

620
388

SI 1981/5B

REPUBLIQUE POPULAIRE REVOLUTIONNAIRE
DE GUINEE

Projet OMM-PNUD-GUI-74-014

PLAN GENERAL
D'AMENAGEMENT HYDRAULIQUE
DE LA MOYENNE GUINEE

DOSSIER FINAL
VOLUME VIII
EVALUATIONS ECONOMIQUE ET FINANCIERE

BRATISLAVA, OCTOBRE 1981
POLYTECHNA-PRAQUE-TCHECOSLOVAQUIE

République Populaire Revolutionnaire de G u i n é e

Projet OMM - PNUD - GUI - 74 - 014

PLAN GENERAL D'AMENAGEMENT HYDRAULIQUE DE LA MOYENNE GUINEE

Dossier final

Evaluations économique et financière

Bratislava
Octobre 1981

Volume N° VIII

P O L Y T E C H N A
Agence pour la coopération technique
Panska ulice N° 6
112 45 PRAGUE - 1, B.P. 834
Tchécoslovaquie

TABLE DES MATIERES

1.	INTRODUCTION GENERALE	1
2.	DONNEES DE BASE DISPONIBLES	2
3.	DIFFERENCIATION DES AMENAGEMENTS ETUDIE DU POINT DE VUE D'EVALUATION ECONOMIQUE	6
3.1.	Aménagements hydrauliques	6
3.1.1.	Analyse des recettes et des dépenses pour les 5 sites prioritaires	7
3.1.2.	Frais spécifiques pour les 5 sites prioritaires et 10 sites qui seront réalisés dans un proche avenir	8
3.1.3.	Indices de l'efficacité naturelle de tous les sites étudiés	10
3.2.	Aménagements pour l'alimentation en eau potable	13
3.3.	Aménagements hydro-agricoles - alimentation en eaux d'irrigations	14
4.	DONNEES DE BASE ET LES SUPPOSITIONS POUR L'ESTIMATION DU COUT DES AMENAGEMENTS	15
4.1.	Coût de premier investissement	15
4.2.	Définition des prix unitaires	20
4.3.	Conditions d'application des prix	23
4.3.1.	Série des terrassements	23
4.3.2.	Série des bétons	25
4.3.3.	Série des divers	27
4.4.	Conditions d'exécution des travaux	29
4.5.	Définition des prix forfaitaires	31
4.5.1.	Barrages en terre et ouvrages annexes	31
4.5.2.	Centrales hydroélectriques	33
4.5.3.	Amenées d'eaux pour les centrales hydroélectriques	36
4.5.4.	Ouvrages divers en béton	38

4.5.5. Stations de pompage	40
4.5.6. Conduites d'adduction et de refoulement	41
4.5.7. Stations de traitement des eaux	45
4.5.8. Réservoirs d'eau potable	46
4.5.9. Réseau de distribution des eaux	47
4.5.10. Canaux de drainage, d'irrigations et fossés antiérosifs	48
4.5.11. Bassins de compensation ou de répartition des eaux d'irrigation	49
4.5.12. Mode d'application des eaux	50
4.5.13. Préparations du terrain précédant les exploitations, les irrigations et la protection des sols	51
4.5.14. Voies d'accès	52
4.5.15. Lignes de courant électrique	53
4.5.16. Aménagement du territoire	54
4.5.17. Frais de transport des matériaux	55
4.6. Dépenses secondaires, complémentaires et autres	57
4.7. Le calendrier des coûts d'investissement et mise en service des ouvrages	61
4.8. Frais annuels	64
4.8.1. Frais d'opération fixes	65
4.8.2. Frais proportionnels d'opérations	66
4.8.3. Charge du capital investi	68
5. VALORISATION DES EFFETS	71
5.1. Valeur de l'énergie électrique produite	75
5.2. Valeur des eaux de surface	80
5.3. Valeur de l'eau potable	84
5.4. Valeur de la régularisation des débits pour la navigation	85
5.5. Valeur de l'augmentation de la production agricole et valeur des eaux d'irrigations	86
5.6. Délai prévu de la réalisation des recettes	90

