauché est pourvu d'une formation professionnelle correspondant aux tâches qui seront les siennes.

## 7.2. RESPONSIBILITIES

All personnel working on the site **must be convinced that safety in dam construction is as important as work quality and the compliance with work schedules and project budget**, and must therefore participate in the fight against occupational accidents and occupational diseases.

This belief should be held strongly by the personnel of the main contractor and all subcontractors and suppliers of services. It is worth adding that the owner's inspectors and the project engineers must also be involved in accident prevention. Of course, their tasks differ, depending on the work they have been assigned to.

— **The Project Director** should pay special attention when establishing the project guidelines, so that the construction work can be performed using well-defined and easy methods. That will allow suitable prevention criteria to be included in the subsequent development phases, especially for the most demanding works (excavation, cantilevered and high-rise structures, installation of electro-mechanical equipment).

— **Engineers on each single part of the project** must ensure that their final designs are able to be constructed by simple methods (e.g. systems of factory prefabrication), safe erection, and easy maintenance (service bridges, facilities for lifting equipment, hooks for safety ropes, etc.). In addition, the contractor should be encouraged to suggest and adopt innovative systems.

— **Designers of concrete, aggregate, and crushing plants** should ensure that the equipment incorporates maximum safety provisions during its erection, operation and also dismantling. Moreover, they should ensure that the equipment does not produce excessive noise, dust, or gas or liquid leaks that might be dangerous to the personnel involved, those operating in adjacent areas, and the external environment.

— **Designers of site facilities** (camps, services, canteens, locker rooms, offices, infirmary, hospital, etc.) should ensure that they are convenient and comfortable, that the places where they are located are adequately protected against natural events (floods, avalanches, landslides, earthquakes); and that their service connections (water, power supply, drains) are always able to operate, even during very bad weather conditions. Special care must be devoted to the setting up of an efficient communication network and the availability of fast and reliable means of rescue and transportation.

— **The main contractor's top management plays the main role.** It must plan the resources, and motivate and coordinate the employees assigned to the works, plant, and equipment. To this end, the management could encourage the interest of the work force in accident prevention measures by planning awards and prizes to be given to employees (refer to Section 7.5). Further, top management must supervise work practices, either directly or indirectly through counsellors or supervisors responsible for preventive measures, and ensure that all equipment, machinery and materials comply with the safety provisions included in the appropriate laws, regulations, and supply contracts. Proper and safe work procedures must be devised and adequate training must be provided to ensure that all personnel possess the skills needed for their specific jobs.



Enfin, la Direction Générale devra veiller à ce que les temps de travail trop lourds soient évités ou réduits.

— Il est souhaitable que les **Syndicats** fassent partie des organismes de contrôle ou des Comités chargés de l'élaboration de nouvelles règles, et qu'ils contrôlent l'application des règles déjà en vigueur. En outre, ils pourront influencer positivement les ouvriers afin qu'ils respectent les mesures prévues.

— **Les chefs de chantier, les chefs de section, les contremaîtres** devront s'assurer que les travaux sont exécutés selon les méthodes prévues; ils proposeront les modifications souhaitables et mettront en œuvre tous les dispositifs de sécurité qu'une bonne technique et leur expérience personnelle peuvent suggérer.

— **Les responsables de l'entretien** des installations et des ateliers s'efforceront de prévenir les pannes grâce à des méthodes d'entretien périodique et programmé des installations, des machines et du matériel. En tout état de cause, ils exécuteront leurs interventions en utilisant du matériel et des pièces de rechange garantis et, le cas échéant, chercheront à améliorer les conditions de sécurité.

— **Les ouvriers** devront agir suivant les techniques et les méthodes prévues par la direction, se conformer aux instructions de leurs chefs et ne pas se soustraire aux mesures de sécurité existantes.

— **Les équipes de secours** devront toujours être prêtes à intervenir. Dans ce but, elles devront s'entraîner sous la direction d'instructeurs expérimentés et maintenir leur matériel et leur équipement en ordre.

Conformément aux responsabilités énumérées ci-dessus, **c'est le sommet de l'organigramme de l'entreprise qui doit concevoir un projet sécurité avant le commencement des travaux : sa mise en œuvre se réalise à tous les niveaux pendant la réalisation des travaux.**

Le principe affirmé au début de ce chapitre, que la sécurité est du ressort des exécutants et qu'en conséquence la responsabilité d'une application bonne ou mauvaise des règles leur incombe, est incontournable d'après les règlements mêmes des États et les principes d'une bonne organisation.

Toutefois, il est nécessaire que l'ensemble des exécutants soit parfaitement informé des risques relatifs aux différents types de travaux, ainsi que des règles en vigueur. Ce qui est rendu possible par la constitution d'**une structure de soutien spécialisée** qui, étant dispensée de responsabilités opérationnelles directes, peut se consacrer entièrement aux travaux de recherche, suggérer des améliorations, procéder à des relevés de données; cette structure est couramment appelée « **Comité d'Hygiène et de Sécurité du Travail** ».

### **7.3. COMITÉ D'HYGIÈNE ET DE SÉCURITÉ DU TRAVAIL**

En général, son existence est exigée par les principes d'une bonne organisation. Dans certains cas, c'est le maître d'ouvrage qui en demande la constitution par contrat; ou bien la Loi elle-même en détermine les tâches et la composition; par exemple :

— La « Ley de Higiene y Seguridad en el Trabajo » n° 19.587 de 1972 de l'Argentine.

Finally, top management should see that excessive working hours and work shifts are avoided or minimized.

— It would be advisable that the **Trade Unions** be members of the Agencies and Committees responsible for devising new standards and supervising the application of the existing ones; they could also be of help in persuading the personnel to comply with the required safety measures.

— **Field engineers, section managers, and foremen** should make certain that the works are performed according to established procedures, recommend necessary corrective actions and adopt safety measures that good practice and their experience suggest.

— **Maintenance personnel** should do their best to prevent breakdowns and shall apply methods of periodical and planned maintenance of plant, equipment, and machinery. In performance of their task they must use first-quality materials and spare parts and try, whenever possible, to increase the safety level of the work for which they are responsible.

— **Workers and operators** must apply the procedures and methods established by management, comply with their supervisor's instructions, and observe the existing safety measures.

— **Personnel assigned to emergency first aid squads** must always be ready for immediate action. To this end they must have training courses under the guidance of experienced instructors and always keep their first aid material and equipment in order.

As we can see from the responsibilities listed above, it is apparent that **safety must be planned by top management prior to the start of construction, and it must then be followed by all levels of the work force.**

The principle stated at the beginning of this Section, that safety is the responsibility of all those who are working on a project and, therefore, that all are responsible for the good or bad application of the safety measures, is a must according to the standards established by every country and according to good practice principle.

It is, however, necessary for employees to become fully aware of the hazards involved in the different tasks, and to have knowledge of the existing rules : and this can be accomplished through a **specialist supporting structure**. Since this structure has no direct operating responsibilities, it can fully devote itself to research, recommendations, and data collection. This structure is commonly known as a "**Labour Safety and Health Office**".

### **7.3. LABOUR SAFETY AND HEALTH OFFICE**

This office is generally considered necessary as a matter of good practice rules. In some cases, it is required by the owner's conditions and sometimes by law, which may define its tasks and the level of staffing.

For instance :

— The Argentine "**Ley de Higiene y Seguridad en el Trabajo**" (Labour Health and Safety Law) No. 19.587 of 1972.

— Les « Acordos » du 16 janvier 1975 entre le Gouvernement de la République Fédérale du Brésil et celui de la République du Paraguay pour l'aménagement « Itaïpu Binacional ».

— Le « Code de Sécurité pour les Travaux de Construction » du Québec (Canada) éd. 1987 — aux articles 2.5.3 et 2.5.4.

— Le « Construction Safety Act » (1971-75) du Queensland (Australie), aux articles 58 et suivants.

— La « Directive-Cadre » du Conseil de la CEE, du 12 juin 1989, article 7.

i) **Les tâches** du Comité d'Hygiène et de Sécurité du Travail sont ainsi définies par l'article 34 du Décret 355/79 qui tient lieu de Règlement de la Loi Argentine n° 19.587/72 déjà citée (et de façon comparable par les autres lois citées) : « La tâche fondamentale du Comité d'Hygiène et de Sécurité est de déterminer, promouvoir et maintenir les conditions optimales du site et le plus haut niveau possible de sécurité ».

Il s'agit donc d'études et d'expertises techniques et juridiques qui doivent être faites en partie sur les lieux de travail, en partie dans les bureaux des projets, ainsi que dans les services achats et dans les bureaux programmes et méthodes, surtout dans la phase d'organisation du chantier.

En général, le personnel du Comité d'Hygiène et de Sécurité du Travail ne doit pas intervenir directement, ni donner des instructions ou des ordres aux exécutants, afin de ne pas gêner les responsables dans leur travail.

Toutefois, en cas de danger particulier ou imminent, il est juste que l'ingénieur de la sécurité intervienne afin de suspendre les activités et de mettre les travailleurs en sûreté, quitte à en référer au plus tôt aux ingénieurs responsables et à étudier avec eux les mesures adéquates de prévention.

ii) **La position** du Comité d'Hygiène et de Sécurité du Travail dans l'organigramme de l'entreprise doit correspondre à un niveau « cadre », dépendant directement de la Direction Générale. Lorsque plusieurs entreprises sont présentes sur le même chantier, les contrats devront prévoir la constitution d'un Comité de Sécurité inter-entreprises supervisé par un délégué du maître d'ouvrage.

Surtout sur les grands chantiers, la pratique courante est de confier au Comité d'Hygiène et de Sécurité du Travail, en plus des missions mentionnées ci-dessus, d'autres tâches.

Il s'agit en général de :

- gestion des postes de secours et d'incendie;
- contrôle du stockage et de la manipulation des explosifs;
- contrôle de la circulation;
- formation du personnel aux techniques de sécurité (voir Annexe F);
- relevé des données concernant les accidents et élaboration de statistiques.

iii) **Le nombre des préposés** au Comité d'Hygiène et de Sécurité du Travail, pour

– The “ Acordos ” (Agreements) dated January 16, 1975 between the Governments of the Federal Republic of Brazil and the Republic of Paraguay for the “ Itaipu Binacional ” project.

– The “ Code de Sécurité pour les Travaux de Construction ” (Safety Code for Construction Works) of Quebec (Canada) ed. 1987 - under art. 2.5.3 and 2.5.4.

– The “ Construction Safety Act ” (1971-75) of Queensland (Australia) under art. 58 and following.

– The “ Overall Directive ” of the EEC Council dated June 12, 1989, under art. 7.

i) **The tasks** of the Labour Safety and Health Office are defined as follows under art. 34 of the Decree 355/79, which states the rules of the above mentioned Argentine Law No. 19.587/72. (The other laws mentioned above define these tasks in a similar way.) “ El Servicio de Higiene y Seguridad en el Trabajo tiene como mision fundamental, determinar, promover y mantener adecuadas condiciones ambientales en los lugares de trabajo y el mas alto nivel de seguridad ”. (The fundamental task of the Labour Safety and Health Office is to determine, promote, and maintain proper site environmental conditions and the highest possible safety level.)

In other words, the responsibilities of a Labour Safety and Health Office include studies as well as legal and technical counselling, to be performed both on work sites and, above all during the planning phase, in the offices where the construction and related equipment are designed, and work schedules and construction methods are developed, as well as in the purchasing office.

Generally speaking, the Labour Safety and Health Office personnel may not give direct instructions or directions to foremen or workers, nor interfere with the person responsible for performance of the work.

Yet, in case of impending danger, the safety engineer must be authorized to stop the work and relocate employees associated with the job to a safe place. In such an event he must immediately report the situation to the responsible engineers and establish with them the proper safety measures to be adopted.

ii) **The position** of the Labour Safety and Health Office in the company organization chart must be a staff position, directly reporting to the top management. If there are several construction companies working on the same site, the contracts should require the appointment of a joint Safety Committee under the supervision of the owner's representative.

Besides these tasks, the Labour Safety and Health Office must also perform some operating tasks, mainly on large sites, and these usually relate to :

- management of first aid and fire-fighting services;
- supervision of explosives storage and handling;
- traffic control;
- personnel training in accident prevention [see Appendix (F)];
- recording of accident data and processing of statistics.

iii) **The number of employees** in the Labour Safety and Health Office to perform

affronter toutes ces tâches, peut être relativement élevé. d'autant plus que certaines fonctions exigent un roulement par équipe, de façon à couvrir la totalité du temps de travail.

Il ne nous est pas possible de fournir des recommandations spécifiques sur leur nombre, vu la complexité et la variabilité des tâches dont peut être chargé le Comité. Nous savons, par exemple, que sur le chantier d'Itaipu, pas moins de 250 personnes, sur un total de 30 000 travailleurs, dépendaient du Comité de Sécurité; à Yacyreta et à Piedra del Aguila, 23 personnes se consacrent à cette tâche, respectivement pour un total de 7 000 et 3 400 travailleurs.

iv) **La compétence professionnelle** du personnel préposé aux différentes fonctions de la sécurité doit être considérable : en plus de connaissances techniques étendues, ils doivent être disponibles pour écouter, avoir du sens critique et de l'autorité, et faire preuve d'objectivité. Le Décret 351/79 de l'Argentine, ainsi que les règles en vigueur dans d'autres pays, fixent non seulement les effectifs minimaux en fonction du risque inhérent au type de chantier et du nombre d'ouvriers, mais spécifie également que les postes de direction du Service de Sécurité soient occupés par des spécialistes (techniciens et/ou ingénieurs ayant reçu une formation spécifique et inscrits sur une liste officielle).

#### **7.4. TECHNIQUES SPÉCIFIQUES : LE PLAN D'HYGIÈNE ET DE SÉCURITÉ**

Ces dernières années, les spécialistes de la Sécurité ont mis au point **une méthode de programmation opérationnelle** que l'on considère fondamentale **pour l'organisation des activités d'un grand chantier dans de bonnes conditions de sécurité** : il s'agit du « **Plan d'Hygiène et de Sécurité** ». C'est un document rédigé avant le début des travaux, dans lequel sont analysés, en détail, toutes les activités de construction ainsi que les procédés d'exécution, en relation directe avec la sécurité du personnel de chantier. Ce plan définit les risques prévisibles, indique les mesures de prévention et de protection à adopter pour réduire les risques, et établit les modalités de contrôle de l'application desdites mesures.

Le Plan d'Hygiène et de Sécurité peut correspondre à différents niveaux : le plan général relatif à l'exécution générale des travaux; les plans détaillés concernant les différentes parties d'ouvrage. Évidemment, aucun plan ne saurait correspondre à toutes les situations. Pour être effectif il doit se rapporter à une activité bien définie, aux technologies mises en œuvre, aux conditions particulières du chantier et à ses différents secteurs. Il doit être souple pour permettre les changements possibles des procédés d'exécution. Il doit enfin favoriser l'intégration de la sécurité dans la réalisation des travaux. Il ne doit pas créer de contraintes ou d'entraves qui limiteraient l'activité aux procédures déjà déterminées.

**Le Plan d'Hygiène et de Sécurité doit être rédigé et géré au sein même de l'entreprise**, avec la collaboration des spécialistes de la sécurité, étant donné que c'est dans l'entreprise que l'on connaît les techniques à adopter, les machines et les engins disponibles, le projet d'exécution, le planning des travaux; ce qui est en accord avec les considérations qui ont été faites maintes fois et que la pratique confirme régulièrement, à savoir, que **la sécurité ne peut être programmée de façon correcte que par ceux qui connaissent parfaitement les caractéristiques de la construction.**

the above tasks may reach a substantial level, especially because some tasks must be organized over a number of shifts, so as to cover all working hours.

We are not in a position to make specific recommendations on their number, in view of the complexity and variability of the tasks this office may be responsible for; we know, for instance, that on the Itaipu site as many as 250 people (out of a total of 30 000 employees) were reporting to the Safety Office; while at Yacyreta and Piedra del Aguila there are 23 safety people (out of a total of 7 000 and 3 400 employees, respectively).

iv) **The professional skills** of the safety personnel must be outstanding. In addition to a general engineering background, there must be a willingness to listen, critical skill, objectivity and authority. The Argentine Decree 351/79 and the regulations in force in other countries not only establish a minimum number of safety people based on the construction activity hazards and the total number of employees, but also require that the safety service management be entrusted to highly qualified people (university graduates and/or engineers who have attended specific safety courses and are registered in professional rolls).

#### **7.4. SPECIFIC TECHNIQUES : THE SAFETY AND HEALTH PLAN**

In recent years, safety engineers have developed **an operating planning method**, which is considered fundamental **in organizing activities** on a large construction site to **proper safety levels**. This is the “**Safety and Health Plan**” which is developed prior to the start of construction, with a detailed analysis of all construction operations and activities, as well as working procedures directly relating to the safety of on-site personnel. The Plan defines the expected hazards, determines the prevention and protection measures to be adopted to reduce these hazards, and establishes the procedure to ensure that these measures are complied with.

The Safety and Health Plan can be at different levels : the overall plan related to the general construction of the work, and also detailed plans related to separate portions. Needless to say, no plan can be specific enough to apply to all situations. Rather to be effective, it must refer to each single activity, the technologies used, and the specific conditions of the site, and its sectors. It must be flexible, so as to allow possible changes in the operating procedures. It must foster the integration of safety into the different jobs. It must not create constraints or barriers confining the activity to fixed procedures.

**The Safety and Health Plan must be developed and produced within the construction company** with the assistance of safety engineers. This is because it is only inside the company that the techniques to be adopted, the machinery and plant to be used, the final design, and the construction program are known. This is in line with what has been stated many times and that practice always confirms, namely, **that safety can be correctly planned only by those who fully understand the construction parameters.**

Dans l'hypothèse où plusieurs entreprises travaillent sur le même chantier (ce qui est le cas le plus courant dans les grands chantiers de barrages), ce Plan représente la réponse technique la mieux adaptée aux risques engendrés par les interférences. Les différentes entreprises, ayant normalement des spécialisations différentes (génie civil, mécanique, électricité, etc.), sont tenues d'établir un Plan pour la partie des travaux qui les concerne, tandis que le maître d'ouvrage (ou l'entreprise-pilote ou un comité technique *ad hoc*) sera chargé de coordonner ces plans, en harmonie avec le plan général des travaux.

Le Plan d'Hygiène et de Sécurité est prévu par la législation de différents pays :

- En Espagne, Décret Royal 555/1986, comme développement de l'Étude de Sécurité rédigée par le maître d'œuvre;
- en France, Loi n° 76-1106 et Décret no. 77-996;
- en Italie, la Loi 833/78 donne des règles de caractère général, qui récemment ont été largement appliquées (Loi 305/89 et Loi 55/90);
- au Québec, Loi 21/12/79 - Chap. IX, et Décret 1959/86 - Chap. II;
- CEE : la Directive-Cadre du 12-6-1989 et le document de travail 5477/7/89 concernant les chantiers temporaires ou mobiles.

Une fois rédigé, le Plan doit aussi servir de guide pour d'éventuelles opérations de contrôle du maître d'ouvrage et des Comités techniques de contrôle.

## 7.5. PRIMES

Parmi les mesures à adopter, le système de primes peut être intéressant, non seulement pour réduire les accidents du travail mais aussi pour développer à tous les niveaux une mentalité anti-accidents.

A notre avis, les primes devraient se limiter aux personnes ayant une responsabilité directe dans la conduite des travaux. En effet, l'application de ce système aux ouvriers pourrait nuire au planning et à la productivité, entraîner des complications de contrôle et de comptabilité. Il y aurait aussi ce paradoxe qui consisterait à récompenser le travailleur qui réussit à éviter l'accident pour lui-même, bien qu'il soit le premier à signaler les risques qu'encourent ses camarades et à y parer.

Les avis des techniciens sont plutôt partagés et l'on a peu d'exemples réussis d'application d'un système de primes, même si dans certains pays il s'agit d'une pratique courante (par exemple au Québec, en Australie où il s'applique à tout le personnel).

Toutefois, il paraît raisonnable de proposer un système incitant à un contrôle rigoureux de la sécurité, basé sur les critères suivants :

i) On établit pour des périodes déterminées, par exemple un trimestre, des seuils maximaux relatifs aux indices de fréquence et de gravité qui doivent être respectés; si ces seuils ne sont pas dépassés, des primes sont attribuées aux responsables au niveau de contremaîtres et au niveau plus élevé de contremaîtres principaux et chefs de section, par exemple.

ii) On fixe des seuils analogues pour les mêmes indices relatifs, cette fois, à

In the event of multiple contractors operating on the same site (and this is very common in large dam construction), the Plan provides the most adequate technical answer to possible risks caused by interface situations. The different contractors (usually specialized in different fields : civil, mechanical, electrical works, foundation treatment, etc.) must develop Plans for their own part of the project, and the owner (or the main contractor, or an “ ad hoc ” Technical Committee) should be responsible for the coordination of these plans, in line with the overall project plan.

A Safety and Health Plan is required by law in several countries :

- by Spanish law (Royal Decree 555/1986), as a development of the Safety Study prepared by the project engineer;
- by French law (L. 76-1106 and Decree No. 77-996);
- by Italian law (L. 833/78), that establishes general requirements, which have been recently widely applied (L. 305/89 and L. 55/90);
- by Canadian (Quebec) law (L. 21/12/79 - Section XI and Decree 1959/86 - Section II);
- by EEC Overall Directive dated June 12, 1989 and the Work Document 5477/7/89 on temporary and removable sites.

Once the Safety and Health Plan is developed, it must also serve as a guideline for a possible control activity by the owner and the Supervisory Technical Committees.

## 7.5. INCENTIVES

A system that could be of some interest within the measures to be adopted, not only to reduce occupational accidents, but also to develop an accident prevention awareness all throughout the organization, is the development of an “ Incentive Plan ”.

In our opinion, this plan should be limited to the staff having direct responsibilities for work management. In fact, should the plan be extended to the work force, it could cause disruption, reduce productivity, and increase the complexities of accounting and supervision. There is also the obvious contradiction of rewarding a workman if he succeeds in avoiding injuries to himself, even though he may be the first to report and prevent possible hazards to his fellow workers.

