

## BÉNÉFICES DE LA GESTION DES RISQUES PHILOSOPHIE ET EXEMPLES RÉCENTS (\*)

J. BINQUET

*Ingénieur en Chef et Directeur Adjoint du Département Hydraulique*

A. LARA

*Ingénieur en Chef*

B. TARDIEU

*Président Directeur Général*

COYNE et BELLIER

FRANCE

### 1. INTRODUCTION

Deux projets récents ont donné à Coyne et Bellier l'opportunité de participer activement à la gestion de risques techniques, financiers et contractuels liés à la réalisation de deux importants projets hydroélectriques.

Dans le premier cas qui est celui du projet de Dul Hasti en Inde qui comprend un barrage, un ensemble d'ouvrages d'adduction en souterrain et une usine hydroélectrique possédant une puissance installée de 400 MW, Coyne et Bellier est à la fois partie prenante dans le Consortium de construction mais aussi conseil du propriétaire de l'ouvrage avec lequel le contrat de construction a été conclu.

Ce double rôle inhabituel mais souhaité par le propriétaire exige de la part du Consultant une grande rigueur dans la conduite de ses études et

---

(\*) *Benefits of risk management. Underlying thinking and recent examples.*

dans ses prises de position techniques puisque ces dernières rejouent inévitablement sur toutes les parties engagées dans le projet.

Un tel impact est d'autant plus fort dans ce cas là que les différents contrats d'étude, de construction et de mise en service de l'aménagement ont été réunis par un accord global (" Overall Agreement ") conférant une totale solidarité aux membres fournisseurs et ont été établis sur la base d'une rémunération essentiellement forfaitaire. La solidarité du Consultant avec les fournisseurs d'équipements électriques et hydromécaniques ainsi qu'avec les entreprises de génie civil dans le cadre de ce contrat « clé en mains » a conduit toutes les parties à demander au Consultant de gérer les risques d'exécution tant au plan technique que contractuel et financier.

Dans le second cas qui est celui du projet de Birecik en Turquie qui comprend essentiellement un barrage et une usine hydroélectrique de pied ayant une puissance installée de 680 MW, Coyne et Bellier, comme Consultant Indépendant (" Independent Consultant ") est chargé de contrôler les études et de superviser les travaux pour le compte du propriétaire qui est une société concessionnaire dont les actionnaires sont majoritairement les entreprises chargées d'étudier, construire, mettre en service et de faire fonctionner pendant une période de 15 ans l'usine ainsi réalisée.

Ce rôle est également délicat car il s'agira là de rendre compte de ces contrôles et de cette supervision à une entité constituée pour la majeure part par les entreprises chargées des études et travaux à contrôler.

L'état Turc, présent dans la société concessionnaire par l'intermédiaire de la société nationale de production et de distribution de l'énergie électrique, est également le concédant dans ce montage et devra reprendre l'aménagement à l'issue de la période de concession de 15 années. Il est donc particulièrement intéressé par les tâches d'Assurance de la Qualité que doit réaliser le Consultant Indépendant.

Le prix d'achat de l'énergie étant en outre dépendant de certains coûts supplémentaires correspondant à des modifications de projet qu'il aura acceptées, l'état Turc, à travers son ministère de l'Énergie, demande également au Consultant Indépendant de veiller à analyser et contrôler la qualification des demandes de modification de projet introduites par la Société Concessionnaire.

En outre, le financement du projet étant assuré à hauteur de près de 70 % par des crédits bancaires fournis par un Consortium réunissant 44 grandes banques internationales, il était impératif pour ce Consortium qu'un contrôle des études et des travaux réalisés par la Société à laquelle les crédits sont consentis, soit assuré par un organisme indépendant.

Enfin, d'une manière plus générale, le Consultant Indépendant est chargé de veiller à ce que le projet soit réalisé en conformité avec les conditions contractuelles originelles notamment en terme de respect de

programme de travaux, des performances et de coût global. Une telle veille qui doit être rapportée tant à la Société Concessionnaire qu'au ministère de l'Énergie et au Consortium de banques, implique bien évidemment une gestion continue des risques techniques et de leurs implications sur l'ensemble des contrats (contrats de concession, contrat d'étude, de travaux et de mise en service, contrat d'opérateur, contrat de financement, contrat de vente de l'énergie, etc.).

Ces deux exemples montrent la diversité des situations techniques et contractuelles dans lesquelles la gestion des risques doit être assurée. Dans le cas de Dul Hasti cette gestion est située à l'intérieur même du Consortium en charge d'un contrat clé en mains d'étude, de construction et de mise en service de l'aménagement tandis que dans le cas de Birecik, cette gestion est au service de la Société Concessionnaire actuelle, du propriétaire futur auquel l'aménagement sera retourné à la fin de la période de concession, de l'acheteur d'énergie et des prêteurs.

Les paragraphes qui suivent décrivent plus en détail, pour chacun de ces deux exemples, la nature des risques qui ont dû ou qui devront être gérés par Coyne et Bellier et les méthodes qui ont été utilisées pour cette gestion.

Il faut souligner ici que cette gestion des risques est d'autant plus importante que se développe actuellement de plus en plus dans le monde des montages contractuels qui impliquent que les risques d'exécution ou même de fonctionnement soient absorbés soit par des entreprises de construction ou des fournisseurs d'équipement soit par des industriels ou des sociétés financières privés soit enfin par l'ensemble de ces acteurs. Ces risques qui sont souvent considérables notamment dans le domaine de la construction hydraulique dans lequel les conditions physiques naturelles jouent un grand rôle, étaient traditionnellement et jusqu'à récemment assumés par des propriétaires publics ayant derrière eux toute la puissance et solidité financière d'un état.

Cette tendance semble maintenant bien amorcée dans le domaine de la production d'énergie et même irréversible sachant que les fonds publics sont maintenant largement insuffisants pour faire face aux besoins dans de nombreux pays en voie de développement. Dans ces pays, des réformes sont entreprises pour transférer au secteur privé et notamment à des sociétés commerciales à capitaux internationaux le soin du développement des ressources énergétiques par attribution à ces sociétés, de concession de projets de génération d'électricité et notamment de projets hydrauliques. Les profits mais aussi les risques sont ainsi transférés des monopoles publics vers ces sociétés privées qui ont une capacité d'absorption des risques extrêmement limitée. La gestion des risques prend alors une acuité et une importance toute particulières.

## 2. LA NOTION DE RISQUE DANS LA CONSTRUCTION DE PROJETS HYDRAULIQUES

Le risque est une déviation par rapport à ce qui est prévu ou attendu. Ce qui est prévu ou attendu dépend bien entendu de l'interprétation de documents contractuels par chacune des parties en présence. Par conséquent ce qui est perçu comme une déviation par l'une des parties ne l'est pas forcément par une autre.

La gestion du risque dans le domaine de la réalisation de grands aménagements hydrauliques est donc un problème complexe qui s'aborde de manière très différente suivant la partie qui le traite.

Néanmoins lorsque le risque prend une très grande ampleur et devient insupportable pour l'une des parties devenant ainsi une cause de défaillance ou de banqueroute, il induit inévitablement chez les autres parties un risque nouveau que ces dernières devront essayer de gérer. Il y a là un transfert du risque qui amène les parties contractantes à tenter de rechercher des solutions et résoudre les problèmes à l'amiable.

Les risques sont nombreux. Certains sont couverts par des garanties émises par les pouvoirs publics (comme certaines garanties concernant le respect d'accord de vente de l'énergie émises par le gouvernement et sa banque centrale), font partie des événements reconnus comme étant des cas de Force Majeure ou tout simplement sont couverts par une assurance (risque de change, risque politique, etc.).

Néanmoins de nombreux risques ne sont pas assurables ou ne peuvent faire l'objet de garantie satisfaisante. C'est le cas par exemple du risque de conception, du risque de non-satisfaction des objectifs de performance contractuels pour des raisons de conception ou de qualité d'exécution ou bien encore des risques liés aux conditions naturelles dans lesquelles sont placés les ouvrages à construire.

Parmi ces derniers cas, on pense évidemment aux données hydrologiques (crues pour la protection des ouvrages et apports pour la production d'énergie), aux données sismiques ou enfin aux données géologiques et géotechniques qui conditionnent la qualité des fondations, leur étanchéité ou encore la possibilité de percer des ouvrages souterrains et d'en prévoir le coût.