6.	REPARTITION DES FRAIS POUR LES AMENAGEMENTS POLYVALENTS	91
6.1.	Méthode de répartition des frais sur les effets énergétiques	93
6.2.	Méthode de répartition des frais entre les effets hydrauliques particuliers	99
7.	INDICES DE L'EFFICACITE DES AMENAGEMENTS	101
7.1.	Indices de l'efficacité économique absolue	101
7.1.1.	Valeur actuelle nette de l'investissement "VAN"	102
7.1.2.	Indice de la rentabilité des coûts d'investissement "IRCI"	104
7.1.3.	Indice de la rentabilité des frais annuels complexes "IRFAC"	105
7.1.4.	Taux interne de rentabilité "TIR"	106
7.1.5.	Délais de remboursement des coûts d'investisse- ment totaux "DRCI"	107
7.2.	Indices d'efficacité économique relatifs	108
7.2.1.	Coûts d'investissement spécifiques -par unité de capacité du projet ou de la production	108
7.2.2.	Frais annuels par unité de production	110
7.3.	Indices de l'efficacité naturelle	112
7.3.1.	Caractéristique morphologique du site "IM"	115
7.3.2.	Caractéristique hydraulique du site "IH"	115
7.3.3.	Caractéristique énergétique du barrage "IEB"	116
7.3.4.	Caractéristique énergétique de la dérivation "IED"	117
7.3.5.	Caractéristique énergétique de la centrale hy- droélectrique "IEC"	122
7.3.6.	Caractéristique énergétique du site d'aménage- ment hydroénergétique "IE"	124
8.	LES CHOIX DES ALTERNATIVES DE SITES OU DES VARIANTES DIFFERENTES	130
8.1.	Méthode de choix	130

8.1.1. Choix des alternatives de sites	130
8.1.2. Choix des alternatives du volume de la retenue	130
8.2. Choix de la localisation des sites et du volume des aménagements hydrauliques	132
8.2.1. FOULASSO	132
8.2.2. KOKOULO PONT	134
8.2.3. FOULASSO : KOKOULO PONT	135
8.2.4. TIAMBATA	138
8.2.5. DOUREKO : GAIGUI	139
8.2.6. FELLO SOUNGA	141
8.2.7. DIONFO	145
8.2.8. GAYA	150
8.2.9. DIONFO : GAYA	153
8.2.10. Les dix sites "proche avenir"	
8.2.11. Autres sites étudiés	
8.3. Choix des alternatives d'alimentation en eau potable	161
8.3.1. La ville Labé	161
8.3.2. La ville Pita	162
8.3.3. La ville Koundara	163
8.4. Choix des alternatives possibles de l'alimentation en eaux des périmètres agricoles	164
8.4.1. Plaine Timbis -Sud, I ^{ère} étape	164
8.4.2. Plaine Dombélé	165
8.4.3. Plaine Kolloun	167
8.5. Optimalisation de l'alimentation complexe en eaux de surface d'un périmètre plus grand	168
8.5.1. Périmètre des villes Labé - Pita	168
8.5.2. Périmètre Labé - Tougué	171
9. RESULTATS ET CONCLUSIONS DE L'EVALUATION DE L'EFFICACITE ECONOMIQUE DES SITES PRIORITAIRES	174
9.1. FOULASSO	174

9.2.	TIAMBATA	177
9.3.	GAIGUI	178
9.4.	FELLO SOUNGA	179
9.5.	DIONFO	181
9.6.	Aperçu des indices d'efficacité économique des sites prioritaires	183
10.	APERÇUS TABULAIRES DES ALTERNATIVES OPTIMALES OU CHOISIES:	
	-DES PARAMETRES PRINCIPAUX	
	-DES COUTS DE PREMIER INVESTISSEMENT ET DES COUTS SPECIFIQUES DES AMENAGEMENTS EVALUES PLUS EN DETAIL	
	-DES INDICES D'EFFICACITE NATURELLE DE TOUS LES SITES	184
10.1.	Aperçu des coûts d'investissement et des coûts spécifiques des alternatives resultantes des aménagement hydrauliques choisis	185
10.2.	Aperçu des coûts d'investissement et des coûts spécifiques des aménagements pour l'alimentation en eau potable des villes principales	186
10.3.	Aperçu des coûts de premier investissement des aménagements pour alimentation en eau d'irrigation	187
10.4.	Aperçu des coûts spécifiques et des indices d'efficacité économique d'alimentation en eau d'irrigation des périmètres agricoles	188
10.5.	Aperçu des caractéristiques d'efficacité naturelle des alternatives optimales des tous les sites	189
11.	EVALUATION ECONOMIQUE DES POSSIBILITES DE L'EXPLOITATION DES SOURCES D'EAUX DE SURFACE ET DE L'ENERGIE HYDROELECTRIQUE	192
11.1.	Possibilités de construction des retenues et conditions économiques d'alimentation en eaux de surface	192
11.2.	Conditions économiques de l'exploitation de l'énergie hydraulique	195