The opinions of experts on this matter are quite divergent and there are very few examples of successful incentive plans, even though it is a common practice in some countries (for example, in Quebec and in Australia; in this latter country, incentive plans are extended to the entire personnel).

However, it appears reasonable to suggest a system to motivate strict safety supervision based on the following criteria :

- i) Set maximum limits of frequency and severity rates, that field supervisors are responsible to achieve, over preset periods of time (for instance, on a three-month basis). If they succeed in keeping the rates below the preset limits, cash prizes are awarded both to those responsible at a lower level (e.g. foremen) and to those at a higher level (chief foremen or section managers).
- ii) Set similar limits of frequency and severity rates for all on-site activities on



l'ensemble des activités du chantier sur une durée d'un an, et au-dessous desquels on attribue aux cadres du chantier (chef d'aménagement, ingénieur en chef) des diplômes d'honneur délivrés par le maître d'ouvrage ou par des autorités reconnues, ainsi que des voyages gratuits, ou autres récompenses.

## 7.6. COÛT DES MESURES DE SÉCURITÉ

L'étude d'un plan de sécurité, l'organisation et l'entretien d'un service de sécurité sur le chantier, l'achat et l'entretien de matériel adapté aux exigences de sécurité... tout cela a un coût, limité néanmoins si la sécurité est réellement intégrée au travail ou, mieux encore, si tout le personnel — des projeteurs aux exécutants — agit au départ selon des principes de sécurité. Ce qui doit être évité, car les interventions tardives n'éliminent pas les accidents mais constituent un gaspillage, ce sont les coûts de remise aux conditions de sécurité (modifications de machines achetées « hors normes »; construction d'ouvrages provisoires non conformes aux règlements ou que l'on aurait pu éviter en intégrant à l'avance à l'ouvrage définitif les dispositifs nécessaires; réfection d'installations, interruptions décrétées par l'Autorité compétente ou par les organismes chargés des contrôles).

Une Étude de Sécurité exécutée par un cabinet d'expertises en mai 1986 pour la construction d'un barrage en remblai en Espagne établit un devis de 430 000 dollars environ, comprenant la protection individuelle et collective, les moyens de lutte contre les incendies, les protections électriques, les installations hygiéniques et récréatives, les interventions de médecine préventive et de secours d'urgence, la formation du personnel, les activités de coordination, soit, pour un coût global de l'ouvrage s'élevant à 24 millions de dollars environ, une incidence de 1,8 %.

D'après les données relatives à l'organisation du chantier d'Itaipu, le personnel préposé à l'organisation de sécurité de l'ensemble du chantier représente 0,8 % de l'ensemble du personnel, tandis que pour le chantier del Piedra del Aguila il représente 0,7 % et pour Yacyreta 0,4 %.

Il s'agit donc au total de frais de personnel s'élevant à quelques millièmes du coût global de l'ouvrage, frais bien inférieurs au coût des accidents tel qu'on l'a estimé au chapitre 4.2.

Outre le bien inestimable que représentent les vies humaines épargnées ou la réduction des dommages aux personnes, et le gain — mesurable celui-là — relatif aux dommages matériels, il faut prendre en compte les avantages indéniables sur le plan de l'organisation.

En effet, d'après l'expérience, rien que le fait de s'occuper des problèmes de sécurité habitue les techniciens à approfondir à l'avance tous les autres problèmes dont ils ont la charge.

a yearly basis, limits below which senior site personnel (project manager, agent, chief engineer) are awarded testimonials of merit by the owner or a public authority, or free trips and the like by the contractor.

## **7.6. THE COST OF SAFETY PRECAUTIONS**

No doubt, the study of safety plans, the organization and maintenance of a Safety Service on the site, and the procurement and maintenance of proper safety material do involve costs. However, these costs can be limited if safety is actually integrated into the execution of work, or better, if the whole work force, from top management down to labourers, acts according to safety principles. Because delays do not eliminate accidents and are a waste of money, the costs that must be avoided are those needed to restore safety conditions (e.g. modifications of equipment purchased not “ in compliance with standards ”; construction of provisional works either not in compliance with regulations or that could have been avoided by including the necessary arrangements in the final project; reconstruction of plant, and work stoppages required either by law enforcement agencies or supervisory bodies).

From a Safety Study carried out by a consultant company in May 1986 for the construction of an embankment dam in Spain, we can see that there is an estimate of about \$ 430 000 for individual and collective protection, fire fighting facilities, power supply protection, hygiene and welfare facilities, preventive medical treatment and first aid assistance, and finally for personnel training and coordination activities, out of an expected construction cost of about \$ 24 million, thus corresponding to a 1.8 % allowance.

From the data concerning the Itaipu site organization, we can see that the safety people account for 0.8 % of the total on-site personnel, while those at Piedra del Aguila account for 0.7 %, and those at Yacyreta for 0.4 %.

On the whole, we can assert that safety personnel costs account for just a few thousandths on the total construction cost, which is much less than the accident costs estimated under Section 4.2.

In terms of benefits, besides the immeasurable one of the saving of human lives or reduction of injuries, and the measurable one related to material damages, there are undoubted benefits to the organization.

Experience reveals that the very involvement of construction engineers in safety problems helps them to anticipate problems in other areas of their responsibilities.

---

## 8. CONCLUSIONS - RECOMMANDATIONS

---

Nous avons constaté que les accidents du travail et les maladies professionnelles étaient en constante diminution, dans le monde entier et dans tous les secteurs de la construction; cela se manifeste, en particulier, dans le domaine des chantiers de grands barrages et résulte des expériences des maîtres d'ouvrage et des projeteurs, de la haute qualification des entreprises chargées de la réalisation, ainsi que des technologies d'avant-garde.

Toutefois, il convient de ne pas relâcher les efforts visant à une prévention efficace, puisque de nouveaux barrages seront construits dans un proche avenir pour la production d'énergie, l'irrigation et la maîtrise des crues, et principalement dans les pays en voie de développement, dans lesquels manque la tradition des réflexes de prévention, fruits du progrès industriel.

Dans les chapitres précédents nous avons montré les ressources qui peuvent être mobilisées dans la lutte contre les accidents du travail et les maladies professionnelles; mentionné quels moyens d'organisation et quelles méthodes de travail et de contrôle peuvent être mises en œuvre; évalué les coûts; indiqué les avantages susceptibles d'être obtenus, directement grâce à la réduction du nombre et de la gravité des accidents et des maladies professionnelles, et indirectement en matière d'organisation du travail et pour ce qui touche à l'image des maîtres d'ouvrage, des projeteurs, des entreprises elles-mêmes, dans l'opinion publique.

La prévention comportant un coût et des obligations notables au niveau de l'organisation, surtout dans la phase initiale, il n'est ni juste ni efficace que dans les pays où n'existent pas de dispositions réglementaires (ou, si elles existent, elles ne sont que partiellement observées) sa mise en œuvre soit laissée à la bonne volonté des entreprises.

### 8.1. SUGGESTIONS POUR LES CONTRATS FUTURS

Sans attendre des dispositions légales, à valeur universelle, qui imposeraient dans tous les pays l'adoption de techniques d'organisation et de méthodes opérationnelles comme celles que nous avons décrites (une impulsion notable dans ce sens pourrait être fournie à l'intérieur de la Communauté Européenne par la promulgation de l'ensemble des Directives CEE et leur application dans chacun des États), la CIGB, avec son prestige international, pourrait promouvoir des accords entre les maîtres d'ouvrage des grands barrages, afin que ceux-ci introduisent dans les cahiers des charges des nouveaux ouvrages quelques dispositions spécifiques imposant aux entreprises de se doter d'une organisation adéquate et de méthodes opérationnelles adaptées, favorisant la sécurité et l'hygiène du travail.

De cette façon, les soumissionnaires seraient placés tous dans la même situation. Les maîtres d'ouvrage qui ne confient pas les travaux au seul vu du prix demandé (c'est habituel pour les grands projets), mais en fonction de toute une série de paramètres (qualité des ouvrages, technologie utilisée, temps de réalisation,

---

## 8. CONCLUSIONS - RECOMMENDATIONS

---

We have noted that occupational accidents and occupational diseases are continually decreasing all over the world and in all construction fields, especially on large dam sites, thanks to the experience of owners and project designers, the skills of contractors, and the use of advanced technologies.

However, the efforts for an effective prevention must not be discontinued, since new dams will be built in the near future for power production, irrigation, and flooding control, mainly in developing countries, where prevention activities, which are the result of industrial progress, have a very poor tradition.

In previous Sections, we have outlined the resources that can be used to fight occupational accidents and occupational diseases; the organizational tools and working and control procedures that can be utilized; the costs to be faced; and the benefits that can be achieved. These advantages can be both direct : reduced number and severity of occupational accidents and occupational diseases; and indirect : more effective work organization and better image of owners, project designers, contractors towards public opinion.

But, since prevention involves substantial organizational costs, especially at the initial phase of works, it is neither right nor fruitful that in those countries where there are no legal regulations (or, even, if there are, they are only partially enforced), its accomplishment should rely only on contractor's voluntary efforts. Therefore, we deem it useful to make the following recommendations.

### 8.1. SUGGESTIONS FOR FUTURE CONTRACTS

While waiting for legal regulations to enforce health and safety procedures in all countries (the European Community has the opportunity to set a good lead by the enforcement in all the EEC countries of the complete regulations provided for by the EEC Directives), we consider that ICOLD has sufficient worldwide prestige to promote the initiative for the main large dam owners to include in their contract specifications for new works some specific conditions which require contractors to provide adequate organization and operating methods for labour safety and health.

That would put all bidders at the same starting level in this respect. And owners, who do not award a contract solely on the basis of price (which is common for major projects), but also consider a wider range of elements (construction quality, technology used, performance timing, financial guarantees, etc.), will find in the

garanties financières, etc.), trouveront, quant à eux, dans l'organisation proposée pour la sécurité et l'hygiène du travail un nouvel et important élément d'évaluation de la qualité de l'offre.

Il est évident qu'au cours de l'exécution des travaux le maître d'ouvrage doit assurer un contrôle efficace des mesures de sécurité mises en œuvre, par l'intermédiaire de membres de son personnel et/ou d'experts venus de l'extérieur, en plus des contrôles effectués par les Services Publics.

Quant à nous, nous concluons ce rapport en formulant les recommandations suivantes pour l'établissement des contrats.

## **8.2. APPEL D'OFFRES**

Dans les documents fournis par le maître d'ouvrage aux soumissionnaires devrait figurer une série de données et d'informations, plutôt générales qu'exhaustives, susceptibles d'avoir des répercussions sur la sécurité et l'hygiène du travail.

Sur la base de ces indications l'entreprise rédigera et présentera en même temps que sa soumission :

i) Une « Étude sommaire » des mesures de sécurité et d'hygiène qu'elle entend adopter dans la préparation et l'organisation des différentes zones du chantier, à savoir :

- cités;
- bureaux;
- installations de chantier et ateliers;
- voies de passage et transport du personnel;
- zones des travaux.

ii) Une « Étude particulière » des mesures de sécurité, de protection et d'hygiène qu'elle entend adopter dans l'exécution des principaux travaux tels que :

- excavation et terrassement;
- production de granulats;
- galeries de dérivation et d'évacuation des crues;
- coffrages;
- armatures;
- bétonnage;
- installations électromécaniques;
- équipements flottants et travaux subaquatiques.

iii) Une description détaillée de l'organisation qu'elle entend constituer sur le chantier, concernant :

- l'attribution des fonctions, l'organisation et le contrôle des mesures de sécurité et d'hygiène du travail (Comité d'Hygiène et de Sécurité du Travail);
- l'organisation de postes de secours et d'assistance médicale;
- l'information et la formation du personnel quant à l'application des règles de sécurité.

proposed organization for labour safety and health an important additional point for evaluating tender quality.

It is obvious that, during the performance of the work, the owner must effectively monitor the safety measures actually adopted, through its own personnel and/or through outside consultants, in addition to the checks performed by public supervisors.

On our part, as a conclusion to this report, we wish to suggest the following provisions for inclusion in contract documents.

## **8.2. INVITATION TO TENDER**

The tender documents supplied by the owner to contractors should include a series of general — rather than exhaustive — data and information that may affect occupational safety and health.

Based on this data, the contractor must develop and submit the following, along with his tender :

i) A “ Summary Study ” on the safety and health measures planned to be adopted when arranging and organizing the different work areas, namely :

- camps;
- offices;
- site plant and workshops;
- transit roads and personnel transportation;
- work areas.

ii) A “ Specific Study ” on the safety, protection, and health measures planned to be adopted on the major works, such as :

- excavation and earthworks;
- production of aggregates;
- tunnels for diversions and spillways;
- formwork;
- reinforcing steel;
- concrete pouring;
- installation of electro-mechanical equipment;
- marine equipment and underwater works.

iii) A detailed description of the organization planned to be set up on the site as to :

- assignment of tasks, development and supervision of safety and health measures (Labour Safety and Health Office);
- organization of first aid and medical treatment;
- personnel instruction and training in safety rules.

Dans cette description seront précisés le nombre, les tâches et l'organigramme du personnel de sécurité concerné.

iv) La somme forfaitaire, accompagnée des analyses requises, correspondant aux charges mentionnées au point iii). Aucune réduction ne sera admise sur cette somme au moment de l'attribution des travaux, quel que soit un éventuel rabais sur d'autres parties de la soumission; elle sera versée en fonction de l'avancement des travaux et au vu d'un fonctionnement correct de l'organisation de la sécurité.

### **8.3. CAHIER DES PRESCRIPTIONS SPÉCIALES (CPS)**

En plus des règlements en vigueur sur le territoire du pays où l'ouvrage est réalisé, l'entreprise aura l'obligation d'adopter les mesures et méthodes de prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles décrites dans l'Étude sommaire et dans l'Étude particulière jointes à la soumission.

Le maître d'ouvrage, en accord avec le maître d'œuvre, examinera et approuvera les dites études (points 8.2. i) et 8.2. ii)) en y apportant, avant l'adjudication, les modifications jugées nécessaires, conformément aux indications fournies au moment de l'appel d'offres, étant bien entendu que le coût des opérations de prévention rentre dans le prix du marché adjugé.

De même, le maître d'ouvrage examinera et approuvera la description détaillée de l'organisation dont l'entreprise entend doter le chantier en ce qui concerne les services de prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles, ainsi que les postes de secours (point 8.2. iii); les éventuelles modifications que l'entreprise apportera pourront donner lieu à des variations du forfait compris dans la soumission, établies d'un commun accord.

L'entrepreneur, dans le cas où il estimera nécessaire d'adopter des mesures de sécurité autres que celles prévues dans la soumission, devra les présenter, avant leur application, à l'approbation du maître d'œuvre; elles devront en tout état de cause avoir au moins la même efficacité. L'entrepreneur aura en outre l'obligation de fournir chaque mois au maître d'œuvre les statistiques concernant les accidents du travail et les maladies professionnelles.

Bien que le maître d'ouvrage et le maître d'œuvre aient la faculté d'approuver et de demander des modifications, comme spécifié dans la clause mentionnée ci-dessus, il est expressément établi que la responsabilité de la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles est du seul ressort de l'entrepreneur.

The description mentioned above must specify the number, tasks, and organization chart of the safety personnel involved.

iv) The lump sum (backed up by adequate analyses) required for the costs involved in item (iii) above. This sum shall not be subject to any reduction, even if a discount is granted on other items of the tender upon awarding the construction work. It will be paid on the basis of construction progress and on good performance of the safety organization.

### **8.3. SPECIAL TERMS OF CONTRACT**

Besides observing the legal requirements in force in the country where the work is to be performed, the contractor must enact all the measures and procedures to prevent occupational accidents and diseases nominated in the “ Summary Study ” and “ Specific Study ” attached to his tender.

In agreement with the “ appointed engineer ” and before awarding the contract, the owner will examine and approve the “ Studies ” mentioned under item 8.2 (i) and 8.2 (ii) above, after incorporating possible changes to make them consistent with the requirements stated in the invitation to tender. It is understood that the cost of prevention operations is included in the price of the contract awarded.

Similarly, the owner will examine and approve the detailed description of the organization the contractor is planning to set up on the site to prevent occupational accidents and diseases, as well as the proposed first aid facilities [item 8.2 (iii) above]. Possible changes to be implemented by the contractor may involve mutually agreed variations to the lump sum included in the tender.

Should the contractor wish to amend his proposed safety measures from those indicated in his tender, so as to achieve equal or better results, he will have to submit the amendments to the project management for approval prior to their implementation. It will also be the contractor’s responsibility to provide the project management, on a monthly basis, with statistical data on the occupational accidents and diseases recorded.

While the owner and/or the engineer shall have power to give approvals and require changes as set out in the above clause, it is expressly understood that responsibility for the prevention of occupational accidents and diseases rests solely with the contractor.



---

## 9. BIBLIOGRAPHY - BIBLIOGRAPHIE

---

### ARGENTINA/ARGENTINE

#### 1. HIGIENE Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO

- LEY N° 19.587 - Ley de higiene y seguridad en el trabajo (21-4-1972);
  - DECRETO N° 351/79 - Reglamentacion de la Ley N° 19.587 (5-2-1979).
- Ghaem Editorial, Buenos Aires, 1988.

### AUSTRIA/AUTRICHE

#### 1. AUSHANGPFLICHTIGE GESETZE BUK (1985).

#### 2. ARBEITSSICHERHEIT BEIM BAU DES ZILLERKRAFTWERKES.

— W. Nemezt Öze Ig. 39 Heft, 5 mai 1986.

### AUSTRALIA/AUSTRALIE

#### 1. CONSTRUCTION SAFETY ACT 1971-1975 (31-6-1979).

Prepared by direction of the Honourable F. A. CAMPBELL, MLA, Minister for Labour Relations - QUEENSLAND.

#### 2. AN ACT TO AMEND THE CONSTRUCTION SAFETY ACT 1971-1975 AND THE INSPECTION OF MACHINERY ACT 1971-1974 (14-12-1982).

### BRAZIL/BRÉSIL

#### 1. TRABALHO E PREVIDENCIA SOCIAL (Acordos e atos normativos), Itaipu' Binacional.

#### 2. PROGRAMA DE HIGIENE E SEGURANÇA DO TRABALHO. PROGRAMA DE TREINAMENTO DE SEGURANÇA DO TRABALHO. NORMAS E ISTRUÇÕES DE SEGURANÇA DO TRABALHO. APOSTILAS SOBRE CURSOS DE SEGURANÇA DO TRABALHO - UNICOM.

### CANADA

#### 1. LOI SUR LA SANTÉ ET LA SÉCURITÉ DU TRAVAIL.

Sanctionnée le 21-12-1979 par l'Assemblée Nationale du Québec.

#### 2. CODE DE SÉCURITÉ POUR LES TRAVAUX DE CONSTRUCTION.

ASP Construction - Québec (1987).

### CEE

#### 1. DIRETTIVA QUADRO DEL CONSIGLIO DEL 12 GIUGNO 1989.

ATTUAZIONE MISURE VOLTE A PROMUOVERE IL MIGLIORAMENTO DELLA SICUREZZA E DELLA SALUTE DEI LAVORATORI DURANTE IL LAVORO (89/391/CEE).

2. DOCUMENTO DI LAVORO 5477/3/1989 RIGUARDANTE LE PRESCRIZIONI MINIME DI SICUREZZA E DI SALUTE SUI CANTIERI TEMPORANEI E MOBILI.

#### **FRANCE**

1. DÉCRET DU 8 JANVIER 1965 ET TEXTES D'APPLICATION.  
Édition INRS ED 535.  
Édition OPPBTP 181 H86 décembre 1986.
2. LOI n° 76-1106 du 6-12-1976 DÉVELOPPEMENT DE LA PRÉVENTION DES ACCIDENTS DU TRAVAIL.
3. DÉCRET N° 77-996 DU 19 AOUT 1977 - PLANS D'HYGIÈNE ET DE SÉCURITÉ DU CHANTIER - COLLÈGES INTERENTREPRISES D'HYGIÈNE ET DE SÉCURITÉ - VOIES ET RÉSEAUX DIVERS.

#### **ITALY/ITALIE**

1. NORME PER LA PREVENZIONE DEGLI INFORTUNI E L'IGIENE DEL LAVORO (Edizione 1989) (ISPELS).
2. PREVENZIONE INFORTUNI E IGIENE SUL LAVORO (Edizione 1970)  
Editore A. Giuffrè.
3. LEGISLAZIONE PER LA SICUREZZA E L'IGIENE DEL LAVORO (ISIL)  
(Edizione 1985 ed aggiornamenti).
4. ORGANIZZAZIONE E SICUREZZA IN CANTIERE (ANCE).
5. TESTO UNICO DELLE DISPOSIZIONI PER L'ASSICURAZIONE OBBLIGATORIA CONTRO GLI INFORTUNI E LE MALATTIE PROFESSIONALI (Edizione 1965 ed aggiornamenti).
6. STATISTICHE DEGLI INFORTUNI SUL LAVORO.

#### **SOUTH AFRICA/AFRIQUE DU SUD**

1. MACHINERY AND OCCUPATIONAL SAFETY ACT (Act No. 6/1983).
2. BASIC CONDITIONS OF EMPLOYMENT ACT (Act. No. 8/1988).
3. MINES AND WORKS ACT (Act. No. 27/1956).
4. EXPLOSIVES ACT (Act. No. 26/1956).

#### **SPAIN/ESPAGNE**

1. REAL DECRETO 555/1986, de 21 de Febrero.
2. ESTUDIO DE SEGURIDAD E HIGIENE PARA LA CONSTRUCCION DE UNA PRESA DE MATERIALES SUELTOS, SEOPAN 1986.
3. PLAN TIPO DE SEGURIDAD, MEDICINA E HIGIENE PARA GRANDES OBRAS DE CONSTRUCCION.