Pour ces cas là, la déviation par rapport à ce qui était attendu peut produire soit des pertes de revenus (apports plus faibles que prévus), soit un dépassement de la durée de construction (difficultés plus grandes que prévues), soit enfin une augmentation des quantités non compensées par les réductions possibles voire même exceptionnellement une impossibilité totale de réaliser l'ouvrage.

Il faut noter que même si un événement peut être couvert par la clause de Force Majeure, et que cette dernière accorde une extension de la durée de construction, elle ne couvre pas forcément les immobilisations

de matériels et de personnel durant la suspension produite par l'événement.

Les deux exemples qui sont présentés plus loin montrent comment certains de ces risques sont abordés et gérés.

### 3. LA GESTION DES RISQUES A DUL HASTI

#### 3.1. LE CONTEXTE CONTRACTUEL

Le gouvernement Indien a maintenant depuis plusieurs années de grosses difficultés pour satisfaire la croissance des besoins énergétiques du pays et notamment des besoins en énergie électrique. Cette difficulté est un frein à la croissance économique et le gouvernement n'a eu de cesse de rechercher les moyens d'accélérer le processus de construction de centrales électriques.

Les ressources hydroélectriques non encore exploitées étant extrêmement abondantes, le gouvernement Indien a pensé, pour accélérer ce processus, à confier à des Consortia d'entreprises étrangères les études, la construction et la mise en service de grands projets hydroélectriques sous la forme de contrats clé en mains.

C'est ainsi qu'en octobre 1989, un Consortium d'entreprises françaises s'est vu attribuer la conception, la construction et la mise en service du projet de Dul Hasti situé dans l'état du Jammu et Cachemire dans le nord de l'Inde pour le compte de la National Hydroelectric Power Corporation (NHPC), une société nationale Indienne propriétaire du projet.

Ce Consortium (FC) dirigé par Cegelec comprenait un groupement électromécanique incluant également Cegelec, Neyrpic et Alstom Jeumont, un groupement génie civil incluant Dumez, Sogea et Borie Sae et enfin un groupement ingénierie incluant Coyne et Bellier et l'une de ses filiales.

Outre les contrats directs conclus entre chaque groupement et NHPC, les 3 membres et son pilote étaient engagés solidairement à l'égard de NHPC pour fournir un aménagement ayant une performance minimum de 390 MW (dans des conditions de charge et d'ouverture des distributeurs des turbines spécifiées), dans un délai maximum de 57 mois après la mise en vigueur du contrat et pour un coût total maximum fixé. La tâche de coordination entre les différents intervenants incombait au pilote qui, de facto, devenait responsable des objectifs à atteindre.

Si ces objectifs n'étaient pas atteints, le pilote du FC s'engageait à dédommager le propriétaire pour le préjudice subi.

En matière de coût, seuls les travaux supplémentaires (par rapport à une estimation figurant dans le contrat) requis pour l'approfondissement

du fond de fouilles du barrage et pour la traversée d'une vallée fossile sur une longueur de 300 m par le tunnel d'amenée long de près de 10 km, pouvaient ouvrir droit à une rémunération supplémentaire non plafonnée du groupement génie civil et ceci sans droit à extension de durée.

Par ailleurs, le risque géologique était absent des événements pris en compte dans la clause de Force Majeure qui seule pouvait ouvrir droit à un allongement de la durée des travaux mais sans compensation financière.

L'ensemble du projet et des objectifs décrits ci-dessus étaient bâtis sur un ensemble de paramètres de base réputés « corrects » par le propriétaire et ne pouvant faire l'objet de changements par le Consortium.

En résumé, en dehors des risques liés à la fondation du barrage et à la vallée fossile sur une longueur déterminée, couverts financièrement, le risque géologique de l'ensemble des ouvrages et notamment son impact sur le coût et la durée des travaux devait être supporté par le Consortium.

C'est dans ce contexte contractuel exceptionnel que les contrats entre NHPC et le Consortium Français ont été conclus.

### 3.2. LE CONTEXTE TECHNIQUE

La situation ainsi que les principales caractéristiques techniques de ce projet ont fait l'objet de descriptions précises par Binquet et al. (1991 et 1992). Ses principales composantes sont les suivantes :

- Un barrage poids en béton haut de 65 m, muni d'un évacuateur de crues capable de relâcher un débit de pointe de 8 000 m<sup>3</sup>/s et créant un petit réservoir de régularisation de 10 millions de m<sup>3</sup>.

- Un ensemble de deux prises d'eau de 52 m de hauteur, comprenant 3 pertuis à différents niveaux chacune et permettant de prélever dans le réservoir 245 m<sup>3</sup>/s par pertuis.

- Un ensemble souterrain de deux chambres de dessablement et ouvrages de chasse capables de retenir plus de 90 % des sédiments ayant 0,3 mm de diamètre.

- Un tunnel d'amenée à l'usine long de 10 km environ et ayant un diamètre intérieur de 7,46-7,70 m.

- Une cheminée d'équilibre amont de 90 m de hauteur et de 18 m de diamètre.

- Un puits de pression de 150 m de hauteur et de 6,70 m de diamètre partiellement blindé dans sa partie horizontale basse.

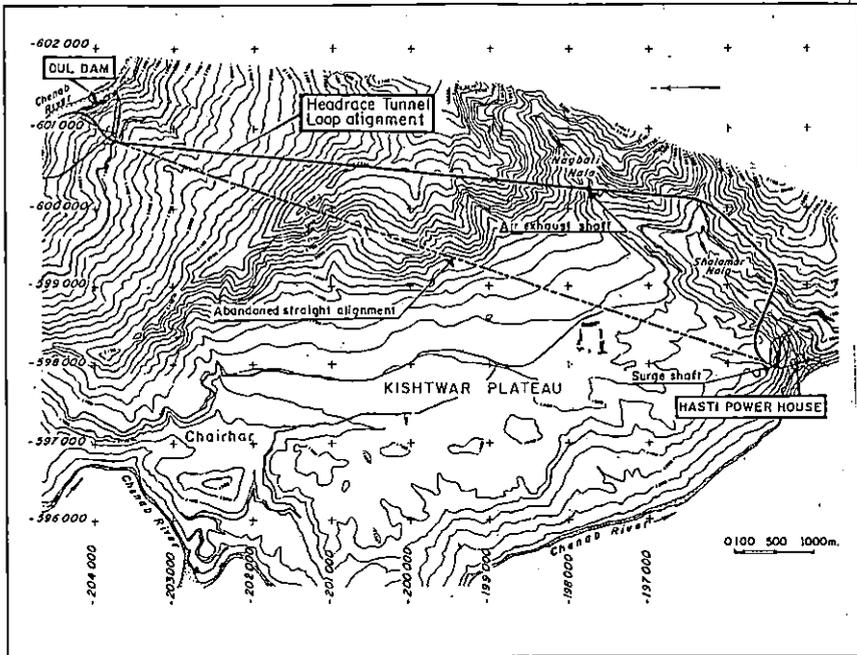
- Un ensemble de deux cavernes souterraines abritant l'usine avec ses 3 groupes de 145 MW de puissance installée et l'ensemble transformateurs-poste SF6.

- Un ensemble de tunnels hydrauliques, tunnels de service, d'aération de sortie de câbles, cheminée d'équilibre aval et ouvrages de restitution à l'aval des cavernes de l'usine.

- Un poste de départ à l'air libre.

S'agissant des données hydrologiques, il convient de préciser que la rivière Chenab sur laquelle se trouve le projet a un débit moyen annuel de  $400 \text{ m}^3/\text{s}$ , que la crue de période de retour égale à 50 ans est de  $3\,500 \text{ m}^3/\text{s}$  et que la Crue Maximum Probable a été évaluée à  $8\,000 \text{ m}^3/\text{s}$ , ce qui est la crue de projet du barrage.

En matière de données géologiques, les informations contenues dans les documents contractuels indiquaient que la zone du projet était divisée en deux par la faille de Kishtwar passant sous le plateau portant le même nom (voir Fig. 1) et orientée NNO-SSE.



constitué d'une alternance de bancs de quartzite et de phyllite suivant un empilement stratigraphique régulier.

A l'ouest de la faille, où est situé l'ensemble des ouvrages aval (en particulier les 2 derniers kilomètres du tunnel d'amenée, la cheminée d'équilibre, les cavernes de l'usine, les ouvrages de restitution, etc.), le massif rocheux consiste de bancs de gneiss et de micaschiste.