11.3.	Conditions économiques de l'alimentation en eau potable des villes principales de la Moyenne Guinée	199
11.4.	Conditions économiques de l'alimentation en eau d'irrigation des périmètres agricoles de la Moyenne Guinée	202
12.	LES POSSIBILITES DE PROCEDES DE LA REALISATION DES SITES ET SYSTEMES PRIORITAIRES	213
12.1.	Considérations fondamentales	213
12.2.	Efficacité économique des systèmes hydrauliques particuliers	214
12.3.	Proposition et analyse des possibilités de réalisation des systèmes hydrauliques prioritaires	219

L I S T E D E S T A B L E A U X

Tab. n°	Page	Titre
1	13	Prix unitaire (en US \$) appliqués aux ouvrages hydrauliques étudiés en Guinée
2	19	Aperçu de la hausse des prix unitaires
3	22	Prix unitaires moyens à appliquer dans le présent projet
4	31	Prix d'ordre forfaitaire du corps du barrage
5	32	Prix d'ordre forfaitaire du traitement du sous-sol
6	33	Prix d'ordre forfaitaire des ouvrages annexes
7	34	Prix d'ordre forfaitaire du matériel d'équipement
8	35	Prix d'ordre forfaitaire des travaux du génie civil des centrales hydroélectriques
9	36	Prix d'ordre forfaitaire de la galerie
10	37	Prix d'ordre forfaitaire de la vanne sphérique
11	39	Prix d'ordre forfaitaire de la prise d'eau pour les stations de pompage
12	40	Prix d'ordre forfaitaire de la station de pompage
13	42	Prix d'ordre forfaitaire des conduites en fonte
14	43	Prix d'ordre forfaitaire des conduites en acier
15	43	Prix d'ordre forfaitaire des conduites forcées
16	44	Prix d'ordre forfaitaire des conduites en béton ou en amiante-ciment
17	45	Prix d'ordre forfaitaire de la station de traitement des eaux
18	46	Prix d'ordre forfaitaire du réservoir d'eau
19	47	Prix d'ordre forfaitaire du réseau de distribution des eaux
20	48	Structure et calcul des prix moyens du réseau de distribution des eaux
21	50	Prix d'ordre forfaitaire du bassin des eaux d'irrigation
22	54	Prix d'ordre forfaitaire du groupe électrogène
23	56	Frais de transport des matériaux

Tab. n°	Page	Titre
24	58	Aperçu et comparaison des dépenses des investissements secondaires et complémentaires
25	62	Répartition des coûts d'investissement
26	67	Aperçu et comparaison des frais annuels des aménagements hydrauliques
27	78	Prix moyen de l'énergie électrique produite par une centrale thermique
28	87	Prix des produits agricoles
29	88	Calcul de la valeur de l'accroissement de la production agricole
30	89	Calcul du coefficient d'accroissement des prix de produits agricoles choisis
31	98	Aperçu des variantes de répartition des frais par l'effet hydroénergétique
32	114	Coefficient de correction "CCB" du volume du barrage-type en terre
33	119	Coefficient de correction "CCD1" de la galerie
34	119	Coefficient de correction "CCD2" de la conduite forcée
35	123	Coefficient de correction de la centrale hydroélectrique
36	136	Comparaison des sites FOULASSO et KOKOULO PONT
37	140	Comparaison des sites DOUREKO et GAIGUI
38	141	Comparaison des coûts de la production des alternatives de grandeur de l'aménagement FELLO SOUNGA
39	143	Comparaison des indices d'efficacité naturelle des alternatives de grandeur de l'aménagement FELLO SOUNGA
40	148	Aperçu des variantes de répartition des frais annuels du DIONFO
41	152	Comparaison des alternatives de grandeur de l'aménagement GAYA
42	154	Comparaison des sites DIONFO et GAYA
43	161	Comparaison des sources d'eau potable pour LABE
44	162	Comparaison des sources d'eau potable pour PITA