## **USA/ÉTATS-UNIS**

1. CONSTRUCTION SAFETY STANDARDS (1987).  
US Department of the Interior - Bureau of Reclamation - Division of Safety Engineering and Research Center - Denver, Colorado.
2. MANUAL OF ACCIDENT PREVENTION IN CONSTRUCTION (1977).  
Associated General Contractors of America Inc.
3. SAFETY AND HEALTH REQUIREMENTS MANUAL (1987).  
US Army Corps of Engineers.
4. AMERICAN NATIONAL STANDARD (1973).  
Method of Recording and Measuring Work Injury Experience. (ANSI Z 16-1-1967).
5. ACCIDENT FACTS (1988) National Safety Council.

APPENDICES A to G

ANNEXES A à G

## **ORGANISATION ET CONTROLE DU TRAFIC SUR LE CHANTIER TRANSPORT DU PERSONNEL ET DES MATÉRIAUX**

Habituellement, les chantiers de barrages sont relativement vastes et situés souvent dans des zones inaccessibles, éloignées du réseau routier principal et généralement traversées par un cours d'eau.

Les voies d'accès au chantier et le réseau interne permettant de relier les différentes zones de travail, les différents services et les logements du personnel sont souvent très étendus et atteignent, la plupart du temps, des dizaines de kilomètres, et parfois même des centaines sur les plus vastes chantiers.

Le trafic qui s'y développe concerne généralement les transports suivants :

- a)* acheminement au chantier du matériel, des matériaux (ciment, gazoil, armatures, etc.) et du personnel;
- b)* transport du personnel, une à deux fois par jour, des logements ou du lieu de rendez-vous jusqu'aux lieux de travail et vice-versa;
- c)* transport, pendant les horaires de travail, du personnel de direction, d'inspection et de service;
- d)* transport des matériaux de construction (terre, enrochement et/ou béton) à l'intérieur du chantier;
- e)* transport d'explosifs des dépôts aux petites réserves et aux lieux d'utilisation à l'intérieur du chantier (voir Annexe D).

Autrement dit, sur les voies d'accès et, à plus forte raison, sur les voies de communication situées à l'intérieur même du chantier, il y a des trafics de nature différente : des simples voitures aux autobus transportant le personnel, des camions classiques aux dumpers pouvant transporter jusqu'à 100 tonnes de matériaux de construction (terre ou enrochement) et véhicules spéciaux pour les transports dangereux.

De surcroît, sur les voies de communication internes circulent aussi, avec ou sans l'aide de chariots plus ou moins bas, les machines les plus disparates comme les bulldozers, les pelles, les grues mobiles, les scrapers, etc.

Il ne faut donc pas s'étonner si l'on constate que, dans la plupart des cas et principalement sur les vastes chantiers, les accidents sont essentiellement provoqués par les moyens de transport de personnes et de matériaux.

Ce problème mérite qu'on s'y attarde et toutes les précautions doivent être prises pour rationaliser et rendre plus sûr le trafic des engins du chantier.

Il faut accorder une attention toute particulière aux points suivants :

1. Conception, construction et entretien des routes;
2. Contrôle et entretien des moyens de transport; formation du personnel; organisation et contrôle du trafic.

**ORGANIZATION AND CONTROL  
OF TRAFFIC ON A SITE  
TRANSPORTATION OF PERSONNEL AND MATERIALS**

Dam construction sites usually occupy huge areas and are often located in inaccessible places, far away from main roads and generally divided by a river.

Access roads to the site and the internal road system connecting the different work areas, facilities, and camps are always quite long, usually totalling dozens of kilometers, and hundreds in the most important cases.

The traffic on these roads mainly relates to the following :

- a)* Transportation to the site of equipment, materials (such as concrete, steel reinforcement, fuel, etc.), and personnel involved in the construction.
- b)* Transportation of personnel to and from the camps or meeting places to the work areas, once or twice a day.
- c)* Transportation of staff, supervisors, and personnel on duty, during working hours.
- d)* Transportation of construction materials (earth, rock, and/or concrete) to the work areas.
- e)* Transportation of explosives from the main powder magazine to daily storages and work areas [refer to Appendix (D)].

Hence, mixed traffic is to be found on access roads and especially on site roads : from conventional cars to buses for the transportation of workmen, from conventional trucks to huge dumpers (loading capacity of up to 100 tons) for the hauling of construction materials (earth and rock), and special vehicles for dangerous haulings.

In addition, the most varied of vehicles, such as dozers, shovels, mobile cranes, scrapers, etc., move within the site, on low loaders or by self-propulsion.

It is not then surprising to find that a major cause of accidents, and often the most serious cause on the largest sites, relates to the vehicles for transportation of people and materials.

Special care must be devoted to this problem and all precautionary measures must be taken to make site traffic rational and safe.

In particular, attention must be paid to the following items :

1. Design, construction and maintenance of roads.
2. Control and maintenance of vehicles; personnel training; traffic organization and control.

## 1. CONCEPTION ET CONSTRUCTION DES ROUTES DE CHANTIER

On distingue les routes « permanentes » et les routes « temporaires ». Nous nous occuperons plutôt de ces dernières qui sont généralement placées sous la responsabilité de l'entreprise. Vu leur caractère provisoire, on a généralement tendance à prévoir des structures peu coûteuses et rapidement réalisables.

Toutefois, il serait préférable que ces dernières soient toujours construites selon des critères précis et conformes aux objectifs. Largeur, pente, virage doivent être proportionnés aux moyens de transport qui y circulent. En particulier, les routes qu'empruntent les gros dumpers doivent avoir une largeur au moins trois fois plus grande que celles desdits dumpers; cette largeur devra être constante sur toute l'étendue de la route, sauf exceptions dûment signalées; la pente ne dépassera pas 10 à 12 %, sauf cas exceptionnels et limités. Les pentes seront bien raccordées, les dos d'ânes évités, les virages bien dessinés. Tout cela est destiné à garantir au mieux la visibilité des conducteurs et une certaine régularité dans la conduite.

Il est également important de veiller au bon drainage des routes en construisant des caniveaux et des bouches d'égoûts visant à éviter toute stagnation d'eau, toute érosion ou tout affaissement de la chaussée et des bas-côtés. Les pentes des talus formés par des excavations ou des remblais doivent être comprises dans les limites de sécurité pour éviter de provoquer des glissements soudains et par là même dangereux.

Les routes sont souvent des chemins non revêtus en raison de la proximité des zones d'excavation ou de déchargement, et du passage d'engins à chenilles. Or, les routes non revêtues sont plus dangereuses que celles pourvues d'un revêtement car il est plus difficile de freiner à cause du gravier et des cailloux.

En outre, la poussière soulevée par les camions diminue considérablement la visibilité. Pour y faire face, il est d'usage d'arroser les routes, une pratique intéressante qui permet aussi d'améliorer la tenue de la chaussée, à condition que celle-ci ne devienne pas glissante.

Compte tenu de tout cela, il y a lieu de vérifier si une couche de revêtement ou, du moins, un traitement à base de produits stabilisateurs est approprié pour les routes les plus importantes, telles que celles permettant d'accéder au chantier et aux différents zones et services, ainsi que celles utilisées pour le transport des matériaux courants.

Il est également conseillé d'installer des dispositifs de protection efficaces le long des tronçons dangereux : virages, routes escarpées, ponts, etc. Outre les garde-fous classiques, on peut aussi aligner des grosses pierres ou des blocs de béton le long de la route, ou encore construire des palissades de troncs d'arbre.

Les principaux carrefours, les ponts, les ronds-points et autres points névralgiques devront être éclairés pendant la nuit, étant donné que sur la plupart des chantiers de barrages la circulation fonctionne 24 h/24.

Il est également opportun d'installer des feux aux carrefours particulièrement dangereux, aux intersections avec une route du réseau routier public ou à l'entrée des galeries ou des ponts à sens unique.

Enfin, il ne faut pas oublier la signalisation : vitesses maximales, priorités, virages dangereux, passages d'animaux, lignes de haute tension, etc.

## 1. DESIGN AND CONSTRUCTION OF SITE ROADS

Site roads can be subdivided into “ permanent ” and “ temporary ” roads. This report covers in particular the latter, which are usually within the contractor’s responsibility. Because site roads are of a temporary nature, contractors are usually inclined to design them inexpensively, so that they can be put into service quickly.

Nonetheless, these roads should be constructed according to specific design criteria, consistent with their purpose. Their width, grades, and curve radii should be designed according to vehicle characteristics. In particular, the width of the roads for the use of large dumpers must be at least three times the width of the dumpers. The width should be constant for the whole length of the road with any narrow sections clearly marked by road signs. Grades should be limited to a maximum of 10 to 12 %, other than in exceptional locations and over short distances. Transitions between different grades must be properly designed; bumps must be avoided and curves must be well designed. All of the above factors must be taken into consideration to ensure optimum visibility and consistent driving conditions.

It is also important to arrange adequate drainage of roads through appropriate outlets and culverts, so as to avoid ponding and erosion or failures of the road surface and shoulders. The slope of both excavations and embankments must be restrained within safe values having regard to the nature of the soil conditions, so as to avoid sliding, which can be sudden and thus often dangerous.

Roads are often unpaved and that is unavoidable near excavation or embankment areas and also in areas used by tracked machines. Nonetheless, unpaved roads are more hazardous than paved roads. The braking effectiveness of vehicles is lower due to the presence of gravel and loose materials.

Moreover, the dust raised by vehicles decreases visibility to a great extent. To overcome these inconveniences, it is a common practice to water the roads; this is no doubt effective, in that it also improves the roadability, provided the road surface does not become slippery.

In view of these factors, an evaluation should be made of the appropriateness of either paving or stabilizing the surface of the most important roads, such as those giving access to the site and to the different work areas and services, as well as of the roads used for the hauling of the most common materials.

The installation of effective protection is recommended along the shoulders of roads in dangerous stretches, such as bends, high fills, and bridges. This can be achieved with typical guardrails, but rock boulders, log barricades, and concrete blocks placed along the shoulders of the road can also be effective.

The main intersections, bridges, large yards, and other crucial areas must be properly lit at night, since there is traffic throughout the 24 hours on most dam sites.

It is advisable to install traffic lights at the most dangerous intersections, where roads cross public roads, and for one-way bridges or tunnels.

Care must also be given to road signs, indicating speed limits, right of way, dangerous bends, presence of animals, presence of electric lines crossing the road, etc.



Pour les routes à l'intérieur des cités où circulent généralement voitures et bus, on peut recommander l'utilisation de « dos d'ânes de ralentissement » convenablement signalés et éclairés.

Bien qu'elle puisse sembler exagérément coercitive, cette précaution est le seul moyen d'éviter les accidents dus aux excès de vitesse ou à la distraction du chauffeur.

Bien qu'apparemment évidentes et élémentaires, ces quelques règles sont quelquefois négligées, en raison des modifications permanentes apportées au réseau routier par le déroulement des travaux, des difficultés liées à la topographie des lieux — souvent inaccessibles — ou tout simplement pour une question de coût.

A première vue, certaines options de construction et d'entretien des voies de communication internes peuvent sembler plus économiques. Cependant, on obtient souvent l'effet contraire en raison d'une baisse de rendement des activités de transport et d'une usure accrue des engins, sans oublier les risques accrus d'accidents.

## **2. ORGANISATION ET CONTROLE DU TRAFIC**

Sur les chantiers de vastes dimensions, la coordination et le contrôle du parc des moyens de transport doivent être confiés à un seul service qui, en règle générale, s'appelle « Bureau des Transports ».

C'est de ce Bureau que devront dépendre, sur le plan de l'organisation et de la discipline, les ouvriers et les chauffeurs de tous les moyens de transport du chantier.

Le Directeur du « Bureau des Transports » est responsable de la sécurité des personnes et des engins placés sous son autorité.

Il doit travailler en collaboration étroite avec les responsables du Comité de Sécurité et le responsable des services d'entretien des engins et des routes, de façon à maintenir l'efficacité de l'ensemble du « système » transport, dont dépendent la productivité et la sécurité.

Un service de surveillance, rattaché au Bureau des Transports, aura pour tâche de faire respecter les règles, punir les infractions, contrôler les carrefours et les trajets les plus dangereux et encombrés, intervenir en cas d'accident, etc.

Autre recommandation fondamentale : séparer, dans la mesure du possible, le trafic des voitures du trafic des gros engins pour améliorer la productivité et réduire les risques d'accident. Dans la pratique, il suffit de construire des routes exclusivement réservées à la circulation des gros engins ; sur les lieux de chargement et de déchargement, il faut éviter tout trafic mixte de voitures et d'engins lourds, en faisant arrêter les voitures à 50 mètres au moins dans des emplacements spéciaux et éclairés la nuit.

Autre point important : l'organisation séparée du transport du personnel des lieux de travail aux logements et/ou aux cantines, et vice-versa, par des véhicules convenablement équipés et exclusivement réservés audit transport.

Il faudra veiller au respect de la capacité de transport et des limitations de

Finally, for the roads inside the camp, which are generally used by cars and buses, the use of “ artificial speed bumps ”, properly marked and lit, is recommended.

Such a measure may seem very coercive, but it is the only remedy to the many accidents caused by high speed and drivers’ inattention.

These few rules for the design and construction of site roads, which are obvious and elementary in many respects, are sometimes neglected during work progress. This is due to the continuous changing of the road layout required by the work sequence, to the difficulties presented by the topography of more inaccessible areas, or simply to a problem of costs.

At first, some choices made taking into account the construction method and maintenance systems of site roads might look more favourable from a financial point of view. But they often involve additional costs in terms of a lower productivity of transport activities and more wear and tear of equipment. And last, but not least, there is also a higher risk of accidents.

## **2. TRAFFIC ORGANIZATION AND CONTROL**

On large sites the whole fleet of vehicles must be coordinated and controlled by a specific service, commonly called the “ Transport Office ”.

Operators and drivers of all on-site mobile equipment and vehicles must report to this office as to both organization and discipline.

The Transport Office Manager is the man responsible for the safety of people and vehicles assigned to him.

He must work closely with those responsible for the Safety Office and those responsible for the maintenance of equipment and roads, in order to ensure an effective transportation “ system ”, to meet the construction requirements and always guarantee the highest safety level.

A supervision service, reporting to the Transport Office, must be arranged, in order to check compliance with existing regulations, to punish their violation, to control the most hazardous and jammed intersections and routes, to act at once when an accident occurs, etc.

It is then recommended that medium/light traffic be kept separated, whenever possible, from heavy traffic of dumpers. This not only improves the equipment productivity, but also reduces the occurrence of accidents. In order to accomplish this, some roads must be built, whenever possible, for heavy traffic only. In addition, in loading and unloading areas mixed traffic should not be allowed. Light vehicles and cars should have to park in a specific area of the yard, properly lit at night and at least 50 meters away from heavy vehicles.

Another major point concerns personnel transportation from work sites to and from the camps and/or canteens. This must be organized separately and carried out through properly equipped vehicles.

These vehicles must not be loaded beyond their capacity and their speed must

vitesse : souvent les ouvriers incitent le chauffeur à aller plus vite pour arriver le plus rapidement possible à la cantine ou aux lieux de repos.

Le Bureau des Transports devra s'occuper des questions suivantes :

### **2.1. Formation du personnel**

Il est important que le personnel suive des cours de formation continue adaptés à la qualification et à la capacité de chaque individu, lors de l'embauche mais aussi pendant les travaux.

Ces cours, organisés en accord avec le Comité de Sécurité, permettront d'apprendre les caractéristiques du véhicule qui lui a été affecté, et la façon correcte de le conduire. En outre, l'ouvrier sera informé des mesures de sécurité générales et particulières en vigueur sur le chantier.

Parmi les dispositions particulières, on peut signaler :

- l'interdiction de transporter le personnel sur les véhicules servant aux travaux de construction : il arrive souvent que des personnes voyagent à l'intérieur même des cabines de pilotage, au risque de gêner le chauffeur, ou à l'intérieur des bennes basculantes, ou perchées sur le capot ou même carrément accrochées à l'engin;

- l'interdiction de faire circuler des engins légers dans les zones réservées aux gros engins, et en particulier près des fronts de travail;

- l'interdiction de dépasser les limitations de vitesse. Cette règle, universelle au demeurant, acquiert toute son importance sur les chantiers en raison du caractère hétérogène des routes et des véhicules qui y circulent;

- l'obligation de respecter les distances de sécurité entre chaque véhicule, l'interdiction de s'arrêter sauf si c'est nécessaire (un dumper au milieu de la route constitue quelquefois un obstacle gênant);

- l'obligation d'attacher les ceintures de sécurité dont les engins de transport devront toujours être pourvus.

### **2.2. Entretien des engins de transport**

Cet entretien est important car il est garant de l'efficacité des véhicules et de la sécurité de leur utilisation.

En plus d'une efficacité mécanique parfaite, l'entretien doit également viser à l'efficacité des freins et des pneus.

Une attention particulière sera accordée aux dispositifs d'éclairage (phares avant et arrière) et de signalisation (stop, clignotants), sujets à des pannes fréquentes, pas toujours immédiatement réparées.

De surcroît, des mesures particulières peuvent être prises pour faire face à des nécessités spécifiques, telles que :

- installation d'un dispositif de limitation de vitesse à bord des véhicules à haut risque et des autobus affectés au transport du personnel; il devra être contrôlé périodiquement pour éviter tout tripatouillage;

- installation, sur les gros engins où la cabine a une visibilité extrêmement limitée, en particulier lorsque le conducteur veut faire une marche arrière, d'une caméra en circuit fermé offrant une meilleure visibilité à l'arrière, en plus des signaux sonores et lumineux couramment utilisés;

not exceed the limit allowed, even if workers urge the driver to accelerate, so as to reach the canteen or the refreshment place more quickly.

The Transport Office will be responsible for :

### **2.1. Personnel Training**

It is advisable to arrange training courses for personnel not only at hiring, but also on a regular basis during the construction work. These courses should be more or less intensive, depending on the average proficiency and skills of the operators.

During these courses, to be held in agreement with the Safety Office, besides the necessary instruction in the features and proper driving of the vehicle assigned to him, each operator should be trained in general safety measures as well as those peculiar to the site, with special attention to mixed traffic flows.

Typical regulations are listed below :

- Never transport people on hauling vehicles. It often happens that workers ride inside the driver's cab, jeopardizing the operator's driving, or inside the dumper tray, or even on the bonnet, or hanging on to other parts of the vehicle.

- Never drive light vehicles through areas reserved for heavy vehicles or near work fronts.

- Never exceed speed limits. This universal rule is particularly important on sites, because of the great variety of vehicles and roads present.

- Keep the required safety distance between vehicles and do not stop when it is not necessary (a dumper in the middle of the road can sometimes be an insuperable obstacle).

- Fasten the safety belts, that must always be fitted in any motor vehicle.

### **2.2. Maintenance of Mobile Equipment**

Needless to say, equipment maintenance is of the utmost importance for the best operating performance and, indirectly, the safest use.

Optimum maintenance must be provided not only to mechanical parts, but also to brakes and tires.

Special attention should be paid to the lighting system (headlights and rear lights) and signal system (stoplights, directional lights), which are subject to frequent failures and are not always immediately restored.

Special provisions may then be adopted for specific needs, such as :

- Installation of speed limiters on the most hazardous vehicles and in particular on the buses used to transport personnel. These instruments must be regularly checked to discourage tampering.

- In addition to the commonly used reversing horn and lighting signals, it could be appropriate to install on heavy equipment, the cabs of which have very limited visibility, especially in reverse, a closed circuit TV system, in order to improve rear visibility.

— à titre de mesure complémentaire ou de remplacement, installation, sur les engins légers évoluant près des dumpers, de hampes terminées par de petits drapeaux visibles par les conducteurs des dumpers.

### **2.3. Entretien des routes**

Il doit être fait de façon suivie et en temps opportun. La chaussée des routes non revêtues, qui sont nombreuses sur les chantiers de barrages, doit être entretenue pour éliminer les trous et les fossés.

Cet entretien nécessite l'utilisation de niveleuses et de rouleaux, et l'adjonction périodique de matériaux stabilisateurs.

Il est nécessaire de faire disparaître à la fois les ondulations propres aux terrains argileux, qui font vibrer les véhicules, et les graviers qui risquent de rendre la chaussée glissante.

Les routes non revêtues doivent toujours être humides pour éviter la poussière.

Les caniveaux et les bouches d'égoûts seront entretenus afin d'éviter les inondations subites; les éboulements seront immédiatement évacués; les talus feront l'objet d'une surveillance étroite et seront renforcés si nécessaire; l'éclairage des points névralgiques sera vérifié périodiquement, au même titre que la signalisation (panneaux et feux) et les garde-fous.

— In addition or as an alternative, light vehicles operating near dumpers should be equipped with flags mounted on a pole visible to dumper operators.

### **2.3. Road Maintenance**

Road maintenance must be regular and adequate. For unpaved roads, which are the most common on dam work sites, it is necessary to provide for proper maintenance of the surface, in order to eliminate holes and ruts.

Therefore, the use of graders and rollers becomes necessary, as well as a periodical filling of these roads with stabilizing materials.

Both corrugations, which are peculiar to clayey roadbeds and cause vibrations to the vehicles, and also loose stones, which cause sliding, should be avoided.

Unpaved roads must be kept damp to avoid dust.

Outlets and culverts must be kept clean, in order to avoid damage from sudden flooding. Potential landslides must be properly cleared. Slopes must be monitored and reinforced whenever necessary. Lighting of crucial areas must be kept in good order. Road signs, guardrails, and traffic lights, if any, must be promptly repaired after damage.

## STABILITÉ DES TALUS ROCHEUX PENDANT LES TRAVAUX

En général, le projet de barrage englobe les fouilles principales, celles des ouvrages annexes et, souvent, celles du réseau routier définitif. Dans la plupart des cas, les fouilles des ouvrages principaux doivent être intégrées et, si nécessaire, modifiées, en fonction des conditions de travail sur le site. A cet effet, il faut tenir compte de plusieurs problèmes qui sont liés :

- a) Excavations successives (déblais à ciel ouvert, tranchées, galeries et accès correspondants);
- b) Zones pour les installations de chantier et le réseau routier;
- c) Extension des carrières;
- d) Stockages de matériaux excavés pour réemploi ou mise en dépôt.