Si sur la majeure partie du tracé du tunnel d'amenée, les massifs rocheux affleurent, ce n'est pas le cas au droit de la faille de Kishtwar, puisque à cet endroit la faille est cachée par un important dépôt de colluvions et d'alluvions. D'après les études géologiques réalisées dans le passé avant la conclusion du contrat, ces dépôts résultaient du comblement d'une ancienne vallée (vallée dite fossile) formée par la rivière Chenab et que cette rivière avait abandonné pour des raisons inconnues. Dans cette hypothèse, il était implicitement reconnu que le niveau bas de cette vallée fossile ne pouvait pas être plus bas que le fond de la vallée actuelle et qu'en conséquence le tunnel d'amenée pouvait soit intersecter la faille de Kishtwar, soit traverser les dépôts alluvionnaires de l'ancienne vallée.

Au cours des 30 années d'études précédant la construction de ce projet, ces principaux éléments de la structure géologique ont constamment été réaffirmés par les différentes entités en charge de ces études. Seules, la forme et la profondeur de la vallée fossile faisaient l'objet de débats controversés, puisque toutes les tentatives de reconnaissance réalisées à partir du plateau, à travers les dépôts comblant ladite vallée étaient restées infructueuses.

C'est donc dans cet esprit et avec les informations résumées ci-dessus que le Consortium Français a entrepris la construction du projet avec, au préalable l'obligation de réaliser des investigations profondes en vue de préciser et développer la connaissance géologique dans le schéma d'ensemble tel que décrit par toutes les études précédentes et procéder à l'élaboration du projet détaillé.

### 3.3. LA GESTION DES RISQUES PAR LE CONSULTANT

#### 3.3.1 Nature des risques

Compte tenu des caractéristiques particulières du contrat de Dul Hasti rappelées brièvement ci-dessus et du contexte technique particulier de l'affaire, les risques que le Consortium et en particulier son groupement ingénierie a eus à gérer sont principalement de 3 ordres :

i) *Risque de dépassement du délai de construction contractuel pour des raisons qui ne peuvent être assimilées à des cas de Force Majeure*; en réalité il s'agit là sûrement d'un des risques les plus importants puisque non seulement il prive le propriétaire d'une production attendue ayant une forte valeur en coût actualisé (ou bien à l'inverse implique le versement de

dédommagements importants par le fournisseur au propriétaire) mais aussi il génère un coût très lourd dû à la mobilisation supplémentaire d'équipements de construction très coûteux et de personnels expatriés très qualifiés et également très coûteux, sachant que ces deux types de coût constituent l'essentiel du coût de construction d'ouvrages de génie civil.

ii) *Risque de dépassement des quantités de travaux non compensés par les réductions possibles*; ce risque est doublement nocif, à cause d'une part du risque de dépassement du coût plafond contractuel dans les zones où ce coût est évidemment plafonné mais aussi et surtout à cause de son impact possible sur le délai de construction.

iii) *Risque de non-satisfaction des objectifs de performance contractuels*; dans la mesure où il ne s'agit pas là de garantir une production mais une puissance installée, ce risque apparaît plus facilement maîtrisable car peu lié à des conditions naturelles (hydrologiques et géologiques notamment) mais dépendant essentiellement de la qualité de conception des ouvrages d'adduction et des groupes turboalternateurs.

Il existe un quatrième type de risque, risque très improbable mais qui néanmoins peut survenir malgré toutes les précautions que peuvent prendre les parties contractantes; il s'agit du *risque de non-aboutissement* du projet par non-factibilité d'une partie ou d'un ouvrage indispensable à son fonctionnement. Ce risque est évidemment le risque majeur dans l'accomplissement d'un contrat comme celui de Dul Hasti dans lequel le fournisseur s'est engagé à fournir dans un délai et pour un coût donnés un produit ayant des performances fixées.

L'existence de ces risques reposant sur le Consortium Français et ne pouvant être assurés, il convenait pour le Consortium mais aussi indirectement pour les organismes de financement de veiller à leur gestion de la manière la plus rigoureuse possible. Le groupement ingénierie étant celui qui par nature connaît le mieux l'ensemble des métiers impliqués dans la construction d'un projet hydroélectrique, c'est à lui qu'est revenue la charge de la gestion de ces risques qu'il a assurée en étroite collaboration avec les deux autres groupements.

### 3.3.2. Principaux cas d'application

On examine ci-après, ouvrage après ouvrage en partant de l'amont les modifications de la conception qui ont été étudiées, présentées aux partenaires du Consortium puis au propriétaire et enfin agréées par toutes les parties.

#### i) *Ouvrages de maîtrise des eaux pendant les travaux du barrage :*

Les ouvrages figurant dans le contrat permettaient d'assurer une protection contre une crue de 1 200 m<sup>3</sup>/s ayant une période de retour de moins de 2 ans, ce qui laissait supposer un risque de submersion du chan-

tier tous les ans durant les deux mois les plus critiques de la mousson et qui conduisait à concevoir des batardeaux capables de résister efficacement à la submersion et à accepter de perdre 3 à 4 mois par an pour la construction du barrage.

Pour réduire ce risque d'allongement de délai, le niveau de protection a été porté à 3 500 m<sup>3</sup>/s, débit de pointe d'une crue de période de retour égale à 50 ans, ce qui a conduit à augmenter le volume de remblais des batardeaux mais en simplifiant la conception puisque ces ouvrages n'étaient plus submersibles et à augmenter légèrement les dimensions du chenal d'évacuation.

Le schéma proposé a été vérifié sur modèle réduit hydraulique et s'est révélé à très peu près du même coût que le schéma originel.

#### *ii) Ouvrages du barrage :*

Le bassin à ressaut servant à dissiper l'énergie des débits de crues (dimensionné pour un débit maximum de 6 500 m<sup>3</sup>/s) prévu dans le contrat a été supprimé et remplacé par un saut de ski conçu pour la Crue Maximum Probable (8 000 m<sup>3</sup>/s), ce qui permettait d'une part d'améliorer la sécurité et d'autre part de réduire les quantités de béton, d'excavations et de travaux d'ancrages en fond de vallée, là où ils sont le plus critiques.

Les formes des pertuis de l'évacuateur ont été optimisées pour améliorer le coefficient de débit et réduire de manière sensible la taille des vannes et par conséquent le coût du matériel hydromécanique.

De la même manière le blindage métallique de protection des pertuis contre l'impact de blocs de quartzite charriés par la rivière durant les crues, a été optimisé afin de renforcer la partie amont située dans le réservoir et donc difficilement accessible et de lui substituer un revêtement en béton à hautes performances dans les parties aisément accessibles et réparables.

L'ouvrage ainsi révisé a été vérifié sur modèle réduit hydraulique et s'est révélé moins coûteux et plus facile à réaliser que celui prévu à l'origine (voir Fig. 2).

#### *iii) Chambres de dessablement :*

L'implantation de ces chambres souterraines de grande section (170 m<sup>2</sup>) et de près de 300 m de longueur a été modifiée de manière à être placées davantage à l'intérieur du massif rocheux de la rive gauche moins fissuré qu'à proximité de la rive en vue de réduire et simplifier les dispositifs de soutènement provisoire et définitif (réduction des délais d'exécution et des quantités).