Tab. n°	Page	Titre
45	165	Comparaison des sources d'eau d'irrigation pour la plaine TIMBIS SUD, Ière étape
46	166	Comparaison des sources d'eau d'irrigation pour la plaine DOMBELE
47	167	Comparaison des sources d'eau d'irrigation pour la plaine KOLLOUN
48	168	Combinaison de saturation des besoins en eau dans le périmètre LABE-PITA
49	170	Comparaison des coûts d'investissement pour la saturation des besoins en eau dans le périmètre LABE-PITA
50	172	Comparaison des coûts d'investissement pour la saturation des besoins en eau dans le périmètre LABE-TOUGUE
51	183	Aperçu des indices d'efficacité économique des sites prioritaires
52	185	Aperçu des coûts d'investissements et des coûts spécifiques des alternatives résultants des aménagements hydrauliques "prioritaires" et "proche avenir" selon Annexes B et E
53	186	Aperçu des coûts d'investissements et des coûts spécifiques des aménagements pour l'alimentation en eau potable des villes principales
54	187	Aperçu des coûts de premier investissement des aménagements pour l'alimentation en eaux d'irrigations
55	188	Aperçu des coûts spécifiques et des indices d'efficacité économique d'alimentation en eau d'irrigations des périmètres agricoles de la Moyenne Guinée
56	189- -191	Aperçu des caractéristiques d'efficacité naturelle des alternatives optimales de tous les sites
57	192	Aperçu des sites avec les caractéristiques hydrauliques $IH = 10 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} / \text{hm}^3$
58	194	Aperçu des coûts de l'eau de surface des retenues proposées (selon Annexe B)
59	195	Comparaison des indices d'efficacité économique et naturelle des centrales hydroélectriques des sites choisies

L I S T E D E S F I G U R E S

Fig. N°	Page	Titre
1	129	Formules pour l'estimation du volume "VB" des barrages en terre
2	144	Indices d'efficacité naturelle d'aménagement FELLO SOUNGA sur Tominé
3	145	(a) Coût de l'énergie hydroélectrique d'amé- nagement FELLO SOUNGA construit pour un seul but (b) Coûts d'investissements spécifiques par u- nité de la production hydroélectrique d'aména- gement FELLO SOUNGA construit pour un seul but

L I S T E D E S A N N E X E S

ANNEXE A: Liste de documentation

ANNEXE B: Comparaison des alternatives d'aménagements hydrauliques et calcul des frais annuels

ANNEXE C: Calcul des frais annuels des aménagements pour l'alimentation en eau potable et du coût de l'eau potable en villes principales de la Moyenne Guinée

ANNEXE D: Calcul des frais annuels des aménagements hydro-agricoles et du coût de l'eau d'irrigations

ANNEXE E: Calcul des indices d'efficacité naturelle

ANNEXE G: Liste des symboles utilisés

ANNEXE F: Calcul d'efficacité économique et scénarios de la réalisation des systèmes hydrauliques prioritaires

1. INTRODUCTION GENERALE

Dans cette étude "Evaluations économique et financière" du Plan général d'aménagement hydraulique de la Moxenne Guinée, sur la base des données de base et de la méthode énoncée dans l'avant-projet, nous avons élaboré une évaluation économique de tous les aménagements proposés, c'est à dire:

- des localités des retenues
- des ouvrages d'alimentation en eau potable des villes principales
- des aménagements d'alimentation en eaux des périmètres à irriguer.

La méthode d'évaluation conformément aux suppositions dans l'avant-projet a été précisée d'après les conditions concrètes de ces aménagements. Pour une meilleure compréhension des calculs effectués, dans des chapitres particuliers de cette étude ils sont présentés au complet ou, éventuellement leur contenu a été complété. La lecture des textes et des calculs présentés en tableaux est en outre facilitée par des légendes explicatives des symboles utilisés.