### 1. PREMIER IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

Les excavations de surface ou souterraines peuvent entraîner une altération rapide avec des conséquences imprévisibles sur l'équilibre géomécanique.

Souvent, la géomorphologie naturelle peut présenter des situations à la limite de l'équilibre statique (pilier ou arc) que les excavations risquent d'interrompre ou d'affaiblir. Des ruptures progressives peuvent aussi survenir de diverses façons : surface plane de glissement, glissement en forme de coin, glissement de rotation, éboulement, affaissement, etc.

En général, l'excavation pour le futur ouvrage, le barrage par exemple, aura des pentes plus raides que le terrain naturel, avec des hauteurs bien plus grandes. Par conséquent, les marges de stabilité (coefficients de sécurité en fonction de la profondeur des excavations et du volume des déblais) peuvent diminuer considérablement au fur et à mesure de l'avancement des travaux.

Une grande attention doit être apportée au contrôle de la stabilité statique aux effets potentiels dynamiques en zones sismiques et aux effets de chocs provoqués par les tirs de mines, qui s'accompagnent d'un relâchement brutal des forces de frottement et de cohésion aux joints et aux surfaces de rupture.

L'hydraulique peut aussi être en cause quand l'excavation ou le remblai modifie les bassins versants ou les lits naturels, changeant les débits, le volume écoulé ou les époques de rétention.

De telles situations risquent d'entraîner une forte érosion à l'amont ou à l'aval, et même des infiltrations ou des surpressions dans la nappe phréatique qui s'accompagnent de forces déstabilisatrices.

D'autres risques peuvent provenir de projections de pierres lors des tirs de mines, ou de dépôts de déchets sur des pentes, lorsque ceci survient au-dessus des installations de chantier ou des zones de travail.

## STABILITY OF ROCK EXCAVATION SLOPES DURING CONSTRUCTION

A dam design often includes the excavation for foundations, abutments, and ancillary works as well as the excavation for permanent road systems. In many cases, the excavation parts of the main works must be integrated and sometimes modified, according to different operational requirements of the site and variable working conditions. In this respect, various related problems must be taken into consideration :

- a) Subsequent excavations (open cuts, trenches, tunnelling and relevant adits).
- b) Areas for installations and related access roads.
- c) Development of quarries.
- d) Stockpiles of excavated materials either for reuse or disposal.

### 1. FIRST ENVIRONMENTAL IMPACT

Both open cut and underground excavation can result in rapid weathering with unpredictable consequences to geotechnical stability.

Often the original geological structure can have a very precarious static stability (e.g. as pillar or arch), which may be easily disrupted or weakened by excavation. Progressive failure may then occur in a variety of ways — planar slip surface, wedge-shaped, rotational sliding, toppling rockfall, collapse, etc.

Site excavation usually forms a hole for a future structure (for example, a dam), with slopes steeper than natural and sometimes quite high. Stability margins (safety factors versus depth, height, and excavated volumes) may then decrease significantly during work progress.

Close attention must be given to the monitoring of static stability, particularly potential dynamic effects in seismic areas, and also the shock forces produced by blasting, with sudden relaxation of friction and cohesion at joints and failure planes.

Hydraulics also must be considered when excavation or fill alters natural catchments and watercourses, changing flow rates, runoff or retention periods.

Such situations can result in severe downstream or upstream erosion and even seepage or increased uplift pressures in the phreatic flownet with consequent destabilizing forces.

Further hazards can be caused by flyrock from blasting, and by spoil wasted on free slopes, when those operations take place directly above existing facilities or other parts of the construction project.



Le programme de construction doit prendre en compte tous les facteurs et c'est particulièrement nécessaire pour les travaux d'excavation dont dépendent tant d'autres activités. Un programme détaillé est nécessaire et doit traiter des méthodes, du matériel, des zones d'activité et des temps nécessaires.

## **2. ÉTUDES ET RECHERCHES COMPLÉMENTAIRES**

Le programme de construction préparé à l'avance ne donne généralement pas de détails suffisants sur les travaux d'excavation. Dans la plupart des cas, les détails du programme manquent pour les phases intermédiaires.

Il est très important, en commençant les travaux, que toutes les observations et modifications apportées au projet soient prises en compte.

En particulier, les phases d'excavation doivent faire l'objet d'études géotechniques détaillées, pour déterminer à l'avance l'emplacement des plans de glissement, des joints de cisaillement, ou des failles. Parallèlement, il faut procéder à un levé topographique qui sera poursuivi pendant les travaux d'excavation (avec des repères de nivellement et des points de référence pour la mesure de distances). Dans un souci de sécurité accrue, on fait de plus en plus appel à des instruments sophistiqués pour déterminer, en temps opportun, les déformations de masse le long des différentes formes de discontinuité :

a) Pointes de mesure pour extensomètres amovibles permettant d'effectuer des mesures intermittentes, ou appareils de télémessure des déplacements permettant d'effectuer des contrôles permanents à distance, éventuellement équipés d'un signal de seuil d'alarme.

b) Dispositifs de nivellement électro-hydrauliques.

c) Extensomètres à longue base, avec tiges ou fils multiples ou unique.

d) Clinomètres électriques.

e) Sismographes ou vibrographes permettant de relever les vibrations, en particulier pendant le tir des mines.

f) Géophones permettant de relever la présence de bruits dans les roches soumises à des contraintes de rupture.

## **3. TECHNIQUES SPÉCIFIQUES**

Les excavations dans la roche entraînent normalement une évolution continue de morphologie et, par conséquent, des conditions de stabilité, et requièrent donc de fréquentes adaptations dans les méthodes de travail.

Lorsqu'il s'agit d'excavations à ciel ouvert, les hauteurs et les volumes de l'abattage sont augmentés au maximum en fonction de paramètres soigneusement choisis (nombre et emplacement des trous, type et quantité d'explosifs, type de mise à feu, dispositifs à micro-retard, etc.). L'évaluation d'ensemble doit prendre en compte le tracé et la stabilité des talus dans une excavation à ciel ouvert, ainsi que les travaux nécessaires de stabilisation ou les interventions ponctuelles sur les discontinuités pré-existantes en vue de réduire au minimum d'éventuels glissements ultérieurs.

Construction planning must take into consideration all these factors, and this is particularly true for excavation work on which so many other activities depend. Detailed planning is essential and must cover method, equipment, areas, and timing.

## **2. COMPLEMENTARY STUDIES AND SURVEYS**

Construction programs prepared during the pre-construction phase do not generally show sufficient detail for excavation operations on the job. In most cases, planning details on some intermediate phases are missing.

It is very important, upon commencing construction, that all remarks, evaluations, and revisions made at the design stage are fully recognized.

In particular, excavation phases must be regularly monitored through specific geotechnical survey, for early location of potential failure planes or shearing joints and faults. At the same time, a topographic survey plan must be developed and completed during the excavation (with bench marks for levelling and reference points for distance measurements). To ensure high safety standards, it is becoming more and more necessary to use sophisticated instruments for timely detection of mass deformations within all the different forms of discontinuity. Instruments include :

- a) Measuring bolts for removable extensometers for random measurements or remote reading displacement transducers, possibly with warning level adjusters.
  
- b) Electro-hydraulic levelling systems.
- c) Borehole extensometers with single or multiple rods or wires.
- d) Inclinometers, electrical tiltmeters.
- e) Seismographs and vibrographs, particularly in connection with blasting operations.
- f) Microseismic transducers producing a noise alarm in rock stressed to failure.

## **3. SPECIFIC TECHNOLOGIES**

Rock excavation progressively reveals changing ground situations and requires, therefore, frequent adjustments of operating techniques.

In open cut blasting, bench height and burden per round are increased as much as possible, according to carefully selected parameters (hole pattern, explosive type and charge, ignition pattern, short delay primers, etc.). The overall evaluation must take into account the final contour and stability of the walls in open cuts, as well as the necessary stabilizing work or local remedies for pre-existing discontinuities in order to minimize later slips.

De nombreuses mesures peuvent être nécessaires : pré-découpage, découpage soigné, mise en œuvre préalable d'armatures métalliques (parois pré-armées), revêtement de l'excavation. La stabilité de la paroi rocheuse peut souvent demander un contrôle continu et la mise en œuvre de mesures, telles que :

a) Purge de la paroi, opération souvent délicate qui doit être confiée à des ouvriers qualifiés.

b) Pose d'un grillage métallique dûment fixé.

c) Béton projeté, cette opération s'avérant particulièrement utile pour la reprise de défauts d'injection, l'étalement, la consolidation entre les blocs, et pour la détection de fissures éventuelles.

d) Consolidation à l'aide d'aciers passifs (boulons d'ancrage scellés sur toute leur longueur) ou actifs (tirants à ancrage ponctuel), suivant une répartition géométrique réticulaire ou concentrée sur les points névralgiques.

e) Mise en place d'éléments de soutènement (gabions à grillage flexible) souvent reliés à des bermes ou des tranchées.

f) Caniveaux pour l'eau de pluie (en particulier dans les régions où il pleut beaucoup) et trous de drainage visant à réduire les pressions hydrauliques dans la roche lors de fortes précipitations.

Les talus à plusieurs gradins de sécurité (Catch Bench Geometry) qui, d'ailleurs, ne sont pas toujours acceptés pour les appuis d'un barrage (afin d'éviter toute concentration de contraintes) constituent un cas à part. Ce genre de configuration devrait être « rectifié » successivement (de bas en haut, par exemple), d'où des coûts supplémentaires.

#### 4. QUELQUES ASPECTS CONTRACTUELS

Du point de vue de l'éthique, aucun risque ne doit être accepté pour les ouvriers, quoiqu'il puisse y avoir un risque financier dans la mise en œuvre des mesures supplémentaires de sécurité et de contrôle. La conception et l'exécution d'une excavation doivent être basées sur une sécurité rigoureuse et la méthode de travail sera changée chaque fois que des considérations de sécurité le rendront nécessaire.

Si l'on considère la stabilité d'un talus d'un point de vue probabiliste, on peut admettre une optimisation risque financier/sécurité (Cost Benefit Analysis).

Par exemple, la pente d'un talus pourra être choisie en fonction du volume du déblai correspondant, mais aussi des travaux de consolidation et d'auscultation provisoires ou définitifs. A ce propos, il est opportun d'ajouter au contrat les frais inhérents aux travaux provisoires nécessités pendant la construction, qui sont quelquefois plus importants que ceux des ouvrages définitifs. Autrement dit, il faut déterminer les critères de répartition du risque entre le maître d'ouvrage et l'entreprise (" Sharing of Risk ").

\*

\*\*

Compte tenu de tout ce qui précède, il est évident que, dans le domaine des excavations et de la stabilisation des talus (tout comme dans la perforation des

Many provisions may be necessary and these may include pre-splitting, smooth blasting, steel pre-reinforcement, and sheeted excavation.

The stability of the walls resulting from a rock excavation may often require continuous monitoring and quick implementation of provisions, such as :

a) Barring, which is often a demanding job, to be performed by skilled personnel.

b) Wire steel mesh lining and/or steel ribs, properly fixed.

c) Shotcrete lining, especially suitable for grout imperfections, underpinning plugs, and reciprocal support of key blocks, as well as facilitating a comprehensive survey for identifying possible cracking areas.

d) Consolidation through steel anchors, such as dowels, fully bonded rockbolts, point-anchored tension bars or tierods, spaced on regular geometrical grids or distributed along critical lines (e.g. at the toe of key blocks).

e) Installation of retaining barriers (gabions made up of elastic mesh), often in connection with berms and trenches.

f) Drainage gutters (particularly in high rainfall areas) with open ditches intercepting runoff from higher ground, and drain holes to reduce hydraulic pressure in open rock during heavy rainfall.

A special problem to be faced is the use of benched slopes (Catch Bench Geometry), which are not always permitted for dam abutments (to avoid notch stresses in the structure). In such cases, the benched excavation should be "rectified" in subsequent phases (e.g. : from bottom to top) and this involves additional costs.

#### 4. SOME CONTRACTUAL ASPECTS

No risk to the work force can be allowed from an ethical point of view, although there can be a financial risk in implementing additional safety and control measures. Both design and performance of excavation work must be strictly monitored for safety, and the construction method must be changed whenever safety considerations make it necessary (Observational Method).

Considering the stability of a slope from a probabilistic point of view, it is possible to accept the concept of an optimization between financial risk and safety (Cost Benefit Analysis).

For instance, an excavation slope may be decided, taking into account not only the related excavated volume, but also the associated consolidation works and instrumental monitoring, either provisional or final. In this respect, it is advisable to include in the contract the additional costs of temporary works required during construction, for these costs can sometimes far exceed the costs of the permanent works. In other words, criteria must be settled for sharing the risk between owner and contractor (Sharing of Risk).

\*

\*\*

From what is outlined above, it is apparent that in the field of excavations and stabilization of slopes (as well as in excavation of tunnels) the construction safety

galeries), la sécurité de construction est en relation directe avec la sécurité du personnel, et il est donc nécessaire d'intégrer les compétences du personnel technique à celles du personnel chargé de la sécurité. A cet effet, le personnel de direction des travaux doit comprendre : un géologue ou un ingénieur spécialiste de mécanique des roches et de glissements de roche.

is closely linked to the personnel safety; it is, therefore, necessary to integrate the technical personnel skills with those of the safety personnel. To this end, the technical staff of the project management should always include either a geologist or an engineer highly experienced in rock mechanics and rocks subject to landslides.

## PROTECTION CONTRE LE RISQUE D'AVALANCHES SUR LES CHANTIERS DE HAUTE MONTAGNE

Lors de la construction d'ouvrages hydrauliques importants en haute montagne, le problème qui se pose dans le cadre de la sécurité du personnel, des installations et du matériel, est celui des mesures à prendre afin d'éviter le risque d'avalanches.

Le but de cette annexe est de montrer comment une entreprise italienne a su faire face à ce problème lors de la construction d'un grand barrage en béton situé dans les Alpes occidentales à une altitude supérieure à 2 000 mètres, au-dessus de la zone de végétation.

Pendant l'hiver, à partir du mois de décembre, il y avait d'importantes chutes de neige qui représentaient un risque surtout au printemps, lors de la reprise du travail après l'arrêt forcé hivernal.

En général, en haute montagne, comme dans ce cas, baraquements, installations de chantier, zones de travail et routes d'accès, sont nécessairement situés dans des zones proches de très fortes pentes, où la couche neigeuse, qui peut atteindre plusieurs mètres d'épaisseur, commence à glisser notamment quand la température commence à s'élever.

Pour assurer la sécurité et éviter des retards dans le déroulement des travaux, l'entreprise doit prendre les mesures nécessaires pour empêcher la mise en mouvement de la couche neigeuse.

Dans ce cas, l'entreprise a pris les précautions suivantes :

— Une carte des zones dangereuses avait été dressée avec précision, basée sur des relevés exécutés durant les années précédant le début des travaux et indiquant toutes les avalanches survenues dans la zone des travaux (Fig. 1).

— Après identification des zones à protéger, des paravalanches ont été conçus et installés en fonction de la pente et de la nature du terrain.

— Dans certaines zones, où le vent avait accumulé la neige en corniches surplombant des pentes raides, des palissades en bois furent disposées de façon irrégulière.

— Le but de ces palissades était de provoquer des tourbillons pour que la neige emportée par le vent soit dispersée dans l'air, évitant ainsi la formation de corniches dangereuses pouvant s'effondrer lors d'une remontée de la température.

— D'autres zones furent protégées, en fonction de la pente et de la nature du terrain, par des barrières de types variés, pour empêcher la formation d'avalanches en retenant la couche de neige.

Pour les pentes de l'ordre de 70-90 %, on a utilisé des chevalets métalliques reliés transversalement par des troncs de bois. Ces barrières furent disposées le long des lignes de niveau à intervalles de 30/40 mètres (Fig. 3).

Comme indiqué dans la Fig. 2, les chevalets étaient fixés par une charnière à des socles en béton, ceci constituant un ensemble statique formé d'un arc à trois

## **SAFETY MEASURES AGAINST THE HAZARD OF AVALANCHES ON HIGH MOUNTAIN SITES**

In the construction of large hydraulic structures on high mountain sites, one of the problems the contractor has to face to ensure safe working conditions to his personnel, equipment, and machinery, relates to the measures to be adopted in order to avoid the risk of avalanches.

The purpose of this annex is to outline how an Italian contractor faced that problem during the construction of a large concrete dam located in the Western Alps at an altitude higher than 2 000 meters above sea-level, beyond the tree line.

During the winter season, starting from the month of December, there were heavy snowfalls that represented a hazard mainly during the spring season, when work resumed after the enforced winter stop.

Generally speaking, on a high mountain site, as in this case, camps, plant, work areas, and service roads are necessarily located in areas close to very steep slopes, where the blanket of snow, which may be several meters thick, begins to slide, especially when the temperature starts to rise.

To ensure safety and avoid delays affecting construction schedules, the contractor must take all the necessary measures to stop the accumulated snow from sliding downhill.

In this case the contractor took the following precautions :

— A precise topographical chart of hazardous areas was prepared, based on extensive surveys carried out in the years preceding the commencement of works, on all avalanches which had occurred in the works area (Fig. 1).

— Once the areas to be protected had been identified, the contractor designed and installed snow barriers according to the slope and type of ground.

— In some areas, where the effect of the prevailing winds had shaped the accumulated snow in the form of cornices overhanging very steep slopes, wooden barriers were placed at random.

— The function of these barriers was to cause wind eddies, so that the snow carried by the wind could dissipate in the air, thus preventing the formation of dangerous cornices that could fall downhill after temperature increases.

— Other areas, depending on their slope, were protected by barriers of a different nature, in order to avoid the formation of avalanches by restraining the blanket of snow.

Metallic stands supporting a log barrier were used on 70 to 90 % slopes and built up with sods or morainic debris (Fig. 2).

These barriers were placed all along the contour lines at a separation distance of 30/40 meters (Fig. 3). As shown in Fig. 2, the metallic stands were connected to



articulations et garantissant la stabilité, même dans le cas d'un éventuel affaissement des fondations.

Les troncs de bois reliant les chevalets étaient disposés horizontalement, laissant entre eux un espace libre en vue de permettre le passage en aval d'une partie de la couche neigeuse formée pendant l'hiver et réduire ainsi la poussée.

Pour les pentes rocheuses, on a préféré adopter un type de barrière constituée de poteaux pivotants et de filets métalliques (Fig. 4 A et 4 B). Les poteaux étaient reliés entre eux et ancrés au terrain par des câbles métalliques. Le filet métallique était posé en alignement entre les poteaux, ou bien fixé aux sommets des poteaux et accroché à sa base au terrain.

— Ce dernier système est recommandé lorsque le terrain est en forte pente. La disposition particulière des filets soutenus en aval par les arbalétriers mobiles, permet d'obtenir, le long des courbes de niveau, des poches semi-horizontales qui retiennent la couche neigeuse sur les pentes très raides.

L'adoption de ces mesures, consistant dans la pose de quelque mille mètres de barrières, a donné d'excellents résultats sur le chantier considéré, permettant à l'entreprise de travailler sans accident durant cinq printemps consécutifs, malgré les très fortes chutes de neige hivernales.

Le coût d'installation de ces protections a été élevé à cause des difficultés de construction, des conditions sévères et des difficultés d'accès.

Cependant, les avantages ont été aussi importants, car le programme des travaux dans cette zone dangereuse a été respecté sans accidents de personnes et de dommages aux installations.

\*

\*\*

Il est nécessaire de signaler que les solutions préconisées ci-dessus sont absolument inefficaces contre les avalanches de glace; il s'agit d'un phénomène très rare causé par des chutes de séracs ou de cirques glaciaires complets. Les constructeurs de barrages se souviennent avec effroi de l'avalanche de glace sur le chantier de Mattmark (Suisse) qui s'est produite à la fin de l'été 1965, causant beaucoup de morts parmi le personnel.

Il est évident que le seul remède contre ce risque est un choix judicieux de l'emplacement du chantier.

a concrete base through a hinge. Hence, the resulting static scheme was a three-hinge arch that ensured stability even in the event of failure of foundations.

The logs connecting the stands were placed horizontally, in order to leave an open space between them and allow part of the blanket of snow, that had formed during the winter, to escape downhill and reduce the thrust on the structure.

For rock surfaces with a slope similar to that mentioned above, it was better to use a type of barrier consisting of swivelling struts and wire nets (Figs. 4 A and 4 B). The swivelling struts were interconnected and fixed to the ground by wire ropes anchored to the mountain. The wire net was either placed in the line of the swivelling struts or tied to the strut head at one edge and anchored to the ground at the other.

— This latter system is suitable when the ground is very steep. The particular arrangement of the wire net on the mountain, properly supported by the swivelling struts at the downhill edge, forms an arrangement of semi-horizontal pockets all along the contour lines, holding back the blanket of snow along the very steep slopes.

The measures adopted for the project under examination, consisting of barriers some 1 000 meters long, yielded very satisfactory results, in that they allowed the contractor's employees to work without accidents through five successive spring seasons, despite very heavy snowfalls having occurred in the preceding winters.

The costs of installing these protective measures were substantial, because of their difficulty of construction, the rough conditions, and the difficulty of access.

However, the benefits were also outstanding, in that the program of works in this dangerous area was achieved on time without injury or accident to workers or plant.

\*  
\*\*

We deem it necessary to underscore that the above mentioned provisions against the hazard of snow avalanches are not at all effective against ice avalanches. These avalanches, caused by the collapse of seracs or entire glacial cirques, occur very seldom. Dam contractors still remember with dismay the ice avalanche on the Mattmark site (Switzerland), which occurred at the end of Summer 1965 and caused many victims among the personnel.

It is obvious that the only provision against this hazard is a careful choice of the site area.