La section et la longueur de ces chambres ainsi que leurs conditions de fonctionnement ont en outre été optimisées à l'aide d'un modèle réduit

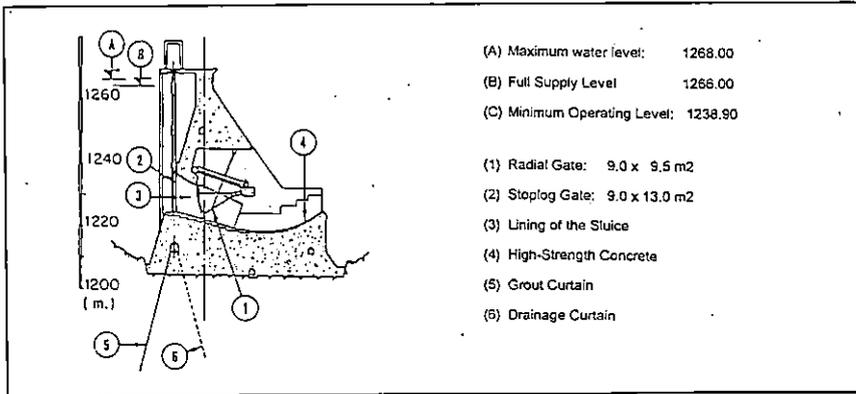


Fig. 2

Barrage de Dul. Coupe transversale sur le pertuis de l'évacuateur  
*Dul Dam. Spillway Chute Cross Section*

- |   |  |
|---|--|
| (A) Niveau des plus hautes eaux 1 268,00        | (A) Maximum Water Level 1 268,00           |
| (B) Niveau normal de retenue 1 266,00           | (B) Full Supply Level 1 266,00             |
| (C) Niveau minimal d'exploitation 1 238,90      | (C) Minimum Operating Level 1 238,90       |
| (1) Vanne segment (9,0 x 9,5) m <sup>2</sup>    | (1) Radial Gate 9.0 x 9.5 m <sup>2</sup>   |
| (2) Vanne batardeau (9,0 x 13,0) m <sup>2</sup> | (2) Stoplog Gate 9.0 x 13.0 m <sup>2</sup> |
| (3) Blindage du pertuis                         | (3) Lining of the Sluice                   |
| (4) Béton de résistance élevée                  | (4) High-Strength Concrete                 |
| (5) Rideau d'injection                          | (5) Grout Curtain                          |
| (6) Rideau de drainage                          | (6) Drainage Curtain                       |

hydraulique comme cela a été décrit par De Jong et al. (1992), Binquet et al. (1995) et Develay et al. (1996).

Cette optimisation a permis de réduire de manière significative leur volume ainsi que l'importance du revêtement définitif tout en satisfaisant les critères de fonctionnement exigés.

iv) Tunnel d'amenée à l'usine :

Ce serait un truisme que de dire que la réalisation d'ouvrages linéaires en souterrain présente des risques de dépassement de délais et de quantités; les exemples du Guavio en Colombie (Berbey et Gaumont, 1990), du Litani au Liban (Halwani, Janod et Lajeat, 1965), du Hongrin-Leman en Suisse (Pfister, Norbert, Barbedette et Potevin, 1969), de Chixoy au Guatemala, etc., sont bien connus et ne méritent pas de plus amples développements.

Ces risques sont d'autant plus importants que le massif dans lequel le tunnel doit être percé a connu une tectonique très active, que la couverture rocheuse est importante et que le tracé retenu ne permet pas de

construire des fenêtres intermédiaires. Cela ne signifie pas *a contrario* que tous les tunnels satisfaisant ces critères ont connu de gros déboires. De nombreux exemples existent permettant de le vérifier.

Dans le cas de Dul Hasti, les trois conditions indiquées ci-dessus sont satisfaites : le massif Himalayen résulte de mouvements tectoniques éminemment actifs comme chacun sait, la couverture rocheuse est de plus de 1 000 m sur plusieurs kilomètres de longueur et il n'était pas possible d'envisager la construction de fenêtres intermédiaires.

Fort de ces observations, il a donc été envisagé un tunnel avec une double pente permettant des évacuations gravitaires vers l'amont et vers l'aval pour chacune des deux attaques par l'amont et par l'aval dans l'hypothèse de venues d'eau importantes. Cela a conduit à concevoir un puits d'aération-désaération de près de 500 m de hauteur au droit du point haut dont la construction sera compliquée par la nécessité de lui adjoindre un blindage métallique afin de mieux le préserver dans l'hypothèse de sollicitations tectoniques toujours présentes.

La construction de ce puits dont le coût supplémentaire a été absorbé par le Consortium, a donc été préférée au risque de dépassement de délais et aux coûts de pompage qui eussent été générés par des venues d'eau noyant le tunnelier réalisant l'attaque amont.

L'autre grande difficulté qu'il convenait d'aborder pour concevoir le tracé du tunnel était la constitution (forme et profondeur) de la zone où le tunnel devait traverser la vallée fossile. De nombreuses investigations par des méthodes géophysiques (notamment microgravimétrie) et à l'aide de sondages profonds de plus de 500 m ont été réalisées avec succès à partir du plateau de Kishtwar. A ces investigations se sont ajoutées des études sismotectoniques très poussées de la zone du projet.

De l'ensemble de ces investigations ainsi que des informations extraites des premiers travaux, il est apparu que la structure géologique était radicalement différente de celle prévue comme cela a été précisé par Winter et al. (1994).

En particulier :

- Le plateau de Kishtwar résulte du comblement avec des matériaux saturés silteux très fins, d'un bassin d'origine tectonique formé par une dépression que les spécialistes appellent un " pull-apart graben " et non du comblement d'une vallée fossile avec des dépôts alluvionnaires (Fig. 3). Le fond du graben étant bien plus bas que le niveau actuel de la vallée, la solution d'approfondissement local du tunnel qui avait été envisagé dans l'hypothèse de la vallée fossile devenait alors impossible.

- La structure géologique du massif amont, en traction généralisée provoquée par des cisaillements de masses rocheuses appartenant à la dépression du graben est formée d'une série de nappes pliées suivant plusieurs directions. Les tractions se libèrent en créant des joints sub-verticaux ouverts remplis de matériaux sableux fins. Les écoulements

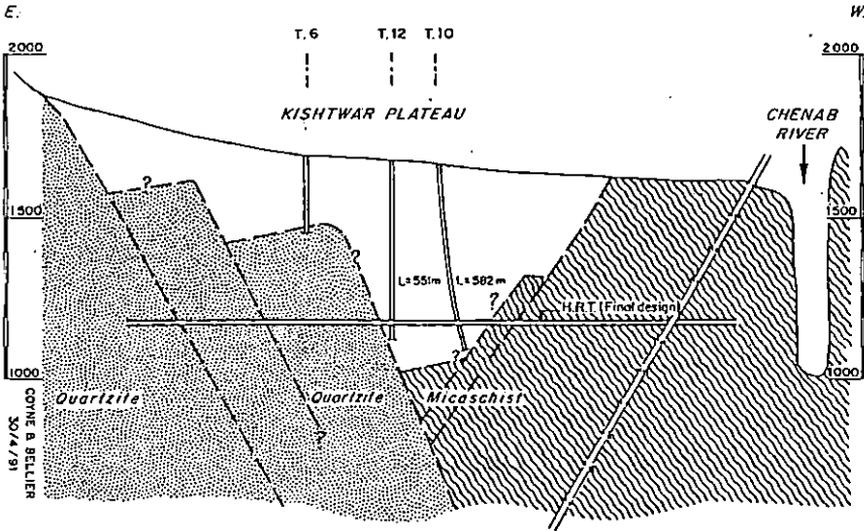


Fig. 3

Coupe sur le graben de Kishtwar  
*Kishtwar graben tentative cross section*

d'eau dans ces joints y accumulent ces matériaux très fins, très sensibles au risque de débordage. Nous sommes loin d'un empilement régulier de bancs de quartzite et de phyllite.

Le caractère exceptionnel de ces tractions est dû en partie à la flexion de la croûte terrestre soumise à des compressions intenses à l'origine de la surrection rapide des chaînes Himalayennes.

L'étude de la traversée des matériaux fins de comblement du graben soumis à une charge hydrostatique de plus de 400 m a montré qu'il n'existait pas actuellement de moyens technologiques suffisamment avancés pour réaliser cette traversée même avec un coût extrêmement élevé (Divatia et al., 1993). Cette impossibilité rendait donc non factible le projet avec son tracé originel.

Faisant face à ce risque de non-aboutissement d'un projet déjà très engagé et dont les conséquences sont potentiellement extrêmement dommageables pour toutes les parties contractantes, le groupement ingénierie du Consortium a recherché un tracé alternatif contournant l'accident tectonique. Ce tracé de contournement appelé "Loop Alignment" a heureusement pu être trouvé à l'issue d'une nouvelle campagne d'investigation.

Ce nouveau tracé bien que sauvant le projet n'est pas exempt de risques puisque il faut faire face aux autres conséquences de la tectonique notamment les joints en extension ou autres accidents remplis de maté-

riaux sableux soumis à de fortes charges d'eau ainsi que certains bancs de phyllites ou de micaschistes ayant, aussi pour des raisons tectoniques, de faibles propriétés mécaniques.

Quant aux fortes irrptions d'eau observées dans la partie amont du tunnel entre les pm 1 175 et 1 194, tout laisse à prévoir qu'il existe plusieurs réservoirs indépendants constitués par les bancs de quartzite relativement perméables (à cause de la fissuration-fracturation) entourés de bancs de phyllite imperméables créant ainsi des enceintes étanches confinant les aquifères sous très forte pression dans les bancs de quartzite.