L'évaluation économique élaborée dans le cadre du Plan général d'aménagement hydraulique n'est pas liée au plan de la réalisation concrète de ces aménagements. Ce qui entre autres dépend non seulement de la nécessité d'assurer les effets, mais aussi de la possibilité de financer les constructions et d'autres considérations de caractère politique. Aussi les solutions techniques supposées des aménagements particuliers représentent seulement une seule des alternatives du volume et de la disposition d'ensemble des principaux ouvrages. Cela signifie que

même l'évaluation économique des sites prioritaires (d'après le chapitre 3) et de ceux qui sont envisagés à construire dans un proche avenir, n'ont pas un caractère d'une étude de factibilité. Les indices économiques résultants donnent seulement un aperçu des conditions économiques de réalisation à l'époque de leur évaluation, en tenant compte de la validité des données de base.

L'évaluation économique dans le cadre du choix des cinq sites prioritaires, et des dix à réalisation dans un proche avenir, ou de tous les sites étudiés, a pour but de permettre une classification approximative des sites et des possibilités de leur exploitation du point de vue économique. Ces données faciliteront simultanément l'élaboration d'un plan concret de construction et orienteront les travaux des études suivantes nécessaires à la décisions sur la réalisation des aménagements particuliers.

2. DONNEES DE BASE DISPONIBLES

Le Plan Général d'Aménagement Hydraulique de la Moyenne Guinée est élaboré dans le cadre du projet PNUD GUI/74/014: "Assistance au service hydraulique national et aménagement des bassins versants de la Moyenne Guinée" qui est réalisé depuis l'année 1975. La donnée de base de cette évaluation économique est le Contrat conclu entre l'OMM et Polytechna et les autres données sont spécifiés par l'étendue et le contenu des dossiers /13/, /2/, /3/ et aussi le Rapport de reconnaissance /4/ élaboré dans le cadre de la première phase des travaux sur le projet.

Comme données de base pour l'élaboration de l'évaluation économique du Plan, la Direction du Projet a mis à notre

disposition les études et les projets élaborés par d'autres organisations dans les années précédentes. Les parties de ces projets qui traitent l'évaluation économique sont dans la liste de documentation de /3/ jusqu'à /13/.

D'autres données, qui concernent surtout les prix des travaux des ouvrages principaux ont été obtenues par des consultations personnelles surtout au Ministère de l'Agriculture, des Eaux et Forêts et de FAPA et à la Direction du projet de l'aménagement de la plantation d'ananas de Daboya /14/ et à la Direction Générale des Eaux de Guinée - DEG à Conakry où on a mis à notre disposition le projet de la conduite d'eau pour la ville de Gueckédou /15/ qui est en cours de réalisation. Les prix unitaires applicables en Guinée aux ouvrages du génie civil nous ont aussi été donnés par la Direction du Projet à Conakry.

Sur l'autorisation du Ministre de l'Energie et du Konkouré la Direction des affaires extérieures et de la coopération de l'Electricité de France nous a donné par la lettre du 11 juin 1980 les prix unitaires applicables aux ouvrages du génie civil qui ont été utilisés pour l'élaboration de l'étude économique et financière du rapport de factibilité d'aménagement hydroélectrique en Guinée.

Les prix des produits agricoles (les prix d'achat appliqués dans les entreprises agricoles et les prix de vente au consommateurs) ont été obtenues par consultation au Ministère de l'Agriculture, des Eaux et Forêts et de FAPA.

Le séjour en Guinée de l'auteur de l'étude économique et financière du Plan Général d'Aménagement Hydraulique de la Moyenne Guinée a été utilisé pour acquérir les données de base, mais aussi pour prendre connaissance des ouvrages hydrauliques.

ques existants: BANEA, KALE, GRANDES CHUTES, DONKEA et KINKON et aussi avec les sites proposés FELLO SOUNGA, GAOUAL, OUESSEBUELLE, MABABOU, KOULI, TIAMBATA, NATIBALI, FOULASSO, KOUKOULO-PONT, GRAND KINKON, TIOURI, DIONFO, GAYA, DOUREKO, et aussi SOUAPITI qui est situé en Guinée Maritime en dehors de la zone d'étude. Les données pour la proposition de la méthode économique d'évaluation sont de la littérature Tchécoslovaque (16, 17, 18) et aussi de la littérature qui traite la planification et l'évaluation des ouvrages hydrauliques des autres pays (19 à 24).