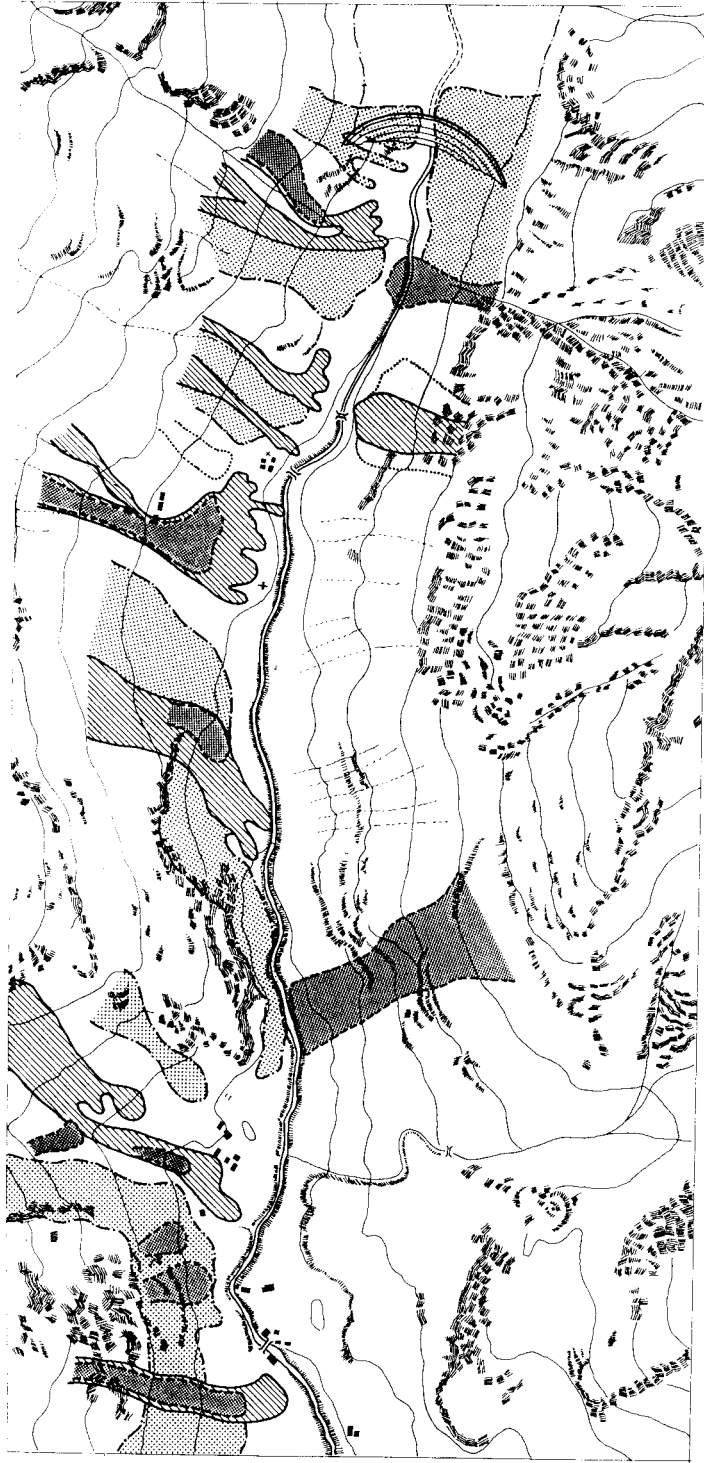










Fig. 1

Events registered during two years.

Événements enregistrés durant deux années.

- |   |                           |   |   |  |                           |   |  |
|---|---------------------------|---|---|--|---------------------------|---|--|
|  | Big avalanche, 1st year   |  | Grosse avalanche, 1 <sup>re</sup> année |  | Big avalanche, 2nd year   |  | Grosse avalanche, 2 <sup>e</sup> année |
|  | Small avalanche, 1st year |  | Petite avalanche, 1 <sup>re</sup> année |  | Small avalanche, 2nd year |  | Petite avalanche, 2 <sup>e</sup> année |

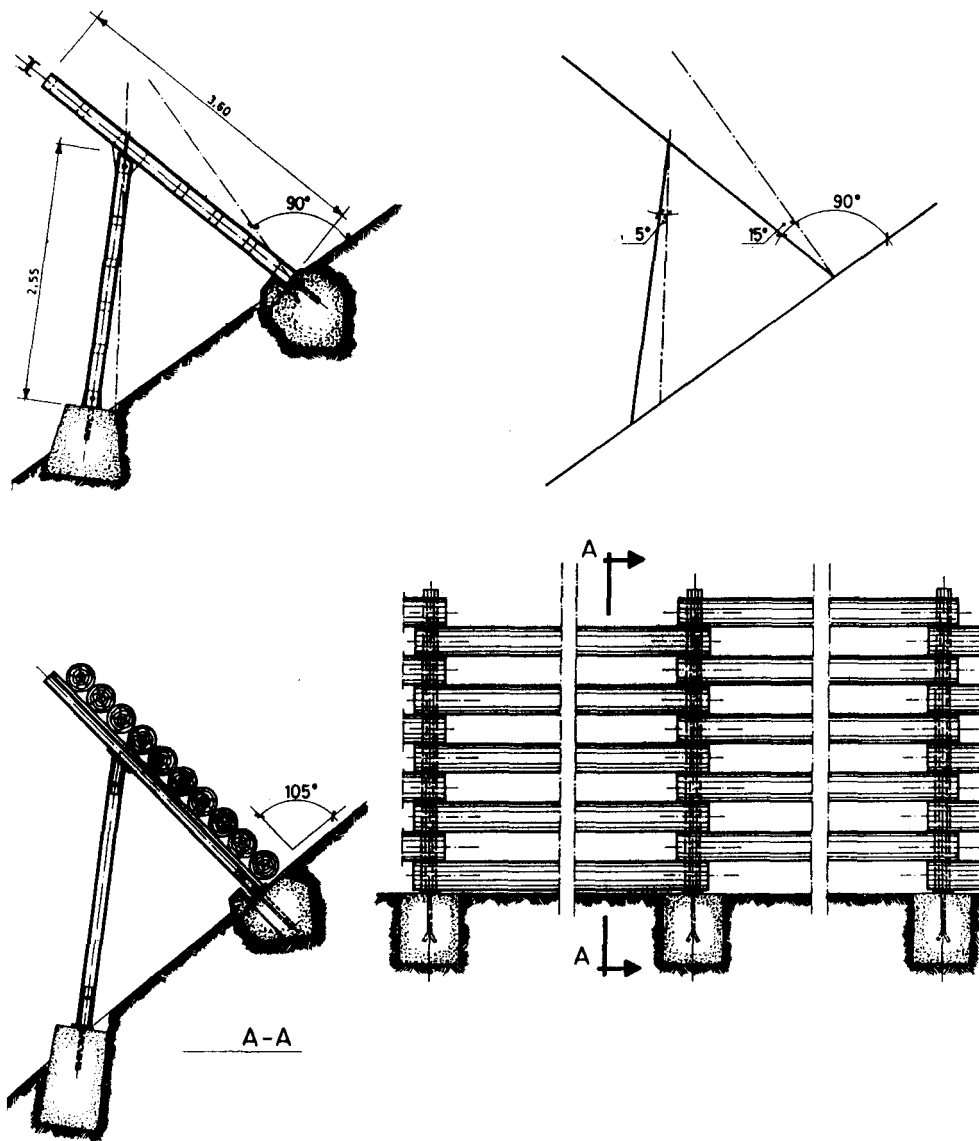


Fig. 2

Snow barrier - Metallic stands supporting a log barrier.  
*Paravalanche - Chevalets métalliques supportant des troncs de bois.*

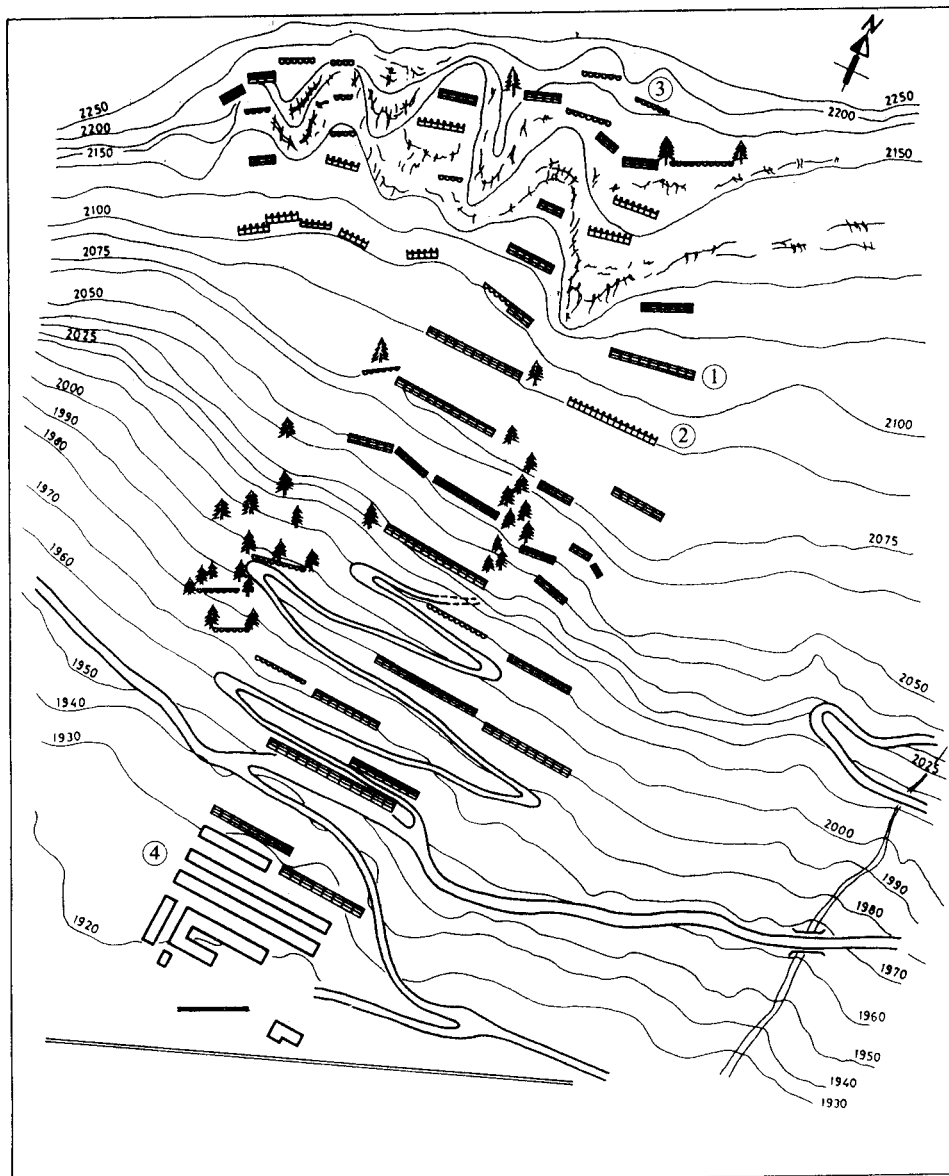


Fig. 3

Location plan of protections in the camp area.

*Emplacement des protections dans la zone du chantier.*

- |                                    |  |
|------------------------------------|--|
| ① Steel and timbers.               | ① Chevalets métalliques et troncs de bois. |
| ② Swivelling struts and wire nets. | ② Poteaux pivotants et filets métalliques. |
| ③ Wooden struts and wire nets.     | ③ Poteaux en bois et filets métalliques.   |
| ④ Camp.                            | ④ Logements de chantier.                   |

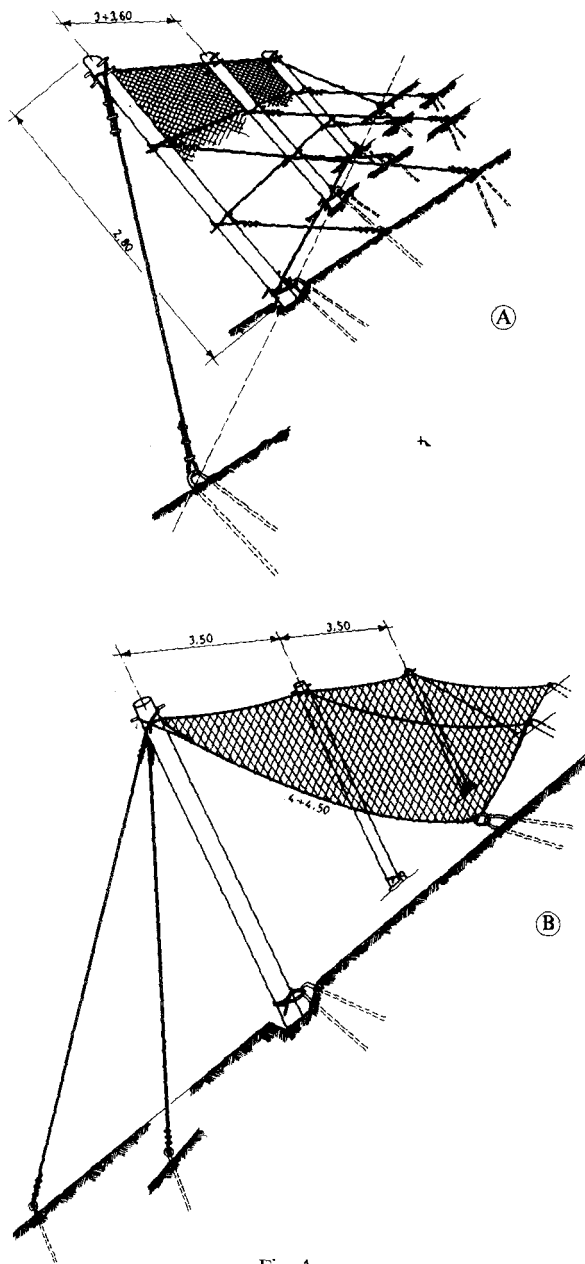


Fig. 4

Snow barriers - Swivelling struts and wire nets.

*Paravalanches - Poteaux pivotants et filets métalliques.*

- |   |   |
|---|---|
| Ⓐ Wire net placed in the line of the struts.                  | Ⓐ <i>Filet métallique posé dans l'alignement des poteaux.</i>                       |
| Ⓑ Wire net tied to the strut head and anchored to the ground. | Ⓑ <i>Filet métallique fixé au sommet des poteaux et ancré à sa base au terrain.</i> |

## STOCKAGE ET MANIPULATION DES EXPLOSIFS

Cette question mérite une attention particulière.

Les explosifs sont principalement employés pour réaliser les fondations, créer des galeries d'évacuation et d'amenée, et exploiter les carrières qui fournissent les granulats du béton et/ou l'enrochement du corps du barrage.

Il est donc nécessaire d'effectuer une étude géotechnique approfondie visant à définir les matériaux rocheux présents dans la région et à déterminer leurs caractéristiques pétrographiques, en vue de mettre au point le schéma de perforation et de choisir la qualité et la quantité d'explosifs que l'on utilisera.

Il faudra ensuite examiner soigneusement la région d'un point de vue topographique pour localiser l'emplacement idéal du dépôt principal d'explosifs et des réserves journalières. Il faut également prévoir l'étude des voies de communication entre les différents sites de travaux; elle devra s'articuler principalement autour des points suivants :

- parcours prioritaires;
- bonne visibilité;
- pentes réduites;
- absence d'obstacles;
- absence de tronçons accidentés;
- entretien périodique;
- signalisation de sûreté;

comme il en a déjà été question dans l'Annexe A.

En ce qui concerne plus particulièrement le « stockage » et la « manipulation » (puisque'il s'agit-là du thème qui nous intéresse), et bien que tous les pays aient promulgué des règlements spécifiques en la matière, visant à éviter tout accident, vol ou acte terroriste, nous avons décidé de nous conformer aux lois italiennes dont on trouvera une liste à la fin de cette annexe; en effet, nous avons constaté qu'en ce qui concerne les points les plus importants, les lois des autres pays étaient similaires; notre exposé a donc une application générale.

### 1. STOCKAGE

L'article 90 du Décret n° 635 définit quatre types de dépôts; nous nous limiterons, dans ce rapport, à parler des deux derniers, à savoir **les dépôts temporaires** et **les dépôts journaliers**, puisque tous deux caractérisent les dépôts nécessaires à l'exécution des excavations sur un chantier de construction de barrage.

#### 1.1. Dépôts temporaires

Ils peuvent abriter jusqu'à 10 tonnes d'explosifs pour des utilisations bien précises.

## STORAGE AND HANDLING OF EXPLOSIVES

Within the operations on dam construction sites, the use of explosives and detonators deserves special attention.

These materials are mainly used in excavation work for both dam foundations and abutments, for discharge tunnels, power tunnels, and last, but not least, in quarries for the production of concrete aggregates or rockfill for the dam embankment.

For the above activities, it is thus necessary to carry out an in-depth geotechnical study, in order to identify the rock materials available in the area and ascertain their petrologic characteristics, so as to develop the drilling scheme and select the quality and quantity of explosive to be used.

Once the operating methods have been decided for the excavation activities, it is necessary to thoroughly examine the area from a topographical point of view, in order to properly locate the main powder magazine and the daily storages. It is also necessary to carry out a survey of the road system that connects the different work sites, essentially to create :

- priority routes;
- good visibility;
- low grades;
- absence of obstacles;
- absence of potential hazards;
- regular maintenance;
- safety signal system;

as it has already been pointed out in Appendix (A).

As to the storage and handling of explosives (which is the subject of this report), since it is well known that specific regulations on this topic are in force in every country to prevent accidents, robberies, or terrorist acts, we have decided to follow the Italian laws, a brief listing of which is provided at the end of this annex. It should be noted that the laws in force in other countries are quite similar to the Italian ones in their major concerns, hence our report can have a general application.

### 1. STORAGE

Art. 90 of Decree no. 635 defines four kinds of storages. This report covers just the last two, that is **temporary storages and daily storages**, which are the typical storages required to perform excavation works for dam construction.

#### 1.1. Temporary Storages

They can contain up to 10 tons of explosives for specific application.



Ils doivent disparaître à la fin des travaux ; l'autorisation est donc délivrée pour la seule durée desdits travaux.

Ces dépôts peuvent contenir des explosifs à poudre et de la dynamite, à condition que ces deux produits soient entreposés dans des locaux différents, ne communiquant pas entre eux et séparés par un mur coupe-feu.

Il est également possible de stocker des détonateurs — 5 000 au maximum — selon les modalités susmentionnées.

Les dépôts en question doivent aussi se conformer à un certain nombre de règles, à savoir :

- a)* être isolés des autres bâtiments;
- b)* être construits en dur;
- c)* être dépourvus de locaux et/ou parties à usage d'habitation;
- d)* être clôturés, à une distance minimale de 3 m, par une robuste palissade, ou un grillage métallique, ou un mur, dépourvu d'ouvertures et de fenêtres, de 2,50 m de hauteur minimale, le seul moyen d'accès étant une seule et unique porte robuste;
- e)* avoir des fenêtres protégées par des barreaux de fer et un grillage métallique à mailles serrées, afin d'éviter tout risque de pénétration;
- f)* être protégés par un dispositif de mise à la terre contre les décharges atmosphériques (cage de Faraday);
- g)* être équipés de conteneurs fabriqués avec des matériaux ininflammables;
- h)* être ventilés de façon que la température ne dépasse jamais 50 °C;
- i)* être surveillés en permanence; le poste de garde devra avoir une bonne visibilité, et être situé à 30 m minimum et 250 m maximum du dépôt;
- j)* les distances entre le terrain sur lequel s'élèvera le dépôt et les autres bâtiments devront être proportionnées au type et à la quantité d'explosifs stockés.

## **1.2. Dépôts journaliers**

Font partie de cette catégorie tous les dépôts destinés à faire face aux besoins journaliers pour l'exécution d'un travail bien précis à caractère temporaire.

Ils doivent également respecter un certain nombre de règles :

- a)* stockage maximal autorisé : 200 kg d'explosifs de la 1<sup>re</sup> et/ou 2<sup>e</sup> catégorie;
- b)* stockage maximal autorisé : 1 000 détonateurs stockés dans une caisse en bois prévue à cet effet, munie d'un cadenas fermant à clé;
- c)* les explosifs et les détonateurs seront conservés dans leurs emballages respectifs originels de fabrication;
- d)* tous les matériaux et les emballages seront ininflammables;
- e)* les mèches et les amorces démunies de détonateurs peuvent également y être stockées;
- f)* ils seront situés à 50 m minimum des autres dépôts du même genre ou des maisons isolées et habitées.

## **2. MISE A LA TERRE**

Étant donné que peu de commentaires ont été faits sur ces dispositifs, nous

They are required to be removed upon completion of the work, therefore their permit lasts only for the expected duration of works.

These storages can contain powder explosives and dynamite, provided they are located in separate unconnected rooms divided by a fireproof wall.

Provided these conditions are met, it is also possible to store up to a maximum of 5 000 detonators.

These storages must also meet the following requirements :

- a)* Isolation from other buildings.
- b)* Masonry construction.
- c)* No provision for accommodation.
- d)* Fencing at a minimum distance of 3 meters, by a strong barrier, or wire mesh, or masonry wall, with no breaks or openings. The fence must be at least 2.5 meters high and equipped with only one strong and sound gate.
- e)* Windows must have iron bars and a close-meshed net, to prevent all entry.
- f)* Suitable earthing system against lightning strikes (Faraday cage).
- g)* All containers must be made up of sparkproof materials.
- h)* Adequate ventilation so that the temperature does not exceed 50 °C.
- i)* Continuous surveillance from a watch-post located with a clear line of sight at a minimum distance of 30 meters and a maximum distance of 250 meters.
- j)* Cleared surrounding area depending on the type and quantity of explosives stored.

### **1.2. Daily Storages**

These storages provide the daily requirement of explosives for the performance of a specific temporary work. They must comply with the following standards :

- a)* Maximum storage allowed : 200 kg of explosives of class 1 and/or 2.
- b)* Maximum storage allowed : 1 000 detonators in appropriate wooden containers with padlock.
- c)* Explosives must be kept in their original packing.
- d)* All materials involved and packings must be sparkproof.
- e)* Fuses and primers without detonators can be stored.
- f)* Location to be at a minimum distance of 50 meters from similar storages or from isolated and occupied houses.