En conséquence, il a été proposé de gérer ce risque non pas en drainant le massif rocheux où le tunnelier doit pénétrer ce qui risque de produire le débouillage des joints remplis de sable fins mais simplement en relâchant les pressions interstitielles dans un anneau autour du tunnel à la traversée des joints remplis de sable et lui donnant assez de cohésion par injections pour assurer sa stabilité.

Les études ont montré que ces propositions sont factibles et ont permis de préciser les mesures à prendre et les techniques à mettre en œuvre pour traverser les joints remplis de matériaux sableux fins sous charge d'eau et les phyllites aux caractéristiques plus plastiques que prévu, notamment les modifications et équipements supplémentaires à apporter au tunnelier pour la partie amont.

v) *Ouvrages aval :*

D'une manière générale l'implantation de ces ouvrages aval, comprenant d'importantes cavités souterraines, a été déterminée de manière à échapper autant que possible aux zones mécaniquement médiocres tout en essayant de minimiser les coûts d'une part et de faciliter l'exécution des travaux, d'autre part.

C'est ainsi que l'extension du blindage métallique du puits de pression a été réduite au maximum après vérification de l'état de contraintes du massif rocheux à l'aide d'essais d'hydrofracturation et calculs sur modèle mathématique du revêtement du puits destinés à vérifier qu'un revêtement en béton armé satisfaisait les critères de conception.

L'ensemble des tunnels définitifs (hydrauliques, accès, aération, sortie de câbles, etc.) a été conçu non seulement pour satisfaire des fonctions spécifiques mais aussi pour servir de galeries d'accès et de marinage des excavations souterraines durant les travaux. Ainsi par exemple, la galerie d'accès et de marinage des ouvrages de fuite a pu être reconvertie en cheminée d'équilibre aval moyennant quelques modifications.

Après excavation des voûtes des cavernes de l'usine et des transformateurs et poste, la décision a été prise par la Consortium et acceptée par le propriétaire de simplifier le revêtement définitif de ces voûtes en remplaçant le béton coffré armé par du béton projeté et des ancrages à

scellement continu. Cette transformation a non seulement réduit le coût de l'ouvrage mais surtout son délai d'exécution.

#### 4. LA GESTION DES RISQUES A BIRECIK

##### 4.1. LE CONTEXTE CONTRACTUEL

Tout comme en Inde, le gouvernement Turc a maintenant depuis plusieurs années de grosses difficultés pour satisfaire la croissance des besoins énergétiques du pays et notamment des besoins en énergie électrique. Cette difficulté est là aussi un frein à la croissance économique et le gouvernement n'a eu de cesse de rechercher les moyens d'accélérer le processus de construction de centrales électriques.

Les ressources hydroélectriques non encore exploitées étant très abondantes et les fonds publics pouvant être investis dans ce domaine étant très limités, le gouvernement a pensé, pour accélérer ce processus, comme beaucoup d'autres gouvernements de pays à forte croissance économique à concéder à des sociétés de droit turc formée pour l'occasion, c'est-à-dire pour un projet spécifique, le droit d'étudier, construire, mettre en service et exploiter pendant une durée déterminée un aménagement hydroélectrique donné. En échange de ce droit, le gouvernement s'engage à acheter l'énergie produite pendant la durée de la concession à des conditions agréées avec la société concessionnaire.

C'est ainsi qu'en novembre 1995, après près de 8 années de préparation et de négociation, la " Birecik Company " (BC), société commerciale de droit turc formé par des industriels et entrepreneurs étrangers et turcs ainsi que par la société nationale de distribution d'énergie électrique TEAS, s'est vu attribuer par le ministère des Ressources Naturelles et de l'Énergie (MENR), la concession de l'aménagement hydroélectrique de Birecik situé sur l'Euphrate à l'aval de l'aménagement d'Ataturk et à proximité de la ville de Gaziantep.

Cette concession a fait l'objet d'un contrat appelé " Implementation Contract ". Au titre de ce contrat, l'état turc remet à la société concessionnaire le site de Birecik pouvant être aménagé conformément aux descriptions et définitions contenues dans un " Final Design " et un droit de turbinage des débits disponibles pendant les 15 années suivant la mise en service.

La société s'engage à concevoir, financer, construire et exploiter l'objet ainsi construit pour un prix total maximum fixé et dans un délai maximum fixé en échange de quoi l'état turc s'engage à acheter l'énergie produite (suivant un " Energy Sales Agreement ") en la payant à la société

à un prix unitaire tel que les actionnaires de la société soient *in fine* remboursés du capital investi et aient perçu une rémunération supplémentaire sur ce capital.

Dans les cas d'augmentations de coûts ou de pertes de revenus trouvant leur origine dans la « Force Majeure » (incluant ici les raisons géologiques) ou dans des changements de conception approuvés par le ministère, ces sommes financées par un « Energy Fund » viendront augmenter le coût total et induiront une augmentation du prix de vente de l'énergie.

Dans le cas contraire, ces sommes financées également par l'« Energy Fund » seront supportées par la société et ne seront pas ajoutées au coût total.

De nombreux autres contrats ont été conclus simultanément avec le contrat de concession : contrat de vente de l'énergie (« Energy Sales Agreement »), contrats de financements avec 44 banques internationales (« Financing Agreements »), contrats d'assurance (« Insurance Agreements »), contrat d'utilisation des eaux (« Water Use Agreement »), contrat avec un organisme séquestre (« Escrow Agreement »), contrat de transfert des actions à l'issue de la période de concession (« Share Transfer Agreement »), contrat d'exploitation (« Operation Contract »), contrat de construction (« Construction Contract ») et enfin contrat de Consultant Indépendant (« Independent Consultant Contract »).

On limitera ci-après nos commentaires aux deux derniers contrats seulement conclus entre la société concessionnaire et un Consortium d'entreprises et de fournisseurs pour le premier et entre la société concessionnaire et le Consultant Indépendant (Coyne et Bellier) pour le second.

Le contrat de construction est un contrat clé en mains d'étude, construction et mise en service de l'aménagement pour un prix forfaitaire et un délai d'exécution fixés. Les mêmes dispositions que celles du contrat de concession concernant les changements de conception et les cas de « Force Majeure » sont également applicables à ce contrat de construction. Le Consortium d'entreprises piloté par Philipp Holzmann AG d'Allemagne comprend un concepteur interne (« Internal Designer ») en la personne de Verbund Plan d'Autriche, un groupement génie civil constitué de Philipp Holzmann, de Strabag d'Autriche et de Gama de Turquie et enfin, un groupement électromécanique constitué de Cegelec-Acec et Acec Energie de Belgique, Cegelec et Neyrpic de France, Sulzer Hydro d'Allemagne et également Gama de Turquie. Ces entreprises sont aussi actionnaires de la société concessionnaire et, associées, représentent près de 70 % du capital.

Quant au contrat du Consultant Indépendant qui a été requis par MENR, il a pour objet essentiellement de veiller à la défense des intérêts de ce ministère tout d'abord comme actionnaire de la société concessionnaire à travers TEAS, comme représentant de l'intérêt public et notamment éviter les déficits d'énergie préjudiciable au développement écono-

mique et enfin comme futur propriétaire lorsque la durée de concession sera achevée et que l'aménagement lui sera transféré.

Cette défense implique donc de contrôler les études détaillées, les fabrications des fournisseurs, les méthodes et programmes suivis par les entrepreneurs, leurs facturations, les demandes de modifications de conception ou d'application de la clause de « Force Majeure » pour raisons géologiques et d'une manière générale d'assurer que tous les travaux de génie civil et de montage réalisés sur le site seront faits conformément aux règles spécifiées (notamment pour la qualité), suivant le programme et le coût définis dans le contrat de concession.

Bien entendu l'exercice de cette défense intéresse les autres actionnaires de la société concessionnaire ainsi que les banques intervenant dans le financement du projet et par conséquent constitue un élément déterminant dans la gestion des risques de conception, de mauvaise performance, d'allongement des délais et de dépassement des coûts.

C'est dans ce contexte contractuel spécial que se place la construction du projet de Birecik. La Fig. 4 ci-jointe illustre les principales relations de travail et contractuelles entre les nombreux différents acteurs du projet.