Les recherches dans la littérature spécialisée, publiée en France, n'ont pas donné de résultats, on n'a pas trouvé de littérature qui soit précisément spécialisée sur le problème de l'exploitation des ouvrages hydrauliques à buts multiples. La terminologie spécialisée économique française a été en partie reprise d'après la littérature qui traite des problèmes économiques et l'économie des investissements /25/ et /26/ mais en même temps les expressions de base et la désignation ont été élargies et adaptées aux problèmes hydrauliques et énergétiques respectivement à des investissements à buts multiples.

A l'Electricité de France à Paris on a consulté:

- la méthode de la détermination du coût des ouvrages hydro-énergétiques,
- la méthode de l'évaluation économique des ouvrages hydroénergétiques en France,
- les frais et l'évaluation de l'ouvrage hydroénergétique SOUAPITI sur le fleuve Konkouré.

Pour les deux premiers thèmes on a obtenu les données qui servent à l'EdF comme données méthodiques pour l'évaluation des ouvrages énergétiques /27/ et des parties des contributions sur les questions méthodiques qui ont été présentées par les membres de l'EdF dans les conférences de l'Institut des Sciences de Management /28/ et /29/.

3. DIFFERENCIATION DES AMENAGEMENTS ETUDIES DU POINT
DE VUE D'EVALUATION ECONOMIQUE

3.1. Aménagements hydrauliques

Dans le cadre du Plan Général d'Aménagement Hydraulique de la Moyenne Guinée les sites des barrages proposés sont partagés en trois catégories d'après leur importance et la probabilité de leur réalisation:

A: Sites prioritaires:

- 1/ Foulasso ou Kokoulo Pont sur la rivière Kokoulo
- 2/ Tiambata sur la rivière Sala
- 3/ Gaigui ou Doureko sur la rivière Samenta
- 4/ Fello Sounga sur la rivière Tominé
- 5/ Dionfo ou Gaya sur la rivière Dombélé

B: 10 sites à réalisation dans un proche avenir:

- 6/ Natibali sur la rivière Sala
- 7/ Grand Kinkon sur la rivière Kokoulo
- 8/ Ouésséguélé sur la rivière Ouésséguélé
- 9/ Mababou sur la rivière Bantala
- 10/Gaoual sur la rivière Komba
- 11/Tiouri sur la rivière Dimma
- 12/Kouli sur la rivière Liti
- 13/Madina Kouta sur le fleuve Gambie
- 14/ Koukoutamba sur la rivière Bafing
- 15/ Boureya sur la rivière Bafing

C: Les autres sites proposés dont la réalisation est prévue pour un avenir lointain

La répartition des sites présentée se reflète aussi dans la méthode et la profondeur de l'évaluation économique des ouvrages cités.

Remarque:

Dans certains documents de la Direction du Projet tous les 15 sites cités sont désignés comme "prioritaires" mais sont différenciés d'après la réalisation supposés; dans un avenir proche ou lointain, ou comme des localités de "priorité primaire" ou "priorité secondaire".

3.1.1. Analyse des recettes et des dépenses pour les 5 sites prioritaires

Cinq des sites les plus importants, de priorité primaire, sont évalués par la méthode de l'analyse du flux financier.

Pour chaque année de comparaison (construction ou exploitation) sont établies les recettes et les dépenses et cela d'après la répartition supposée de la construction et de la mise en exploitation.

La méthode du calcul des recettes des ouvrages est présentée dans le chapitre 5, où est aussi indiquée la supposition de l'accroissement de l'utilisation de l'aménagement réalisé.

Sur la base du flux des recettes, des coûts d'investissement et des frais d'exploitation, on calcule la valeur actuel-

le nette pour chaque investissement, pour des taux d'actualisation différents et on calcule les indices d'efficacité économique absolue:

- taux interne de rentabilité "TIR"
- indice de rentabilité totale "IRT" pour un taux d'actualisation de 6%
- délais de récupération des coûts d'investissements "DRCI"

La définition du calcul des indices est dans l'article 7.1.