## **2. EARTHING SYSTEMS**

Since few comments have been made on these systems, which are considered

avons jugé opportun de les examiner plus en détail, vu l'importance que revêt la question dans le cadre des mesures de sécurité inhérentes à l'utilisation d'explosifs.

Dans la partie technique de l'annexe B du Décret n° 635 figure la description du système « à écran réticulaire » également appelé « cage de Faraday ».

Ce système consiste essentiellement en trois parties :

1) **réseau de conducteurs formant l'écran réticulaire.**

Cette partie se subdivise elle-même en deux parties :

- la partie supérieure, où les conducteurs sont appelés « **organes de collecte** »;
- les conducteurs latéraux et verticaux, appelés « **organes de décharge** »;

2) **la mise à la terre**, qui s'obtient en reliant les conducteurs de l'écran réticulaire aux différentes prises de terre, que l'on appelle « **organes de déperdition** »;

3) **les connexions entre le réseau de protection et les masses métalliques voisines.**

Plus les mailles du réseau de conducteurs sont serrées, en particulier dans la partie supérieure, plus le système de protection est efficace.

La dimension des mailles de l'écran dépend des dimensions du dépôt, de son emplacement et de la fréquence locale des décharges atmosphériques.

Quoi qu'il en soit, la dimension des mailles supérieures ne doit pas dépasser 50 m<sup>2</sup>; quant aux mailles latérales, elles ne doivent pas dépasser 150 m<sup>2</sup>.

Pour les petits dépôts, la maille peut être constituée d'un grillage ordinaire en fil de fer galvanisé, de 5 mm de diamètre et de quelques décimètres de côté. Ce grillage devra être maintenu à une certaine distance par des supports (inflammables) qui le délimiteront de chaque côté.

### 3. MANIPULATION

Pour la manipulation des explosifs et/ou dispositifs de mise à feu, il est essentiel d'établir une distinction entre :

- a) leur transport en dehors du chantier;
- b) leur transport à l'intérieur du chantier.

Pour le point a), les règles sont définies au chapitre II de l'annexe « C » du Décret n° 635 de 1940 et, quoi qu'il en soit, ce point ne relève pas du présent rapport.

La manipulation qui nous intéresse ici est celle qui a lieu à l'intérieur des chantiers et qui est réglementée par le Décret n° 302 du 19 mars 1956.

Le chapitre III dudit Décret traite des explosifs, de leur choix, de leur transport et de leur utilisation. Dans le domaine spécifique du transport, l'article 22 précise les mesures de sécurité ci-après :

**« Transports des explosifs à l'intérieur des chantiers »**

— Les explosifs doivent être transportés dans leurs emballages d'origine, dans des caisses munies d'un cadenas ou autres contenants appropriés; les mèches et les détonateurs devront être transportés séparément;

— Transport manuel des explosifs sur les lieux d'utilisation : les explosifs devront être placés dans des caisses solides munies d'un cadenas, de dimensions et d'identification différentes suivant qu'il s'agit d'explosifs ou de détonateurs;

very important among the safety measures to be taken in the use of explosives, we deem it useful to examine them in more detail.

The technical appendix of Attachment (B) to Decree no. 635, already mentioned above, describes the “ **reticulated shield** ” system, which is also called the “ **Faraday cage** ”.

It consists of three main parts :

1) **Network of conductors making up the reticulated shield.**

This network is subdivided into two parts :

- the upper conductors, called “ **collecting devices** ”;
- the lateral and vertical conductors, called “ **discharging devices** ”.

2) **Earthing**, achieved by connecting the conductors of the reticulated shield to various earth plates, called “ **dispersion devices** ”.

3) **Connections of the shield network with nearby metallic masses.**

In general terms, the effectiveness of the protection system is directly proportional to the fineness of the conductor network, especially in the upper part.

The size of the shield mesh depends on the storage dimensions, its location, and the local frequency of lightning strikes.

In any event, the area of the upper nets must not exceed 50 square meters, and that of the side nets 150 square meters.

In the case of small storages, the net can be made up of ordinary galvanized iron wire mesh, 5 mm. diameter and a side some decimeters long, supported by fireproof props evenly spaced all around.

### 3. HANDLING

An essential distinction must be made between the handling of explosives and/or igniters to the site and within the site.

The rules for transportation to the site are specified under chapter II of the Attachment (C) to Decree no. 635 of 1940; but this activity is not within the topic of this report, which is more concerned to analyze the handling of explosives at the site, covered by Decree no. 302 dated March 19, 1956.

Chapter III of this Decree analyzes the selection, transportation, and use of explosives. As to their transportation, Art. 22 identifies the following safety measures :

“ **Transportation of Explosives on Site** ”

— Explosives must be transported in their original packing, in padlocked boxes, or in appropriate containers and must be kept apart from fuses and detonators.

— Manual transportation of explosives to the work site must be done in sound covered and locked boxes with different sizes and labels for explosives and detonators.

— Le transport des explosifs et des détonateurs doit être effectué à des moments différents, ou par des ouvriers différents qui ne peuvent être munis de lampes à flamme;

— Les explosifs transportés sur des véhicules doivent être rangés dans des emballages adéquats, bien arrimés;

— La configuration des moyens de transport doit permettre d'éviter la chute d'étincelles ou d'éléments en combustion sur les caisses ou les récipients contenant les explosifs;

— L'utilisation de moyens de transport susceptibles de produire des étincelles ou des flammes est absolument interdite, sauf si des protections efficaces ont été prévues.

Outre ces règles spécifiques, il est intéressant de signaler un certain nombre de mesures préventives comme :

— des instructions écrites seront fournies par l'Entrepreneur relativement aux précautions à prendre quant aux différents types d'explosifs utilisés sur le chantier;

— le personnel sera expressément habilité à l'utilisation des explosifs (permis d'artificier) et âgé de plus de 18 ans;

— la quantité d'explosifs prélevée à l'intérieur du dépôt ne sera pas supérieure à la quantité requise pour effectuer les travaux en cours;

— les explosifs, une fois prélevés, seront distribués juste avant le chargement des mines;

— les explosifs non utilisés doivent être ramenés au dépôt à la fin de chaque poste de travail;

— les explosifs endommagés seront détruits rapidement conformément à des méthodes préétablies; dans tous les cas, les détonateurs ne seront pas détruits en même temps que les explosifs;

— les horaires de transport à l'intérieur du chantier devront, si possible, coïncider avec ceux de moindre activité;

— des parcours aisés seront définis;

— le début de transport sera communiqué avec précision;

— les véhicules de transport d'explosifs auront priorité de circulation sur les autres véhicules.

#### **4. CONCLUSIONS**

Il n'est pas inutile de rappeler qu'il existe, depuis un certain temps, des produits explosibles et des amorces « haute sécurité ».

A la première catégorie appartiennent les explosifs à base de mélange de nitrate d'ammonium et d'huile combustible (fuel oil). Ces produits facilitent les opérations de stockage et ne nécessitent que des mesures de prévention simples (le premier n'est considéré que comme un matériau combustible et non un explosif).

Ces avantages s'appliquent également à leur transport, surtout si la préparation du mélange a lieu sur les lieux d'utilisation et en fonction des besoins spécifiques.

Il existe — et on les trouve facilement sur le marché — des moyens de transport spécialement équipés et brevetés dans le cadre de cette utilisation.

- Transportation of explosives and detonators must be carried out either at different times or by different workmen, who must not be equipped with flame lamps.

- Explosives transported on vehicles must be placed in appropriate and secured containers.

- Vehicles used must be manufactured with spark arresters, in order to avoid any risk of fire for the explosives or their containers.

- The use of vehicles that might cause sparks or flames is prohibited, unless they are suitably modified.

Besides these specific rules, we would recommend the following additional safety measures :

- Written instructions should be provided by the contractor on the precautionary measures to be adopted in the use of the various kinds of explosives on site.

- Personnel should be duly authorized to use explosives (blasting licence). Licences should not be issued to workers aged less than 18 years.

- The quantity of explosives removed from storage should not exceed that required for the specific task.

- Explosives are to be distributed immediately before priming.

- Unused explosives must be returned to storage at the end of the shift.

- Spoiled explosives must be destroyed within a short period of time and according to precise methods; under no circumstances should detonators be destroyed with explosives.

- Site transportation of explosives should be organized for hours of minimal site activity.

- Suitable routes around the site should be identified.

- The beginning of transportation must be properly communicated.

- Explosives vehicles must have absolute right of way over all other traffic.

#### **4. CONCLUSIONS**

It is worth noting, at the conclusion of this report, that very safe explosive materials and primers have been in use for some time.

As is well-known, safe explosives include those produced by blending ammonium nitrate and fuel oil. Both of these ingredients require only simple storage and simple precautionary measures (the former is considered as a combustion supporter and not an explosive).

Similar considerations apply to their transportation, particularly if the mixture is prepared in the place of use and only in the quantity necessary to the specific need.

Patented vehicles designed for this special use are now available on the market.

Pour les amorces, on a de plus en plus tendance à faire appel aux amorces non électriques, en particulier pour les excavations à ciel ouvert; pour plus de détails, il est recommandé de se reporter à la documentation spécifique éditée par les fabricants.

## 5. LÉGISLATION ITALIENNE

RD 18-6-1931 N° 773 - Texte unique des lois de sécurité publique.

RD 6-5-1940 N° 635 - Règlement pour l'exécution du texte unique des lois de sécurité publique, n° 773 du 18-6-1931.

DPR 27-4-1955 N° 547 - Règles relatives à la prévention des accidents du travail.

DPR 19-3-1956 N° 302 - Production et utilisation des explosifs.

DPR 20-3-1956 N° 320 - Règles relatives à la prévention des accidents et à l'hygiène dans les travaux souterrains.

DPR 20-3-1956 N° 321 - Règles relatives à la prévention des accidents et à l'hygiène du travail dans les caissons à air comprimé.

RD = Décret du Roi.

DPR = Décret du Président de la République.

As far as igniters are concerned, non-electrical primers are now in common use, mainly for open cut excavation, and readers are referred to the exhaustive technical literature available from manufacturers for specification details.

## **5. ITALIAN LAWS**

RD 18-6-1931 no. 773 : Consolidation Act of Public Safety Laws.

RD 6-5-1940 no. 635 : Regulations for the Enforcement of the Consolidation Act 18-6-1931 no. 773 of Public Safety Laws.

DPR 27-4-1955 no. 547 : Rules for the Prevention of Occupational Accidents.

DPR 19-3-1956 no. 302 : Production and Use of Explosives.

DPR 20-3-1956 no. 320 : Rules for Accident Prevention and Occupational Health in Underground Works.

DPR 20-3-1956 no. 321 : Rules for Accident Prevention and Occupational Health in Compressed Air Formworks.

RD : Royal Decree.

DPR : Decree of the President of the Republic.



## **PRÉVENTION DES MALADIES PROFESSIONNELLES SUR LES CHANTIERS DE BARRAGES**

Bien que les accidents du travail soient la cause la plus répandue et la plus étudiée de la pathologie professionnelle sur les chantiers de barrages, on ne doit pas cependant sous-évaluer les risques nombreux pour le personnel de contracter des maladies professionnelles.

Cette annexe tente de combler la lacune existante dans la littérature spécialisée et par là même de sensibiliser, en matière de prévention, aux maladies professionnelles.

Les principaux risques de ces maladies sont imputables :

- 1) à des facteurs physiques : climat, microclimat, vibrations, bruit;
- 2) au contact avec les substances utilisées, provoquant irritations ou allergies : ciment et ses adjuvants, émulsions bitumineuses, huiles pour décoffrage;
- 3) à la pollution due aux gaz répandus dans l'air;
- 4) à la pollution due à la suspension de poussières dans l'air;
- 5) aux maladies endémiques locales.

### **1) FACTEURS PHYSIQUES**

#### **1.1. Climat**

i) Quand les barrages sont construits dans des zones tropicales et, par conséquent, dans un climat chaud (sec ou humide selon les régions), il faut éviter que la main-d'œuvre soit exposée à des coups de chaleurs pouvant provoquer : céphalée, vertiges, torpeur, fièvre, évanouissement, hyposystolie et, dans les cas plus graves, vomissements, crampes, dyspnée, forte fièvre et perte de conscience. Pour prévenir ce danger, il faut fournir à la main-d'œuvre des boissons appropriées et en abondance, contenant de petites quantités de sels minéraux, afin de faciliter une transpiration abondante réduisant la chaleur et permettre une récupération des pertes de sodium et de potassium.

ii) Quand les travaux sont exécutés à très haute altitude, après une courte période d'acclimatation, aucun problème ne se pose normalement pour la santé du personnel, si l'on a pris soin, lors de la sélection, d'éliminer les sujets à risques cardiaques ou broncho-pulmonaires.

Certains sujets, présentant une fragilité vasculaire et nerveuse, peuvent être atteints du syndrome du mal des montagnes qui se manifeste, au cours des premiers jours du séjour en haute altitude, par des céphalées, des vertiges, des vomissements, des tachycardies, des crampes et une certaine torpeur psychique. Ces troubles sont dus à une carence d'oxygénation des centres nerveux. Afin d'éviter une atteinte irréversible à la santé du sujet, il convient de lui administrer de l'oxygène, mais surtout de le transporter, le plus tôt possible, à une altitude plus basse, et ce pour une période d'acclimatation adéquate.

## **PREVENTION OF OCCUPATIONAL DISEASES ON DAM CONSTRUCTION SITES**

Even if accidents are the most frequent and studied causes of occupational pathology on dam construction sites, we must not underevaluate the many occurrences for employees to suffer from occupational diseases.

This report is trying to bridge a gap in the literature and to emphasize the importance of occupational disease prevention.

The major risks of occupational diseases are due to :

- 1) Physical factors : climate, microclimate, vibrations, noise.
- 2) Contact with irritant or allergenic substances : concrete and its additives, bituminous emulsions, oils.
- 3) Airborne gas pollution.
- 4) Airborne corpuscular pollution.
- 5) Local endemic diseases.

### **1. PHYSICAL FACTORS**

#### **1.1. Climate**

i) Dams are often built in tropical areas, where the climate is hot (either dry or damp, depending on the place). Therefore the personnel should not be exposed to heat-strokes, which cause cephalgia, vertigoes, torpor, fever, fainting and hypostole, and in the most serious forms vomiting, cramps, dyspnea, high fever and loss of consciousness. To prevent them, the employees must be provided with abundant beverages, containing small quantities of mineral salts, to facilitate an abundant perspiration that reduces the heat, and to restore the sodium and potassium levels.

ii) Sometimes works are carried out at very high altitudes above sea-level : after a short period of acclimatization, there should be no more problems to the employees' health, provided an accurate selection has been made during the prejob physical examination and cardiopaths and broncho-pneumopaths have been excluded.

Some people with a special vascular and nervous weakness might suffer from high mountain sickness, that in the first days causes cephalgia, vertigoes, vomiting, tachycardia, cramps, psychic torpor. This is due to a lack of oxygenation of the nervous centers. To avoid permanent damage, it is advisable to give some oxygen to the person involved, but above all to move him to a lower altitude for an appropriate acclimatization period of time.

## 1.2. Microclimat

Les situations microclimatiques les plus pénibles et les plus insalubres se produisent lors des travaux effectués dans les galeries, à cause d'une humidité relative élevée, de sauts de température (à l'intérieur, celle-ci peut même être très basse) et, dans certaines zones, à cause de violents courants d'air.

Une telle situation, sans compter le désagrément d'une sensation thermique pénible, peut entraîner des affections dues au refroidissement, ainsi que des maladies rhumatismales ou broncho-pulmonaires.

C'est pourquoi il est utile de contrôler, de façon périodique, dans les zones les plus défavorisées, au moyen d'appareils adaptés (psychromètre et thermomètre de Lambrecht), la température, l'humidité, la ventilation, en reportant les résultats sur des tableaux prévus à cet effet dans les registres des données concernant l'environnement.

On ne peut malheureusement pas faire grand'chose pour améliorer la situation microclimatique dans les galeries; cependant, il ne faut pas négliger le drainage le plus rapide possible des eaux stagnantes, ainsi que l'évacuation des infiltrations provenant de la voûte.

En outre, les travailleurs devront être pourvus d'une tenue adéquate (bottes et combinaisons imperméables) et des pauses dans des locaux climatisés devront parfois être accordées.

## 1.3. Instruments vibrants

Les appareils vibrants, utilisés de nombreuses heures consécutives et sur de longues périodes, peuvent causer des maladies articulaires aux extrémités des mains.

En raison d'accès vasoconstricteurs fréquents, à la longue peuvent surgir des troubles trophiques de la peau des doigts des mains, et même de réelles escarres nécrotiques.

Afin de maîtriser ce risque, on a tout intérêt à effectuer des examens radiographiques lors de la phase d'embauche et à les répéter de façon périodique, en veillant éventuellement au roulement des personnes préposées à l'usage des appareils vibrants.

## 1.4. Bruit

Dans un certain nombre de zones où se déroulent les travaux, il existe un risque de dommages pour l'appareil auditif.

i) **Dans les galeries** : sur le front de taille, à cause de l'usage des perforatrices, de la proximité des ventilateurs, des appareils compresseurs, et du passage de véhicules et de pelleteuses.

ii) **En plein air** : à proximité d'appareils compresseurs, de groupes électrogènes, d'installations de concassage et d'engins d'excavation. La quantité maximale supportable de 80/90 décibels, huit heures par jour, est largement dépassée dans plusieurs zones.

Des relevés périodiques, avec un phonomètre de précision, à différentes distances de la source de bruit, sont donc nécessaires afin de mieux localiser l'aire de diffusion du bruit.

## 1.2. Microclimate

The most difficult and unhealthy situations are encountered in works performed in tunnels, due to the presence of a high relative dampness, sudden changes in temperature (it can sometimes be very low inside) and the high speed of air in some areas.

Apart from the uncomfortable thermic feeling, such a situation may potentially cause cooling, rheumatic, or broncho-pneumatic diseases.

It is therefore recommended that regular checks of temperature, dampness, and ventilation be carried out in the most uncomfortable areas, through proper instruments (psychrometer and Lambrecht's thermometer), and the related data be entered in tables filed in environmental data registers.

Unfortunately, little can be done to improve the microclimatic situation in tunnels; however, we must not disregard an as-fast-as-possible draining of backwater, as well as a diversion of gutterings from the vault.

Moreover, employees must be equipped with proper clothing (boots and waterproof suits) and have some breaks from work in an air-conditioned environment.

## 1.3. Vibrating Tools

Vibrating tools used for many hours and for long periods of time may cause arterial diseases to the fingertips.

Over time, frequent vaso-constricting fits may cause trophic disorders to the finger skin and even real necrotic eschars.

To control this hazard, radiographic examinations should be done when hiring the personnel, and should be repeated on a regular basis. Moreover, the contractor might possibly rotate the employees assigned to the use of vibrating tools.

## 1.4. Noise

The hazard of acoustic damage is present on different work areas :

i) **In Tunnels** : at the work front, due to the use of drills, near ventilators and compressors, and due to the transit of vehicles and loading shovels.

ii) **In the Open** : near compressors, generators, crushing plants, and excavators. 80/90 decibels, corresponding to the maximum bearable value for eight hours a day, are abundantly exceeded in different areas.

Therefore, controls should be made on a regular basis, using a precision sound level meter at different distances from the noise source, so as to detect how noise is distributed.

L'exposition à des valeurs supérieures à 80/90 décibels pendant de nombreuses heures consécutives provoque une diminution de l'ouïe qui est réversible au début, mais qui devient permanente si l'exposition continue.

La surdité due au bruit peut être évaluée avec un audiogramme qui met en évidence une diminution localisée de la sensibilité aux hautes fréquences assez typique (trauma acoustique).

Pour certains travaux, les ouvriers devront être équipés de moyens de protection personnels. Cependant, cela ne doit pas éliminer la mise en œuvre de toutes les précautions techniques susceptibles de réduire la pollution par le bruit, telles que, par exemple, l'isolation des appareils compresseurs ou des groupes électrogènes dans les installations de ventilation, l'adoption de moteurs de grandes dimensions et susceptibles donc de travailler à des vitesses plus basses. Il va de soi qu'un entretien correct des appareils compresseurs et de tous les engins en général doit être effectué.

## **2. CONTACT AVEC LES SUBSTANCES UTILISÉES**

**2.1.** Des dermatites graves et gênantes peuvent être causées par un contact répété et prolongé des mains avec le ciment et ses adjuvants, l'action irritante simultanée de l'eau, du soleil, des détergents et des solvants en facilitant la formation. Chacun sait que le ciment peut provoquer, à cause de ses composants (chrome, nickel, cobalt), des allergies aussi bien cutanées que respiratoires.

L'eczéma dû au ciment se manifeste au niveau du dessus des mains et de la partie distale de l'avant-bras. Cette dermatite s'infecte souvent et tend assez rapidement à la lichénification. Celle-ci s'associe pratiquement toujours à des crevasses, érosions et hyperkératoses, causées par les propriétés alcalines, abrasives et hygroscopiques du ciment, et leurs effets irritants. L'eczéma évolue dans le sens de la chronicité, il se généralise rarement.

Il est possible d'éviter ou de réduire ces dermatites, en fournissant aux ouvriers des crèmes et des gants de protection, et en veillant à ce que ces moyens personnels de protection soient appliqués.

Par ailleurs, une sélection du personnel lors de l'embauche est recommandée, pour éviter de confier ces tâches à des personnes avec des précédents allergiques ou ayant manifesté lors d'examen spécifiques de la peau (Pack test) une sensibilité excessive au chrome, nickel, cobalt.

**2.2.** L'utilisation d'huiles pour décoffrage, appliquées au pinceau ou au pistolet sur les parois des coffrages, peut causer des inflammations chroniques et des altérations néoplastiques de la peau.

Leur vaporisation dans l'air peut donner lieu à des manifestations inflammatoires des voies respiratoires, suivies de fibroses pulmonaires et même, selon certains spécialistes, augmenter le risque de cancer du poumon.