#### 4.2. LE CONTEXTE TECHNIQUE

L'aménagement de Birecik qui est destiné à tirer profit de l'avant dernière marche de la partie turque de l'Euphrate avant la frontière Syrienne (il est situé entre les deux aménagements d'Ataturk et de Karakamis) comprend un barrage de 2 500 m de longueur et de 63 m de hauteur au maximum et une usine hydroélectrique située au pied du barrage et équipée de 6 unités de 112 MW de puissance installée chacune (voir Fig. 5).

Le bassin versant contrôlé en grande partie par l'aménagement amont d'Ataturk est de plus de 100 000 km<sup>2</sup> donnant ainsi des apports moyens annuels de plus de 30 000 hm<sup>3</sup>. Les débits de pointe des crues de projet et de chantier sont de 17 350 et 5 400 m<sup>3</sup>/s respectivement.

La structure géologique du site est simple puisque constituée d'un empilement de bancs de calcaire subhorizontaux. Ce rocher généralement marneux présente la particularité d'avoir un poids volumique faible, des modules de déformation également faibles mais des résistances au cisaillement fortes même le long de joints de stratification qui constituent des plans de faiblesse et de glissement potentiel. Le milieu est assez fissuré par endroit et ne semble pas présenter de signes de dissolution ou de karstification.

Le barrage comprend une section en remblais, une section poids en béton faisant office d'évacuateur de crues, une autre section poids dans laquelle sont logées les prises d'eau de l'usine et enfin une section poids ordinaire.

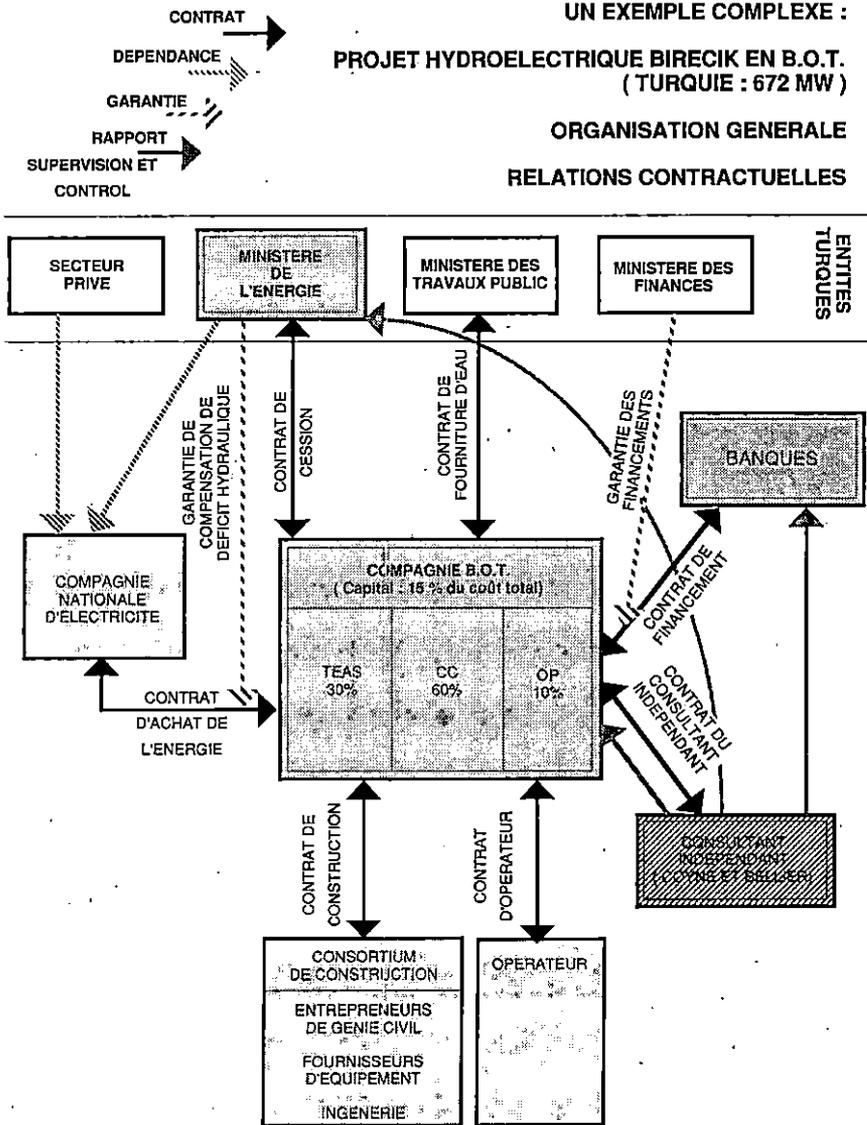


Fig. 4

Aménagement de Birecik - Organigramme du projet  
*Birecik Dam and HPP - Project organization chart*

Les volumes de remblais et de béton à mettre en œuvre sont près de  $10 \text{ hm}^3$  et de  $1,7 \text{ hm}^3$  respectivement. Le recalibrage du lit du fleuve à l'aval destiné à augmenter l'énergie productible de l'aménagement par

diminution des niveaux aval pour les petits débits implique en outre l'ex-cavation de plus de 12 hm<sup>3</sup> de matériaux meubles.

L'évacuateur de crues est équipé de 10 vannes segments de 12,5 m par 14,7 m de section et d'un bassin de tranquillisation de 125 m de longueur et de 155 m de largeur. La section dans laquelle se trouvent les prises d'eau de l'usine comprend 6 pertuis équipés de vannes de garde, de grilles en acier et de conduites forcées de 8 m de diamètre.

L'usine hydroélectrique est une structure en béton armé de 220 m de longueur et de 53 m de hauteur abritant les 6 groupes turbo-alternateurs, la plage de montage, les locaux techniques et les transformateurs. La production moyenne annuelle est de 2 500 GWh et le débit nominal de chaque unité est de 320 m<sup>3</sup>/s.

L'ensemble des études détaillées d'exécution, la construction et la mise en service de cet aménagement doit être réalisé en moins de 66 mois à compter de l'entrée en vigueur du contrat de concession.

### 4.3. LA GESTION DES RISQUES PAR LE CONSULTANT

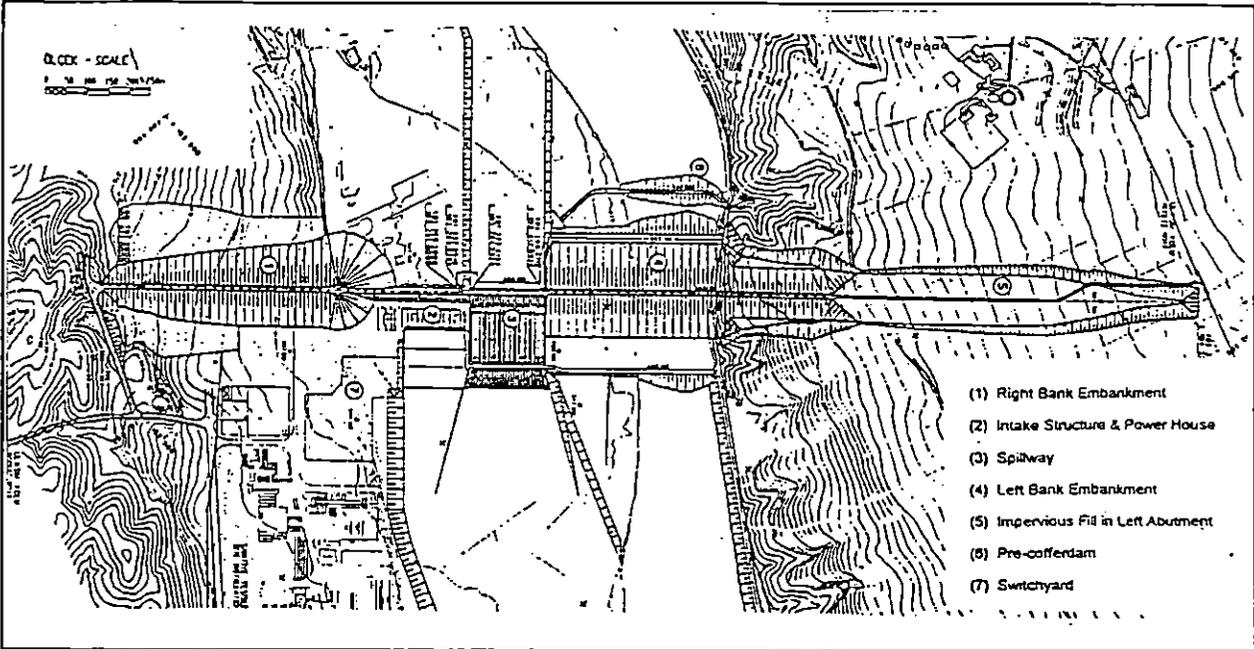
#### 4.3.1 Nature des risques

Compte tenu des caractéristiques du contexte contractuel particulier de Birecik rappelé ci-dessus et du contexte technique particulier du projet, les risques que le Consultant Indépendant a eu à gérer pour le compte de la société concessionnaire, de l'état turc et *in fine* des prêteurs sont de nature analogues à ceux qui sont gérés à Dul Hasti.