En plus des indices d'efficacité économique absolue qui envisagent des flux économiques positifs et négatifs, on calcule pour les 5 sites prioritaires (catégorie "A") aussi les indices d'efficacité économique relative:

- le coût par unité de capacité ou de production - de même que pour les 10 autres sites choisis
- les caractéristiques morphologiques, hydrauliques et énergétiques - de même que pour tous les sites proposés.

3.1.2. Frais spécifiques pour les 5 sites prioritaires et 10 sites qui seront réalisés dans un proche avenir

Pour tous les 15 sites choisis seront à disposition:

- les coûts d'investissement et frais annuels complexes
- les usages principaux des aménagements:
 - . alimentation en eau de la population, de l'industrie et de l'agriculture
 - . production d'énergie électrique
 - . régularisation du débit pour rendre possible la navigation;

- les débits régularisés bruts et nets et la quantité d'eau amenée pour les buts particuliers
- la puissance installée et la puissance garantie des centres électriques et la quantité d'énergie électrique produite par année moyenne, qui est divisée en énergie garantie (primaire) et énergie non garantie (ou secondaire).

La réalisation des 10 sites de catégorie "B" dans un avenir proche (mais non déterminé) ne permet pas une estimation réelle de la progression dans l'utilisation des capacités, mais en même temps il faut compter avec changement de la valeur des effets à l'avenir, qui ne sera peut être pas proportionnelle à l'augmentation du niveau des prix. C'est pourquoi les frais unitaires se calculent en principe seulement à l'échelle des prix actuelles (année 1980) et on suppose une pleine exploitation de l'aménagement construit.

Des données présentées on calcule par une méthode unitaire les frais par unité:

- les coûts d'investissement par unité de capacité (puissance installée ou garantie, débit régularisé brut ou net)
- les coûts d'investissement par unité de production (garantie ou d'énergie produite en moyenne)
- les frais annuels complexes par unité de production (d'eau amenée ou d'énergie électrique).

La méthode de calcul est exposée plus en détails dans l'article 7.2.

Dans le cas des aménagements à buts multiples le coût total des investissements est réparti pour les principaux buts et cela d'après les principes présentés dans l'article 7.

si l'un des buts est incertain (par exemple la régularisation du débit pour la navigation) on calcule les indices du but principal (de la production) en plusieurs variantes, et cela en considérant ou en négligeant le deuxième but, ainsi on documente l'importance économique de la réalisation de ce dernier.

En comparant les frais spécifiques des aménagements hydrauliques des catégories "A" et "B" on peut estimer le niveau de rentabilité des aménagements de catégorie "B" qui sont pas calculés individuellement. Les aménagements avec frais spécifiques exceptionnellement avantageux peuvent être dans les études ultérieures classés dans la catégorie "A" et au contraire, les moins avantageux de la catégorie "A" classés dans la catégorie "B".

3.1.3. Indices de l'efficacité naturelle de tous les sites étudiés

Le niveau le plus approximatif de comparaison de tous les sites étudiés est l'évaluation suivant:

- caractéristiques morphologiques des sites "IM",
- caractéristiques hydrauliques des sites "IH"
- caractéristiques énergétiques des barrages "IEB", respectivement des dérivations "IED", des centrales hydroélectriques "IEC" et des aménagements hydrauliques totaux "IE".

Ce sont des indices partiels naturels qui expriment:

- le volume retenu total
- le débit régularisé net
- l'énergie électrique (garantie ou moyenne produite) qui sont obtenus dans le site donné en construisant une unité de volu-

lume (mil. m³) d'un barrage ~~type-en-terre~~ avec la pente des talus 1 : 2,5, la largeur de la crête - 5,0 m et la revanche du couronnement au-dessus du niveau "RN" - 4,0 m.

Le volume du barrage se calcule sur la base des paramètres de l'ouvrage:

- la longueur de la crête
- la hauteur du barrage au-dessus du terrain environnant
- la caractéristique du profil transversal.

Pour les sites de catégorie "C" (où on n'a pas été relevé le profil transversal), ces données sont déterminées des cartes topographiques qui sont à disposition (à l'échelle 1 : 50 000 ou 1 : 200 000).

Les relations pour le calcul du volume du barrage à partir des deux paramètres de base, pour un profil de la vallée: triangulaire, parabolique, trapézoïdale, sont indiquées dans l'article 7.4. La définition du calcul des caractéristiques morphologiques, hydrauliques et énergétiques est exposée dans l'article 7.3.