On a recours souvent à des huiles minérales avec des additifs anti-oxydants à base d'amines aliphatiques et de polyamine, ou bien à des mélanges à base d'huiles d'origine synthétique composées d'alcoyles-benzènes linéaires, utilisés tels quels ou en solution avec des hydrocarbures aliphatiques contenant des antioxydants aminés.

Exposure to values exceeding 80/90 decibels for many hours causes a hearing loss, which is reversible in the beginning but becomes permanent if exposure continues.

Deafness caused by noise can be evaluated through an audiogram, which shows a rather typical drop in the response to high frequencies (acoustic trauma).

Operators associated with special jobs must be provided with personal protective equipment, but this cannot be considered a substitute to all the technical measures designed to reduce the acoustic pollution intensity, such as noise-proofing of compressors or generators in ventilation systems, use of large-size engines capable of working at a lower r.p.m. rate. Needless to say, an appropriate maintenance plan must be developed both for compressors and for all equipment being used.

## **2. CONTACT WITH SUBSTANCES WHICH MAY BE HARMFUL**

**2.1.** The recurrent and prolonged contact of the hand skin with concrete and its additives may cause a troublesome and serious dermatitis, facilitated by the combined irritating effect of water, sun, detergents, and solvents. Everybody knows that concrete may cause both cutaneous and breathing allergies due to its components (Chromium, Nickel, Cobalt).

The eczema due to concrete localizes on the back of the hands and on the distal part of the forearm. This dermatitis often becomes infected and precociously tends to lichenify; it is almost always associated with chappings, erosions and hyperkeratosis due to the irritative property of concrete, caused by its alkalinity, abrasive property, and hygroscopicity. The eczema may evolve towards chronicity, it seldom spreads out.

This dermatitis can be avoided or reduced by providing the employees with protective creams and gloves and checking that they do use these personal protective means.

Furthermore, a selection of employees is recommended upon their hiring, in order not to assign these jobs to applicants who either suffered from allergies or prove to be sensitive to Chromium, Nickel, Cobalt according to specific skin tests (Pack Test).

**2.2.** The use of demolding oils either brushed or sprayed on shutterings may cause chronic inflammations and neoplastic alterations to the skin.

When atomized in the air, they may cause inflammatory disturbances to the respiratory tract, followed by lung fibrosis and, according to some experts, also increase the risk of lung tumors.

There is a spread out use of mineral oils containing antioxidizing additives based on aliphatic amines and polyamine, or synthetic oily mixtures containing linear alkylbenzenes, used either as they are or in solutions with aliphatic hydrocarbons containing amino-antioxidizers.

La valeur limite d'exposition pour les brouillards d'huiles minérales est de 5 mg/m<sup>3</sup>. Le pouvoir cancérigène des huiles minérales est lié à la présence d'hydrocarbures polycycliques aromatiques.

La prévention dépend :

- 1) du choix de produits sans substances mutagènes ou en contenant un pourcentage très bas;
- 2) de l'utilisation de moyens de protection individuels (crème de protection, gants, masques), avec sensibilisation préalable du personnel au danger.

### **3. GAZ POLLUANTS RÉPANDUS DANS L'AIR**

C'est durant les travaux d'excavation qu'on rencontre les situations les plus pénibles et présentant le plus grand risque de maladies.

Dans cette annexe, les risques dus aux émanations de gaz provoquant asphyxie et explosion ne sont pas pris en considération. Ces cas sont caractéristiques des travaux en galeries et ceux-ci n'ont pas été traités de façon spécifique dans ce rapport.

En ce qui concerne la pollution gazeuse, on peut schématiquement la rencontrer dans diverses situations :

#### **3.1. Forage**

**3.2. Rétablissement des installations et « purge » des parois immédiatement après le sautage.**

#### **3.3. « Marinage » et évacuation des déblais.**

i) Les opérations exécutées immédiatement après le sautage ont pour caractéristique de produire une grosse quantité de gaz polluants provenant de la combustion des explosifs : la quantité d'oxyde de carbone, d'oxyde d'azote, d'anhydride sulfureux, dépasse souvent de beaucoup les taux maximaux permis, même pour des temps brefs.

Cette pollution consécutive au sautage diminue dans le temps, en fonction de l'efficacité des installations de ventilation.

ii) Les opérations d'évacuation des déblais provoquent une pollution due à l'émission de gaz d'échappement des moyens de transport et des pelles mécaniques. Si le bioxyde d'azote et l'anhydride sulfureux l'emportent, on relève aussi, en plus petite quantité, la présence d'oxyde de carbone et d'hydrocarbures polycycliques cancérigènes. Cette pollution gazeuse est responsable de l'irritation des conjonctives et des voies respiratoires, et provoque des oculo-rhinites chroniques, des bronchites chroniques, de l'asthme bronchique, de l'emphysème pulmonaire et, si la période d'exposition est très longue, des néoplasies pulmonaires.

Afin d'évaluer le risque de pollution, il est nécessaire de faire une analyse quantitative des différents gaz répandus dans l'air, au moyen d'appareils *ad hoc* à pompe aspirante, avec les réactifs spécifiques pour oxyde de carbone, anhydride carbonique, oxyde d'azote et anhydride sulfureux, et de répéter les prélèvements à intervalles rapprochés dans les différentes zones où se déroulent les travaux.

Exposure to mineral oil fumes must not exceed 5 mg/m<sup>3</sup>. The carcinogenic property of mineral oils is linked to the presence of aromatic polycyclic hydrocarbons.

Prevention is based on :

1) the selection of products without mutagenic substances or containing a very low percentage of them;

2) the use of personal protective means (protective creams, gloves, masks), along with proper prevention training of employees.

### **3. AIRBORNE GAS POLLUTION**

Excavation works bring about the most uncomfortable situations and the highest risks of getting a disease.

This Appendix does not cover the risks involved by gas emanations causing asphyxia or explosions. Such occurrences are typical of works in tunnels, that are not specifically covered in this report.

As to gas pollution, we can outline different situations :

#### **3.1. Drilling.**

#### **3.2. Installation reset and barring immediately after blasting.**

#### **3.3. Mucking.**

i) Operations to be carried out immediately after blasting are performed in the presence of different polluting gases due to the burning of the explosive : the quantities of carbon monoxide, nitrogen monoxide, and sulphur dioxide are always high and often considerably exceed the maximum values allowed, even if for short periods of time.

This pollution after blasting decays after some time, depending on the effectiveness of the ventilation system.

ii) Muck removal is polluting, due to the exhaust gases produced by transportation means and loading shovels. Prevailing is the presence of nitrogen dioxide and sulphur dioxide, and, at a lower quantity, of carbon monoxides and carcinogenic polycyclic hydrocarbons. This gas pollution produces irritations to the conjunctiva and the respiratory tract and causes chronic oculorhinitis, chronic bronchitis, bronchial asthma, pulmonary emphysema, and even pulmonary neoplasia when the exposure lasts for a very long period of time.

To evaluate the pollution level, a quantitative analysis of the single airborne gases should be made, using proper instruments and a suction pump equipped with the specific reagents to carbon monoxide, carbon dioxide, nitrogen monoxide, and sulphur dioxide. Surveys should be repeated within a short period of time in the different work areas.



On regroupera les données ainsi rassemblées sur des tableaux prévus à cet effet dans les registres des données concernant l'environnement, afin de bien indiquer les moments et les zones à plus haut risque, et de mettre en œuvre toutes les mesures nécessaires en vue de réduire le danger.

Afin de travailler en sécurité après le sautage, des pauses suffisantes sont nécessaires afin de permettre aux installations de ventilation d'effectuer un changement d'air efficace.

En vue de réduire la pollution due aux gaz d'échappement des véhicules passant dans les galeries, il convient non seulement de veiller à l'entretien sérieux de la carburation des moteurs, mais d'appliquer aussi aux pots d'échappement des filtres capables de retenir les gaz toxiques dont l'émission ne pourrait, en tout état de cause, être évitée.

#### **4. POLLUTION DUE A LA SUSPENSION DE POUSSIÈRES DANS L'AIR**

Elle est particulièrement importante **dans les galeries** pendant les opérations de forage, de transport de matériaux et de gunitage, et **en plein air** à proximité des installations de concassage.

Pendant ces travaux, la quantité de poussière répandue dans l'air et susceptible d'être inhalée est souvent très importante, ce qui comporte toujours un risque de pneumoconiose et, en particulier, de silicose.

Les affections des voies respiratoires apparaissent sous forme de rhinite, bronchite chronique, fibrose pulmonaire, emphysème pulmonaire, silicose, asbestose, cancer du poumon.

Pour évaluer le risque de pneumoconiose il est utile d'examiner les roches à forer et les matériaux utilisés par les concasseurs, afin d'en connaître le contenu en silicate, silice libre, asbeste et talc.

Il est en outre indispensable de mesurer périodiquement et dans les différentes zones le taux de poussière en suspension, ainsi que le pourcentage de silice libre, d'asbeste et de talc, en utilisant des filtres munis de membranes à micropores montés sur une pompe aspirante, afin d'examiner ensuite au microscope à réflexion les particules qui se sont déposées.

Dans ce cas également, il est utile de reporter les données sur les tableaux prévus à cet effet dans les registres des données concernant l'environnement, afin de pouvoir évaluer le taux de poussière dans l'air des différents lieux de travail et d'adopter des mesures visant à réduire les risques, telle qu'une ventilation efficace, ou l'humidification de la roche pendant le forage, le transport et le concassage.

#### **5. MALADIES ENDÉMIQUES LOCALES**

On doit prêter une attention toute particulière aux maladies endémiques locales qui, sur certains chantiers, ont ralenti de façon importante les travaux, surtout du fait que la vie en collectivité en favorise la propagation et qu'elles frappent notamment les travailleurs étrangers qui ont des défenses naturelles moindres.

Il est donc nécessaire de procéder, en même temps que l'étude technique des

Data collected are to be entered in tables filed in the environmental data registers, so as to point out the most hazardous works and areas and implement all necessary measures to decrease the risks.

Working in a safe environment after blasting requires a pause from the work until ventilation has sufficiently changed the air.

To reduce the exhaust gas pollution produced by vehicles passing in tunnels, not only is an accurate maintenance of their engine carburation required, but also the addition of filters to the exhaust pipes, able to retain toxic gases.

#### **4. AIRBORNE CORPUSCULAR POLLUTION**

It is considerably high : **in tunnels** during drilling work, transportation of materials, and shotcreting; **in the open** near crushing plants.

The quantity of inhalable airborne dusts during these works is often very high and there is always the risk of pneumokoniosis, with special regard to silicosis.

Disturbances to the respiratory tract may be in the form of rhinitis, chronic bronchitis, lung-fibrosis, pulmonary emphysema, silicosis, asbestosis, lung-tumor.

To evaluate the risk of pneumokoniosis, an examination is recommended of the rocks to be drilled and of the material used by the crushers, in order to assess the quantity of silicate, free silica, asbestos and talc contained.

It is also of the utmost importance to regularly measure the dustiness and percentage of free silica, asbestos and talc on the work sites by means of filters with micropore diaphragms mounted on suction pumps, and examine the particles retained through a reflecting microscope.

Also in this case, it will be advisable to enter the data collected in tables filed in the environmental data registers, in order to monitor the airborne dustiness on the different sites and take all the necessary steps to decrease this hazard, such as : good ventilation and rock humidification during drilling, transportation, and crushing.

#### **5. LOCAL ENDEMIC DISEASES**

Special care must be devoted to local endemic diseases, that have substantially slowed down work on some sites, in that they would spread out throughout the community and mainly affect expatriate workers, having they poor natural defences.

Along with the technical study of the site layout, it is, therefore, necessary to

installations de chantier, à une étude épidémiologique sur place, en ayant recours aux Services Sanitaires locaux et en effectuant des reconnaissances des lieux accompagnées d'examens médicaux réguliers, afin de s'assurer de l'existence effective de ces maladies.

C'est ainsi qu'il sera possible de rédiger un plan général de prévention, propre au chantier qui doit être ouvert, afin, entre autres, de doter l'infirmerie d'appareils de recherche et de diagnostic adéquats et de préparer les soins essentiels indispensables.

Sur les chantiers des pays tropicaux, par exemple, il faut prendre des mesures contre l'ankylostomiase et la spirochétose, la malaria, l'hépatite virale, l'amibiase, le choléra, la filariose, la bilharziose, la fièvre jaune, qui sont des maladies endémiques caractéristiques de ces régions.

C'est au Directeur du Service de Santé que revient la tâche de sensibiliser le personnel (cadres et ouvriers), d'appliquer et de coordonner les différentes activités de prévention, de défense et de diagnostic, à savoir, de conseiller les vaccinations utiles, la désinfection de l'eau et des aliments destinés à être consommés crus, la destruction des insectes, les types de régime alimentaire.

Ces derniers sont normalement conformes aux habitudes du lieu d'origine du personnel et se doivent d'être complets et adaptés au travail effectué.

L'hygiène des produits alimentaires locaux doit être contrôlée et une attention particulière doit être portée à la manipulation et à la conservation des aliments afin que le climat et la présence inévitable des insectes n'entraînent pas leur altération.

## **6. VISITES MÉDICALES ET EXAMENS CLINIQUES**

Le médecin du travail devra être très attentif à la sélection de **tout** le personnel, en raison des dures épreuves auxquelles il se trouve exposé en milieu tropical et parfois à des altitudes très élevées, loin de centres pourvus d'équipements hospitaliers, et souvent exposé à des maladies inhabituelles.

En outre, il sera très rigoureux dans les déclarations d'aptitude des préposés à des tâches comportant des risques d'accident ou de maladie professionnelle. Aussi, est-il indispensable de répartir les candidats en groupes homogènes et de les soumettre à des examens supplémentaires en fonction des tâches et donc des risques auxquels ils vont être exposés, et ce, avant l'embauche, au cours de leur activité selon une périodicité préétablie, et au moment de la cessation du travail.

### **6.1. Examens cliniques et de laboratoire auxquels tout le personnel doit se soumettre :**

— Radiographie du thorax, électrocardiogramme, analyse des urines, hémochromocytométrie, azotémie, créatinine, glycémie, HBsAg, transaminase, gamma GT, séro-électrophorèse.

### **6.2. Examens supplémentaires auxquels doivent se soumettre :**

i) Les cuisiniers et agents des cantines : analyse des selles, réaction de Wassermann, tampon pharyngien.

ii) Les conducteurs d'engins et les mécaniciens : examen de la vue, audiométrie.

carry out an on-site epidemiological study with the assistance of the local health authorities, as well as to make some inspections and preliminary and regular medical examinations, in order to ascertain the presence of endemic diseases.

Based on the above, an overall prevention plan can be developed for the specific site, also to provide the site infirmary with adequate research and diagnosis instrumentation and arrange the most appropriate medical treatment.

For instance, on sites in tropical countries it is necessary to protect all personnel against hookworm, spirochetosis, malaria, viral hepatitis, amoeban cholera, Guinea worm, bilharziosis, and yellow fever, which are typical endemic diseases in those areas.

It is the responsibility of the Health Director to indoctrinate the personnel (managers and employees), enforce and coordinate all the activities of prevention, protection and diagnosis to be carried out for each specific case : to recommend proper vaccinations, disinfection of water and food to be eaten raw, disinfestation, and diets.

Diets are usually based on the habits of the employees' country of origin and must be complete and adequate to the workers' needs.

Besides checking the hygiene of local foodstuff, special attention should be devoted to food preparation and preservation, in order to avoid easy pollution due to the local climate and the unavoidable presence of insects.

## **6. PHYSICAL EXAMINATIONS AND CLINICAL TESTS**

The company doctor should pay close attention to the selection of **all** employees, in view of the considerable hardships they must face when working in a tropical climate or at very high altitudes, far away from towns with hospitals, often exposed to unusual diseases.

He should also exercise particular care when qualifying the operators assigned to works involving accident or occupational disease hazards. It is thus recommended that applicants be subdivided into homogeneous groups and additional tests be carried out according to their assignment and consequently to the hazards they are to be confronted with, before their hiring, during the work at preset intervals, and when they leave the job.

### **6.1. Clinical and laboratory tests to be carried out on all personnel :**

— Thorax radiography, electrocardiogram, urinalysis, haemochromocytometric, azotemia, creatinine, glycemia, HBsAg, transaminase, gamma G.T., seroelectrophoresis.

### **6.2. Additional tests to be run on :**

i) Cooks and associates to the canteen, for instance : faeces, Wassermann Reaction, pharyngeal swab.

ii) Equipment operators and mechanics : sight, audiometry.

iii) Les mineurs : radiographie lombaire, spirométrie, rhéographie, audiométrie.

iv) Les préposés aux appareils vibrants : rhéographie, audiométrie.

v) Les maçons, charpentiers, et tous les ouvriers : radiographie lombaire, tests d'allergie au ciment.

Bien que l'impossibilité de supprimer complètement le risque de maladies professionnelles soit évidente, il est indispensable d'agir à tous les niveaux afin de le réduire au minimum.

Il n'est pas possible dans le présent rapport de suggérer toutes les mesures techniques à appliquer dans chaque cas; il vise seulement à indiquer les circonstances les plus fréquentes de risque de maladies professionnelles, afin qu'une action efficace de prévention soit menée à tous les niveaux :

— En phase de projet : en veillant à ce que les installations et le matériel ne produisent pas trop de bruit, de poussière, d'échappements gazeux ou liquides, pouvant se révéler nocifs pour ceux qui en assurent le fonctionnement, de même que pour quiconque travaillant à proximité.

— En phase de construction : en veillant à ce que le personnel travaille selon les techniques et les méthodes indiquées par les responsables de l'Hygiène et de la Sécurité du Travail; en programmant l'entretien régulier des installations et des machines; en intervenant rapidement pour parer à une situation dangereuse; en effectuant au moment de l'embauche examens et contrôles médicaux indispensables, afin d'éviter que ne soient employés à des tâches dangereuses les sujets prédisposés à la maladie.

iii) Miners : lumbar radiography, spirometry, rheography, audiometry.

iv) Operators of vibrating tools : rheography, audiometry.

v) Masons, carpenters, unskilled workers : lumbar radiography, concrete allergy tests.

Even if it is clear that the risk of occupational diseases cannot be totally eliminated, every effort should be made throughout the organization to reduce the remaining risk as much as possible.

This report cannot suggest all the technical measures that must be taken each single time, but it aims at pointing out the most frequent cases of hazards of occupational diseases, so that an effective prevention plan be accomplished at all levels.

— At the design stage : checking that all plant and equipment do not produce too much noise, dust, gas or liquid exhalations, that may be injurious to the health of operators and those working nearby.

— At the construction stage : (1) supervising that all employees work according to the techniques and procedures recommended by safety engineers, (2) developing a regular maintenance plan for all plant and equipment, (3) acting at once to correct dangerous situations, (4) carrying out all physical examinations and clinical tests of each applicant, in order to detect physical conditions which could prove to be natural hazards for the type of job he should be assigned to.

## **FORMATION DU PERSONNEL DE CHANTIER A LA PRÉVENTION DES ACCIDENTS DU TRAVAIL ET DES MALADIES PROFESSIONNELLES**

Les chantiers de barrages se caractérisent par une évolution permanente des conditions de travail : au montage des installations et à la préparation du chantier font suite toute une série d'ouvrages grossiers, eux-mêmes suivis d'opérations de plus en plus précises.

Dans les pays en voie de développement — c'est là que se trouvent actuellement beaucoup de chantiers de barrages — la main-d'œuvre se compose généralement de techniciens émigrés extrêmement spécialisés et d'ouvriers locaux sans aucune formation particulière.

Pendant qu'on procède au montage des installations et à l'aménagement du chantier, les entreprises ont pris l'habitude, depuis quelques dizaines d'années, d'organiser des cours de formation du personnel local, visant à apprendre le métier aux ouvriers; ces cours, adaptés à leurs capacités et à leurs habitudes, sont axés sur les travaux et les moyens dont dispose le chantier.

La prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles joue un rôle important dans la formation professionnelle.

Ce type de formation s'adresse à des catégories de personnel bien précises, en fonction de leurs rôles et de leurs responsabilités.

Les dites catégories de personnel sont les suivantes :

- Chefs de section.
- Contremaîtres.
- Ouvriers spécialisés.

La formation du personnel à la prévention doit être gérée par le Service de Sécurité et d'Hygiène du Travail, qui se fera lui-même épauler par des techniciens spécialisés dans chaque domaine spécifique. S'il s'agit, par exemple, de sensibiliser les chefs de section et les contremaîtres aux problèmes inhérents aux installations électriques, le responsable du secteur électrique s'en occupera; s'il s'agit de services de santé et de soins, la présence du médecin du chantier ou de l'infirmière s'avérera utile.

L'organisation générale doit répondre à des objectifs bien précis et édicter des instructions spécifiques pour chaque catégorie de personnel susmentionnée, et cela en fonction de leurs compétences respectives, comme indiqué ci-après.

### **1. OBJECTIFS**

En général, les objectifs à atteindre s'articulent autour des points suivants :

#### **1.1. La connaissance et la maîtrise des mesures de prévention des accidents du**

## **SITE PERSONNEL TRAINING IN OCCUPATIONAL ACCIDENT AND DISEASE PREVENTION**

A peculiarity of dam construction sites is the on-going development of work. Once the plant has been installed and the site arranged, initial operations are rough, to become then more and more sophisticated.

In addition, the labor force in developing countries, where most dam sites are to be found, is usually made up of highly qualified expatriate technicians and unskilled local workers.

In such a situation, contractors have been organizing training courses for local personnel in the last decades, to take place during plant installation and site arrangement. These courses are designed to make local workers learn a job, according to their abilities and habits and suitable to the site work and plant being used.

In professional courses, training in occupational accident and disease prevention plays a leading role.

It must be addressed to specific personnel groups, since each is assigned different tasks and responsibilities.

These groups can be identified as :

- Section managers.
- Foremen.
- Skilled workers.

Organization of the overall personnel training must be handled by the Safety Service assisted by experienced specialists in each specific field. When, for instance, section managers and foremen are to be trained on problems related to electric systems, the manager or superintendent responsible for electrical work will attend, and when training concerns the Health and Care Service, the attendance of the site doctor or nurse will be of much help.