On y retrouve en effet là aussi, (i) le risque de dépassement du délai de construction contractuel pour des raisons qui ne peuvent être assimilées à des cas de Force Majeure, (ii) le risque de dépassement des quantités de travaux non compensés par des réductions possibles et enfin, (iii) le risque de non-satisfaction des objectifs de performance contractuels.

Il s'y ajoute la gestion d'un quatrième type de risque, il s'agit du *risque de conception*. Ce risque peut bien entendu avoir un impact sur les trois premiers risques mais il peut aussi avoir un impact significatif sur l'exploitation de l'aménagement tant durant la période de concession qu'ultérieurement après son transfert au ministère à l'issue de cette période de concession.

Ce sont donc ces quatre types de risques qu'a à gérer le Consultant Indépendant. Là également comme à Dul Hasti, le risque de dépassement du délai de construction constitue un risque majeur qu'il convient de gérer extrêmement rigoureusement dans l'intérêt des actionnaires de la société concessionnaire, des prêteurs et de l'état turc.



#### 4.3.2. Principaux cas d'application

On examine ci-après, à titre d'exemple, les modifications introduites dans le " Final Design " de Birecik (base technique du Contrat de Concession) qui ont permis une meilleure gestion des risques à la lumière des critères de satisfaction des performances, des délais et des coûts.

##### i) Capacité de la vidange de fond

La vidange de fond avait été conçue et dimensionnée pendant la phase de Basic Design pour pouvoir maintenir ou baisser le niveau du réservoir pendant le premier remplissage ou quand la sécurité l'exigerait. Le débit de dimensionnement était de 650 m<sup>3</sup>/s pour un réservoir à niveau du seuil du déversoir, et on admettait qu'on pouvait compter avec l'aide des barrages à l'amont de Birecik, pour diminuer le débit affluent à celui-ci.

Rappelons que le débit moyen annuel de l'Euphrate à Birecik est de 960 m<sup>3</sup>/s et que le débit moyen mensuel en étiage est de 600 m<sup>3</sup>/s environ. Rappelons aussi que la capacité de la vidange est de 650 m<sup>3</sup>/s à niveau du seuil du déversoir, mais que sa moyenne, dans le domaine dans lequel seule la vidange peut contrôler les niveaux d'eau, est de 500 m<sup>3</sup>/s.

Ceci veut dire que pour toute manœuvre de contrôle ou pour toute opération de sécurité l'intervention des barrages amont (notamment Atatürk) devient indispensable. Or, en conditions normales, cette fonction de rétention, qui leur est imposée, est contraire à leurs critères économiques d'exploitation. Et en conditions extrêmes de détresse, leur réaction peut ne pas être suffisamment rapide ou suffisamment durable.

La possibilité de gérer son propre réservoir indépendamment des barrages amont devient donc non seulement un atout mais un besoin.

Fig. 5

Vue en plan de l'aménagement de Birecik  
*Plan View of the Birecik Dam and HPP*

- |   |   |
|---|---|
| ① Remblai rive droite                         | ① <i>Right Bank Embankment</i>              |
| ② Ouvrage de prise d'eau et usine             | ② <i>Intake Structure &amp; Power House</i> |
| ③ Évacuateur de crue                          | ③ <i>Spillway</i>                           |
| ④ Remblai rive gauche                         | ④ <i>Left Bank Embankment</i>               |
| ⑤ Remblai imperméable sur l'appui rive gauche | ⑤ <i>Impervious Fill in Left Abutment</i>   |
| ⑥ Préatardeau                                 | ⑥ <i>Pre-cofferdam</i>                      |
| ⑦ Poste électrique                            | ⑦ <i>Switchyard</i>                         |

Les changements introduits en modifiant le phasage de la clôture des orifices de la dérivation provisoire, permettent d'augmenter sensiblement la capacité d'évacuation et d'assurer ainsi la maîtrise complète et indépendante des niveaux d'eau pendant le premier remplissage.

Ainsi on aura diminué, à moindre coût, les risques de non-satisfaction des performances contractuelles et de dépassement du délai de construction. Mais on aura aussi évité d'engager Atatürk dans une opération coûteuse pour le système national turc de production d'électricité.

## *ii) Bassin de dissipation*

L'évacuateur de crues est du type Creager, composé de 10 passes vannées de 12,50 m de longueur avec piles intermédiaires de 5,00 m d'épaisseur. Il est suivi d'un bassin à ressaut de 120 m de longueur divisé en 5 canaux regroupant chacun deux passes du déversoir.

Ce bassin de dissipation d'énergie restitue les débits au fleuve qui, sur un tronçon de 12 km environ, sera surexcavé afin d'augmenter la chute disponible pour la production d'énergie.

Les études hydrauliques, l'analyse des coûts et des bénéfices, et en somme l'optimisation de cette régularisation du fleuve n'étaient pas conclues au moment de dimensionner le bassin à ressaut. Ceci veut dire que les conditions à imposer à l'aval du bassin lors de son dimensionnement étaient incertaines, pouvant donner lieu à des excès d'excavation, donc des surcoûts, ou générant l'instabilité du ressaut qui conduirait à l'insécurité des ouvrages.

Diverses alternatives de régularisation furent étudiées, cherchant à obtenir une plage de conditions aval pour le bassin à ressaut. Un modèle hydraulique permit de caler la cote du bassin de façon à offrir une marge de sécurité raisonnable malgré l'incertitude sur les données. Comme résultat de cette analyse le bassin fut descendu de 1 m. Les surcoûts induits de ce fait furent partiellement compensés grâce à une réduction de 30 m de la longueur du bassin, jugée factible après étude en modèle hydraulique de la stabilité de la fosse d'érosion et des ouvrages contigus.

Ainsi la participation du Consultant Indépendant a permis d'améliorer la sécurité d'un organe vital de l'aménagement, malgré l'incertitude associée à des données qui ne pourront être connues que plus tard, pendant le développement des études détaillées. Les surcoûts associés ont pu être atténués (ou « limités ») grâce à d'autres corrections résultant de l'analyse globale du problème.

## 5. CONCLUSIONS SUR LE ROLE DU CONSULTANT DANS LA GESTION DES RISQUES

Dans les deux exemples de réalisation de projets hydrauliques présentés ci-dessus, Dul Hasti en Inde et Birecik en Turquie, Coyne et Bellier comme Consultant Interne au Consortium de construction dans le cas de Dul Hasti et comme Consultant de la société concessionnaire (Consultant Indépendant) dans le cas de Birecik, a pour mission, entre autres choses, de gérer au sens large un certain nombre de risques pesant en premier lieu et directement sur lui-même et ses partenaires du Consortium de construction dans le cas de Dul Hasti et sur les actionnaires de la société concessionnaire dans le cas de Birecik.

Compte tenu de l'ampleur potentielle considérable de certains de ces risques et des risques de défaillance de ceux qui les prennent, ils rejailissent également de manière indirecte, quels que soient la qualité des écrans contractuels et les précautions prises, sur les propriétaires des ouvrages, les organismes de financement et d'assurance ainsi que sur l'état concédant.

Le risque de dépassement du délai de construction contractuel pour des raisons qui ne peuvent être assimilées à des cas de Force Majeure, le risque de dépassement de quantités non compensés par des réductions possibles et le risque de non-satisfaction des objectifs de performance contractuels, constituent trois types de risque importants dans les deux exemples considérés.

La découverte à Dul Hasti d'un graben comblé de sédiments fins sous forte charge d'eau le long du tracé du tunnel d'adduction a créé un risque majeur supplémentaire mettant en cause la factibilité même du projet. Ce risque de non-aboutissement d'un contrat de construction clé en mains a heureusement pu être surmonté grâce au savoir-faire du Consultant et à sa gestion efficace du risque.

Sur ce même site, les conditions géologiques particulières associées à des ouvrages souterrains linéaires sous forte couverture rocheuse ont rendu la gestion de ces risques et notamment le risque de dépassement de délai extrêmement difficile. Des études spécifiques ont été consacrées avec succès là aussi à leur gestion.

Le risque de conception n'est bien entendu pas absent de ces préoccupations. A Birecik, ce risque est géré directement par le Consultant Indépendant tandis qu'à Dul Hasti ce risque est géré à l'intérieur même du Consortium de construction par le concepteur qui s'y trouve avec l'aide de ses partenaires qui sont conjoints et solidaires.

Le recours de plus en plus fréquent à l'investissement privé dans le développement de projets d'aménagements hydrauliques et hydroélectriques par des sociétés commerciales concessionnaires conduit à transférer à ces investisseurs et à leurs prêteurs les risques particuliers induits par les conditions naturelles (géologie, hydrologie, sismotectonique, maté-

riaux, etc.) dans lesquelles ces aménagements doivent être construits et exploités.

Ces risques qui étaient autrefois supportés par la puissance publique peuvent se révéler considérables et même aboutir à l'échec du projet. Les actionnaires des sociétés concessionnaires ainsi que les prêteurs ont donc tout intérêt, comme cela a été fait à Birecik, à désigner un Consultant Indépendant chargé de gérer un certain nombre de risques et notamment ceux liés aux conditions naturelles et d'une manière plus générale à la conception.

#### REFERENCES

- BERBEY, P. et GAUMONT, P. (1990) : « Difficultés techniques rencontrées lors de la réalisation du projet hydroélectrique de Guavio (Colombie) ». *Revue Travaux*, Oct. 1990, pp. 14-23.
- BINQUET, J., DEVELAY, D., DIVATIA, E. and VENKATESHA, C. R. (1992) : "The Challenge of the Dul Hasti Project". *Water Power & Dam Construction*, Oct. 1992.
- BINQUET, J., DEVELAY, D. et CAZALIS, Ph. (1995) : « Les dessableurs de l'aménagement hydro-électrique de Dul Hasti (Inde) ». *Revue La Houille Blanche*, n° 4-95.
- DEVELAY, D., BINQUET, J., DIVATIA, E. and VENKATESHA, C.R. (1996) : "The Desilting Basins of the Dul Hasti Hydroelectric Project". *Proc. ASCE, Hydraulic Engineering Division* (accepted for publication and to be published on Oct. 1996).
- DIVATIA, E., VENKATESHA, C. R., BINQUET, J. and COLOMBET, G. (1993) : "Design of 10.6 km long Headrace Tunnel of Dul Hasti Hydroelectric Project". *Proc. Conference Options for Tunnelling 1993*, H. Burger Editor (Development in Geotechnical Engineering, 74), Elsevier, Amsterdam, May 1993.
- HALWANI, S., JANOD, A. et LAJEAT, J.-P. (1965) : « Le percement du tunnel d'Awali de l'aménagement du Litani au Liban ». *Revue Travaux*, Mai 1965.
- JONG DE, R. J., PERDIJK H. W. R., DEVELAY, D., GAUTIER, J. and BINQUET, J. (1992) : "Hydraulic Model Studies of Desilting Basins of a Hydroelectric Project". *Proc. 5th International Symposium on River Sedimentation*, Karlsruhe, Germany.
- PFISTER, P., NORBERT, J., BARBEDETTE, R. and POTEVIN, G. (1969) : "Ground Freezing for Tunnelling through a 60 m Triassic Crushed Zone". *Proc. of the VIIth International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering*, Mexico, Aug. 1969.
- WINTER, T., BINQUET, J., SZENDROI, A., COLOMBET, G., ARMIGO, R. and TAPPONNIER, P. (1994) : "From plate tectonics to the design of the Dul Hasti hydroelectric project in Kashmir (India)". *Engineering Geology*, No. 36, 1994, pp. 211-241, Elsevier.

## RÉSUMÉ

Deux projets hydroélectriques en cours de construction, l'un en Inde et l'autre en Turquie, ont récemment fourni à Coyne et Bellier l'opportunité de pratiquer des évaluations de risques de nature technique, financière et contractuelle et d'assister des partenaires industriels, financiers et institutionnels dans la gestion de ces risques.

Dans le premier cas, Coyne et Bellier a été sollicité par des partenaires de génie civil et d'électromécanique afin d'évaluer les risques techniques et financiers liés à l'étude, la construction et la mise en service d'un aménagement hydroélectrique dans le cadre d'un contrat clés en main avec un Maître d'Ouvrage Indien. Une telle évaluation, conduite avant la mise au point du contrat mais aussi tout au long de sa réalisation, revêtait une importance particulière compte tenu du caractère forfaitaire de la rémunération du Consortium d'entreprises en charge du projet et de clauses contractuelles spéciales faisant absorber les risques géologiques du projet par le Consortium. Cette évaluation, affinée et développée au cours des travaux, a été un élément capital dans les négociations contractuelles entre le Consortium, le Maître d'Ouvrage, le collège d'experts Indiens désignés par le gouvernement Indien, le gouvernement français apportant le financement du projet et le gouvernement Indien, lorsqu'un différend important a surgi entre le Consortium et son client. Cette évaluation et sa gestion ont constitué un des éléments majeurs dans le règlement du différend et dans la préparation d'un cadre contractuel rénové destiné à achever les travaux.

Dans le second cas, Coyne et Bellier a la charge de garantir à des investisseurs privés, à leurs banquiers et au gouvernement Turc que l'étude, la construction et la mise en service d'un important aménagement hydroélectrique situé sur l'Euphrate se feront conformément à un programme et à un coût déterminés et posséderont les performances et qualités attendues. Cette tâche implique une évaluation, mise à jour en permanence, des risques liés à l'exécution du projet (qualité, respect des programmes, des quantités et coûts) en vue d'alerter les investisseurs, leurs banquiers ou le concédant de toute déviation par rapport aux prévisions et d'entamer la recherche des actions correctives. Elle revêt dans ce cas un caractère particulièrement important puisqu'il s'agit là d'un projet réalisé dans le cadre d'un contrat de B.O.T. (Build, Operate and Transfer) dans lequel toutes les parties prennent un risque financier important. Elle est assurée par un Consultant totalement indépendant des entreprises de construction, des investisseurs, des financiers et du concédant.

Les deux cas cités ci-dessus sont présentés en mettant l'accent sur le contexte technique, financier et contractuel particulier dans lequel ils sont situés et sur la manière et la méthode qui ont été utilisées pour évaluer et gérer les risques techniques, financiers et contractuels liés à la réalisation de ces projets.

## SUMMARY

Two hydropower projects currently under construction – one in India and one in Turkey – recently gave Coyne et Bellier the opportunity to make technical, financial, and contractual risk assessments and to help industrial, financial, and institutional partners manage those risks.

In the first case, Coyne et Bellier was approached by its partners working on the civil and electromechanical works for an assessment of the technical and financial risks involved in the design, construction, and commissioning of a turnkey hydropower project for an Indian Employer. This sort of assessment, carried out both before drafting of the contract and throughout its duration, was of special importance given that the Consortium in charge of the project was to be remunerated on a lump-sum basis and that special terms of contract meant the Consortium was liable for all geological contingencies associated with the project. This assessment was fine-tuned and extended during the works, and was a key factor in the contract negotiations between the Consortium, the Employer, the Board of Indian Experts appointed by the Indian Government, the French Government which financed the project, and the Indian Government, when a substantial dispute arose between the Consortium and its Client. This assessment and its management were a major contribution to the settlement of the dispute and to the drafting of an amended contractual framework intended to allow the works to go through to completion.

In the second case, Coyne et Bellier is responsible for guaranteeing private investors, their bankers, and the Turkish Government that the design, construction, and commissioning of a large hydro project on the Euphrates will comply with a determined schedule and cost, and will attain the expected performance and quality levels. This task implies regularly updated assessment of the risks associated with execution of the project (quality, compliance with schedules, quantities, and costs) in order to warn the investors, their bankers, and the granter of the concession of any deviation from the forecasts, and to undertake corrective action. The assessment is particularly important in this case since the project is a B.O.T. contract whereby all parties take a substantial financial risk. This task is carried out by a Consultant who is totally independent of the construction contractors, investors, financiers, and the granter of the concession.

The presentation of both these cases will stress the specific technical, financial, and contractual contexts involved, together with the manners and methods used to assess and manage the technical, financial, and contractual risks associated with the execution of these projects.