The overall organization must pursue the objectives and set up specific directions for each of the three groups mentioned above, in line with their responsibilities, as specified below.

### **1. OBJECTIVES**

Generally speaking, the objectives to be reached include the following :

#### **1.1. To adequately organize accident prevention measures and safety requirements**



travail et des règles de sécurité en vigueur dans le pays où se trouve le chantier, afin de prendre les précautions qui s'imposent.

Il faudra donc informer le personnel concerné de tous les règlements spécifiques et lui fournir les documents s'y rapportant.

**Les plans de sécurité** existants concernant le chantier dans son ensemble ou chaque secteur en particulier seront expliqués, remis aux chefs de section, puis discutés avec ces derniers.

**1.2.** La stimulation de l'intérêt, soit individuel, soit collectif, vis-à-vis des problèmes de sécurité, afin d'influencer les comportements sur le chantier.

La réalisation de cet objectif passe par l'utilisation de **matériel audiovisuel** toujours plus sophistiqué; il est toutefois nécessaire d'être très attentif quant à son choix — affinité avec les travaux à effectuer, emplacement du chantier et type de personnel affecté aux travaux — pour obtenir un impact positif.

**1.3.** L'acquisition de tous les éléments nécessaires au choix des méthodes de travail en fonction des dangers que celles-ci impliquent.

A ce propos, il est utile, pour ne pas dire indispensable, d'organiser régulièrement, sur le chantier, des **réunions des chefs de section** afin de discuter des problèmes expressément liés à la sécurité et de permettre ainsi à tous de connaître la planification et les méthodes de travail appliquées dans chaque secteur.

Ces réunions seront également nécessaires à la programmation des travaux futurs de construction et des mesures de sécurité à prendre.

Le responsable du Service de Sécurité devra participer à toutes les réunions périodiques qui se tiendront sur le chantier, en présence du Directeur et des Chefs de section.

**1.4.** Le choix et la connaissance des **protections individuelles** appropriées, en vente dans le commerce, que les ouvriers devront adopter.

**1.5.** L'interprétation correcte des principales mesures de sécurité afin de pouvoir contrôler si les mesures de prévention sont appropriées.

**1.6.** La création et le développement d'un sens des responsabilités marqué, visant à une conduite individuelle exemplaire en matière de prévention des accidents.

**1.7.** L'acquisition de compétences permettant l'application correcte des mesures de sécurité et des moyens individuels de protection.

A ce propos, on fera appel à des **affiches** illustrant divers aspects des méthodes de travail. En outre, il faut prévoir la projection périodique, en soirée, de **films** consacrés à la prévention des accidents du travail.

## **2. INSTRUCTIONS SPÉCIFIQUES**

Les instructions spécifiques devront s'articuler autour des points suivants :

after gaining a thorough knowledge of, and familiarity with, the requirements in force in the country where the construction work is being performed.

Therefore, all specific safety rules must be made known and all available publications made available.

Existing **safety plans** for the site and specific areas will be explained and distributed to section managers, and then discussed with them.

**1.2.** To promote and stimulate a personal and collective safety awareness, in order to influence the patterns of behaviour on the site.

This objective can be achieved by using **video tapes**, whose production has notably increased in the last few years. However, special care must be devoted to the selection of this material and preference should be given to tapes that are more likely to achieve a positive impact through their relevance to the work to be performed, the place where the job site is located and the type of personnel associated with the job.

**1.3.** To acquire all information required to choose the best working methods to cope with the anticipated hazards.

Regular site **meetings** should be held **with section managers**, to discuss specific safety problems, so that all are aware of the planning and working methods to be applied to each single type of work.

These meetings should also serve to plan future construction activities and the safety measures to be implemented.

The person in charge of the Safety Office should participate in all regular site meetings with the Chief Engineer and section managers.

**1.4.** To select and become familiar with adequate **personal protective equipment** available on the market and to be supplied to workers.

**1.5.** To have a correct understanding of all major safety measures, in order to ensure that the safety precautions in place are appropriate.

**1.6.** To promote and develop a strong sense of responsibility for a correct and proper personal attitude to accident prevention.

**1.7.** To acquire the necessary skills for proper implementation of safety rules and the correct use of personal protective equipment.

It is helpful to make use of specific **posters** showing different aspects of working methods. Suitable accident prevention **films** should also be regularly shown in special evening meetings.

## **2. SPECIFIC DIRECTIONS**

The directions and their specific contents must refer to the following items :

### **2.1. Règles et organisation de la sécurité**

Le responsable du Service de Sécurité organisera des réunions, comme déjà mentionné plus haut, au cours desquelles seront expliqués les obligations contractuelles, les lois en vigueur dans le pays où se trouve le chantier, ainsi que le plan de sécurité établi pour le chantier en question.

Seront également examinées les responsabilités individuelles en fonction du rôle attribué, de façon que le partage des obligations en matière de sécurité soit bien clair et que chacun prenne ses responsabilités.

Il en sera fait de même au niveau des ouvriers.

**Ces réunions devront se dérouler à intervalles réguliers et être programmés à l'avance**, et leur périodicité devra être respectée.

### **2.2. Installations électriques**

Il faut informer le personnel des divers risques liés à l'électricité, en insistant sur l'aspect provisoire, la mobilité et l'adaptabilité des installations électriques d'un chantier de barrage : ce sont ces éléments qui font que ladite installation est particulièrement vulnérable et délicate.

On indiquera donc les principales procédures à suivre pour les divers éléments d'une installation électrique, en portant une attention particulière aux :

- armoires et tableaux électriques;
- câbles;
- appareils disponibles;
- mise à la terre.

### **2.3. Matériel de chantier**

Lors de l'examen du matériel de chantier, il faudra énoncer les principaux dangers que ledit matériel est susceptible de faire courir aux ouvriers et conducteurs d'engins, en insistant sur les risques d'accidents liés aux différents engins affectés à une catégorie particulière de travail.

Cette analyse des risques sera suivie de l'énoncé des mesures à prendre et des comportements à suivre pour les éviter.

Une attention particulière sera portée à la sélection, à la formation, au contrôle du personnel chargé de la conduite des moyens de transport de personnes et du personnel chargé de manœuvrer les grues.

### **2.4. Moyens individuels de protection**

Il faudra insister sur le fait que le rôle des moyens individuels de protection n'est pas de se substituer aux mesures de sécurité, mais de les compléter.

En outre, il faut être conscient que la seule fourniture de ces moyens n'offre pas une sécurité absolue, que leur utilisation correcte est fortement conditionnée par le comportement de l'ouvrier, principalement après une utilisation prolongée. Enfin, leur utilisation présente parfois quelques inconvénients pour des raisons d'ordre pratique, hygiénique et psychologique — c'est le cas notamment des protections auriculaires, des masques, etc.

## **2.1. Safety Rules and Organization**

As already mentioned above, the person responsible for the Safety Office should hold meetings to explain all contractual obligations, the laws in force in the country where the work is being performed, as well as the safety plan developed for the site.

In addition, there should be a review of the responsibilities as determined by the tasks assigned, so as to clearly define the sharing of safety obligations and to develop the necessary degree of safety awareness in all the people concerned.

The same must be done with the workers.

**These meetings must be held on a regularly preset schedule** to be strictly complied with.

## **2.2. Electric systems**

A review of the different hazard levels involving electricity should be carried out, with special regard to the temporary nature, portability and adaptability of the electric installations on a dam site — all these elements making this system particularly vulnerable and weak.

Thus, a description should be provided of the most important procedures that must be followed for the various components of the electric system, with special regard to :

- switch boards and cabinets;
- cables;
- equipment to be used;
- earthing.

## **2.3. Site Equipment**

When reviewing the site equipment, major machinery hazards should be pointed out to workers and operators, with special emphasis on the risk of accidents associated with different kinds of equipment in particular applications on the project.

There should then be an analysis of the existing risks, the specific precautions to be taken, and the training needs for workers to prevent accidents.

Special care should be devoted to the selection, training, and supervision of crane drivers and also truck drivers assigned to the transportation of personnel.

## **2.4. Personal Protective Equipment**

Emphasis must be placed on the fact that the use of personal protective equipment is not considered a substitute for safety rules, but just an addition.

It should be made abundantly clear that the mere supply of these devices does not produce a safe work site and their successful use is strongly dependent on the worker's attitude, especially after prolonged use. Finally, it should be pointed out that their use can at times involve inconveniences due to practical, health, and psychological reasons, as in the case of ear-sets, masks, etc.

## 2.5. Services de santé et d'assistance

Il faudra expliquer l'ensemble des mesures de santé et d'assistance prévues sur le chantier, conformément, entre autres, à la précédente annexe E « Prévention des maladies professionnelles ».

Il faudra établir un **plan de premiers secours** en cas d'accidents graves et étudier le fonctionnement des services communs — infirmerie, cantine, logements, etc. — qui seront considérés en termes d'hygiène, de sécurité et de confort.

## 2.6. Travaux souterrains et utilisation d'explosifs

Les chefs de section et les contremaîtres concernés devront s'assurer, avec le plus grand soin, de la compétence des personnes chargées de ce genre de travaux. En particulier, les contremaîtres devront être parfaitement au courant de toutes les caractéristiques et évolutions des techniques et du matériel utilisés.

**En cas d'utilisation d'explosifs, il faudra organiser des cours de préparation et de formation continue.**

L'utilisation des explosifs étant régie par une législation bien précise en fonction du pays dans lequel on travaille, il faut que les chefs de section en soient parfaitement au courant.

L'ensemble du personnel devra être informé des dangers dérivant des gaz; à ce propos, on organisera des séances d'information visant à fournir une liste exhaustive des principaux accidents susceptibles d'être provoqués par une fuite de gaz ou de vapeurs toxiques, asphyxiantes, inflammables et explosives, et à indiquer les mesures à prendre à titre de prévention.

Entre autres, le personnel devra être formé à l'utilisation des appareils de détection et des moyens individuels de protection.

Le médecin ou les infirmières du chantier feront une démonstration des premiers secours à mettre en œuvre en cas d'accident.

## 2.7. Exercices pratiques

**On organisera des exercices pratiques** sur l'application des mesures de sécurité (ceintures de sécurité et leur fixation, échelles de sécurité, utilisation d'échafaudages spéciaux, d'appareils respiratoires autonomes, etc.).

## **2.5. Health and Care Services**

All on-site health and care facilities and sanitary regulations must be explained, including the subjects covered by Appendix (E) « Prevention of Occupational Diseases on Dam Construction Sites ».

The **first aid plan** for severe injuries should also be analyzed. Site facilities : infirmary, canteens, dormitories, etc., should be examined from the point of view of health, safety, and convenience.

## **2.6. Underground Work and Use of Explosives**

Section managers and on-site foremen must exercise particular care in assessing the fitness and proficiency of all workers assigned to the above jobs. In particular, foremen must be educated and kept up to date on the technologies and equipment being used.

**If explosives are to be utilized, specific training and revision courses should be arranged.**

Since the use of explosives is laid down by special laws, depending on the country where the work is being performed, section managers must be thoroughly acquainted with the local regulations.

All personnel should be instructed as to the hazards involving gases, and meetings should be held in order to exhaustively explain the main accidents that toxic, asphyxiating, flammable, and explosive gases may cause and the measures to be taken in order to prevent them.

All personnel should be instructed in the use of monitoring devices and personal protective equipment.

The site doctor and nurses should also give regular first aid courses to familiarize workers with procedures to be used in the event of accidents requiring immediate treatment.

## **2.7. Practical Courses**

**Practical courses should be given** on the safety measures to be adopted (safety belts and their anchorage, safety ladders, use of special scaffolding, self-contained breathing apparatus, etc.).

## INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES SUR LES CHANTIERS DE BARRAGES-MESURES DE SÉCURITÉ

Les chantiers de barrages doivent pouvoir compter sur une alimentation électrique importante pour les machines — fixes ou mobiles —, le personnel et l'éclairage des zones de travail.

Sur les chantiers de barrages en béton, l'énergie utilisée est en grande partie d'origine électrique; à l'inverse, sur les chantiers de barrages en remblai, l'énergie utilisée est en grande partie d'origine chimique, contenue dans les carburants des moteurs à combustion interne.

Dans tous les cas, les installations électriques ont une importance considérable et la puissance installée peut aller de 3 000 à 20 000 kW, et exceptionnellement 100 000 kW comme dans le cas de Tarbela — Pakistan; en règle générale, l'électricité est transmise par un réseau de **moyenne tension**; les usagers sont alimentés en **basse tension**.

### 1. DISTRIBUTION ÉLECTRIQUE

Le réseau de distribution, qui se compose généralement de lignes aériennes ou souterraines, transporte l'électricité vers les différentes zones d'utilisation, où des postes de transformation abaissent la tension qui, de **moyenne** (600 ÷ 25 000 V) est transformée en **basse tension** (100 ÷ 600 V environ).

Les systèmes le plus couramment utilisés pour distribuer l'électricité sont au nombre de deux :

- distribution en étoile (trois conducteurs de phase, plus un neutre à la terre);
- distribution en triangle (trois conducteurs de phase complètement isolés).

Il faut signaler, dès à présent, qu'en termes de sécurité ces deux systèmes sont aussi **valables** l'un que l'autre, à condition d'être « protégés » de façon appropriée. Un rapide coup d'œil sur les différents chantiers permet de constater que le système de distribution en étoile est le plus utilisé.

Ceci tient au fait que la protection d'une telle installation peut être assurée par des appareils plus simples et plus fiables que ceux nécessaires dans le système en triangle.

Le réseau de distribution doit être conçu de façon à ménager une certaine faculté d'adaptation en fonction de l'avancement des travaux. Cette flexibilité est indispensable car elle permet, entre autres, de faire face aux changements de programme qui, sur les chantiers de barrages, sont malheureusement fréquents.

L'étude du tracé des lignes est un autre point important : il faut éviter les zones de travail particulièrement dangereuses telles qu'excavations, carrières, voies de transit, dépôts, etc.

## ELECTRIC SYSTEMS ON DAM CONSTRUCTION SITES SAFETY MEASURES

On dam construction sites a great quantity of energy is needed for fixed and mobile machinery, personnel facilities, and work areas lighting.

Electric power is mainly used on concrete dam sites, while a great portion of the energy used on embankment dam sites is of chemical origin, contained in the fuels for internal-combustion engines.

Electric systems are of great importance, and the power installed on typical sites may range from 3 000 to 20 000 kW, with exceptional peaks of 100 000 kW (like in the case of Tarbela, Pakistan). Electric power is usually distributed through a **medium-voltage** network, and is supplied at **low voltage** for use.

### 1. ELECTRIC POWER DISTRIBUTION

The distribution network, usually consisting of either overhead or underground lines, conveys power to the different work areas, where appropriate current transformer cabinets decrease voltage from **medium** (600 ÷ 25 000 V) to **low** (110 ÷ 600 V approx.).

The most used power distribution systems are the following two :

- Y-distribution (three phase wires plus an earth);
- Delta-distribution (three fully-insulated phase wires).

It should be immediately made clear that both systems, when properly “ protected ”, are **effective** from a safety point of view. From an analysis of the systems adopted by different project engineers on different sites, we may say that the Y-distribution has a wider use.

This is due to the fact that protection of this system is ensured by simpler and safer instruments than those required by Delta-distribution systems.

The distribution network project should fit the many needs of the complex work performed on the site. Flexibility is a must, to cope also with possible changes in the work schedule, which are unfortunately rather frequent on dam sites.

When designing the power distribution network, special care should be devoted to the line layout, in order to avoid specially dangerous work areas, such as excavations, open cuts, transit areas, storages, etc.



## 2. PROTECTIONS

Nous ne jugeons pas nécessaire de dresser la liste des protections électriques pour les circuits de moyenne et de basse tension, étant donné que la législation et la réglementation en vigueur dans les différents pays y pourvoient largement.

**2.1.** Par contre, il nous paraît important de souligner la nécessité, souvent négligée, de concevoir les protections des installations électriques selon le principe de la **sélectivité des utilisations**.

Ceci suppose une conception détaillée de l'installation du chantier et un contrôle permanent de la part du chef de la division électricité, lorsqu'il devra modifier le réglage des relais de protection en fonction des nouvelles situations.

Sur les chantiers de barrages, le risque d'accidents dus à des contacts, directs ou indirects, avec des appareils sous tension étant particulièrement élevé, une attention toute particulière devra être portée à l'étude des dispositifs de protection correspondants.

**2.2** Parmi tous les **relais de protection** disponibles sur le marché, nous conseillons d'utiliser les relais différentiels.

Ce type de relais (quelquefois plus cher que les autres) a maintes fois prouvé son efficacité pour la sécurité des personnes.

Lesdits relais de protection, sensibles au moindre déséquilibre du courant électrique, interviennent donc instantanément dès qu'ils détectent la moindre fuite de courant sur le circuit qu'ils contrôlent. Comme la plupart des relais, ils s'appliquent indifféremment aux circuits de **moyenne** ou de **basse tension**.

Le relais différentiel est à retenir pour les circuits d'alimentation des zones où l'on relève la présence d'eau, telles que :

- excavations des fondations du barrage;
- galeries d'accès et puits;
- tunnels;
- etc.

## 3. PROTECTIONS MÉCANIQUES

Depuis que l'on applique des serrures avec clés de verrouillage entre les différents appareils situés dans les cabines des postes de transformation et les portes d'accès aux dites cabines, les accidents ont considérablement diminué.

Ce principe, très simple et totalement mécanique, est largement utilisé en Europe, mais il n'est malheureusement pas encore obligatoire dans les pays en voie de développement.

Dans certains cas, pour protéger à moindre frais les poteaux, les cabines des postes de transformation, les tableaux électriques, etc. contre les risques de heurts accidentels, on peut utiliser les déblais des excavations pour former de petites barrières de protection.

## 2. PROTECTIONS

We do not deem it necessary to list in this report the electric protections for medium- and high-voltage circuits, in that laws and regulations in force in the different countries exhaustively cover this field.

**2.1.** We would rather underscore the need, often neglected, of designing electric systems following the principle of **selectivity of use**.

It requires a detailed design of the on-site system and continuing care by the electrical department supervisor when changing the protection relay calibration to meet new requirements.

Since there are high hazards on dam construction sites due to both direct and indirect contacts with live parts, special attention should be given to the study of appropriate precautionary measures.

**2.2.** Out of the many **protection relays** available on the market, we wish to recommend the use of a differential relay.

This relay (sometimes rather expensive) is very effective in ensuring workers' safety.

It is a protection relay, sensitive to very low voltage surges, that operates at once when a voltage leakage occurs on the corresponding circuit. Like most relays, it is able to control both **medium- and low-voltage circuits**.

The differential relay should become a must in power supply circuits for areas where there is water, such as :

- dam excavations;
- adits and shafts;
- tunnels;
- etc.

## 3. MECHANICAL PROTECTIONS

A measure that has substantially reduced accidents in current transformer cabinets is the use of locks with interlocked keys between the different instruments to be activated and the cabinet access doors.

This very easy and fully mechanical principle is widely applied in Europe, while it is not yet compulsory in developing countries.

In some cases, inexpensive aggregate barriers may be used to protect poles, current transformer cabinets, boards, etc., from accidental hits.

#### 4. PRÉVENTION DES ACCIDENTS

Sachant que l'accident électrique est rare mais grave et, par conséquent, qu'il a de fortes répercussions financières, tout doit être mis en œuvre pour l'éviter.

Une étude effectuée auprès des divisions électriques de plusieurs chantiers ouverts dans des pays en voie de développement témoigne de la nécessité de sensibiliser les ouvriers à la **prévention des accidents**, non seulement par l'intermédiaire d'un cours de formation initial, mais aussi à travers de **brèves réunions hebdomadaires** au sein de chaque division, réunions au cours desquelles le responsable parlera des derniers travaux effectués.

#### 5. SECOURS AUX ACCIDENTÉS

Sans vouloir minimiser les accidents « mineurs » qui, en général, consistent en des brûlures et/ou des lésions non mortelles, nous souhaitons attirer l'attention sur le fait qu'il est possible de sauver la vie de la personne ayant subi une grave commotion électrique si, immédiatement après l'accident, celle-ci est secourue par une personne capable de faire le nécessaire.

A notre avis, il ne suffit pas de donner des instructions initiales aux travailleurs; il est nécessaire d'instaurer une discussion permanente quant aux techniques de réanimation, avec de fréquentes simulations d'accidents, de façon que les secouristes s'habituent à agir naturellement et efficacement et ne soient pas envahis par un sentiment d'anxiété et/ou de peur susceptible de compromettre le résultat désiré.

#### 4. ACCIDENT PREVENTION

It is well known that electrical accidents have a low frequency rate, but a high severity rate, resulting in high financial costs. Therefore, all available measures must be taken to prevent them.

An analysis of the electrical departments of different sites in developing countries has shown the need of keeping an ongoing interest in **accident prevention**, not only through an initial training course, but also in **brief departmental meetings** to be held with the man responsible for the department on a weekly basis, in order to examine relevant topics with specific regard to the last works performed.

#### 5. CARE OF THE INJURED

Without giving less importance to « minor » accidents, that usually cause nonfatal burns and/or injuries, we wish to emphasize that it is possible to save the life of a victim of a severe electric shock, if **immediately after the shock** the casualty is assisted by a person able to adequately treat him.

In our opinion, it is not sufficient to give workers just initial instructions. It is necessary an on-going discussion on reanimation techniques with frequent accident simulations, so as to train the workers in properly treating the victim of an electric shock, avoiding anxiety and/or fear, that would negatively affect rescuing.

Imprimerie de Montlignon  
61400 La Chapelle Montlignon  
Dépôt légal : janvier 1992  
N° 15850  
ISSN 0534-8293  
Couverture : Olivier Magna

***Copyright © ICOLD - CIGB***

*Archives informatisées*  *Computerized Archives*

*The General Secretary / Le Secrétaire Général :*  
*André Bergeret - 2004*



---

**International Commission on Large Dams –  
Commission Internationale des Grands Barrages  
151 Bd Haussmann -PARIS -75008**