Les caractéristiques morphologiques des sites conviennent seulement pour envisager et choisir des alternatives de sites de barrage sur une rivière (avec une différence relativement petite entre les surfaces des bassins versants), ou pour régulariser le débit au profil de contrôle situé en aval. En plus, la tendance d'une augmentation de cet indice pour les cotes du niveau plus haut de la RN est la supposition de base (nécessaire, mais non suffisante) de l'avantage économique de cette augmentation.

Les caractéristiques hydrauliques "IH" et énergétiques "IE" peuvent être calculées pour des suppositions différentes:

- pour un aménagement à buts multiples
- pour un aménagement qui fonctionne dans un ensemble
- pour un aménagement qui fonctionne dans un ensemble qui est influencé par les aménagement en amont
- pour un aménagement avec la centrale électrique au pied du barrage
- pour un aménagement avec une centrale électrique sur la galerie de dérivation.

Pour établir un classement des avantages particuliers des sites, sont utilisés les indices "IH" et "IEB" calculés comme pour des aménagements à but unique avec une centrale électrique au pied du barrage, et en principe fonctionnant indépendamment, à part des cas où en amont est situé un aménagement d'une catégorie supérieure, c'est à dire avec la supposition d'une réalisation à plus court délais. Dans le cas des centrales électriques sur les galeries de dérivation on calcule comme complémentaire aussi la caractéristique énergétique de la dérivation "IED". La caractéristique résultant est la caractéristique énergétique d'aménagement "E".

En outre de la comparaison relative des avantages des sites on peut utiliser la caractéristique énergétique calculée pour plusieurs variantes des niveaux de la RN et minimaux de la retenue aussi pour:

- le choix du niveau minimal de la retenue pour un niveau de la RN fixe d'un ouvrage énergétique
- le choix de la combinaison optimale des niveaux de la retenue normale et minimale de l'aménagement à buts multiples avec une certaine régularisation exigée du débit

- l'optimisation du degrés de la régularisation du débit (du volume utile) et du niveau de la RN de l'aménagement hydroénergétique .

3.2. Aménagements pour l'alimentation en eau potable

Pour chaque zone alimentée en eau potable sont établis les coûts des investissements totaux et aussi les frais annuels complexes de la production de l'eau potable. Dans le cas où la source de l'eau brute est une retenue à buts multiples, les frais sont établis en deux variantes:

Variante 1:

avec le remboursement du prix unitaire de l'eau brute consommée.

Variante 2:

avec le remboursement du prix individuel de l'eau brute au montant des frais annuels complexes du barrage respectif.

L'évaluation de l'efficacité du système d'alimentation en eau potable est faite en calculant les frais annuels complexes (c'est à dire: le coût ou le prix de revient) par 10^3 m^3 d'eau potable dans l'année d'horizon.

Pour le calcul de l'indice cité on a appliqué la méthode énoncée dans l'article 7.2.

3.3. Aménagements hydro-agricoles - alimentation en eaux d'irrigations

Pour chaque localité du périmètre à irriguer alimentée de la même source on détermine les coûts des investissements et aussi les frais annuels complexes relatifs à la livraison des eaux d'irrigations jusqu'au lieu destiné. Dans les cas où la source d'eau de surface est une retenue à buts multiples, les frais sont établis en deux variantes.

Variante 1:

avec le remboursement du prix unitaire établi pour les eaux consommées en irrigations.

Variante 2:

avec le remboursement du prix individuel des eaux au montant des frais annuels complexes du barrage respectif.

L'évaluation de l'efficacité du système d'irrigation du périmètre particulier est faite en calculant les frais annuels complexes par m^3 d'eau destinée aux irrigations, cela selon la méthode énoncée dans l'article 7.2. A part de cela on dénombrera l'indice des frais annuels complexes pour un hectare de terre irriguée. En divisant la somme de la valeur de la production agricole annuelle par les frais spécifiques (tous les deux par unité de surface irriguée) on obtiendra l'indice de l'efficacité économique de la réalisation des irrigations de la localité particulière. Celui-ci servira à la classification économique des avantages de l'irrigation des périmètres particuliers, ou bien des localité (subpérimètres) irrigués.

4. DONNEES DE BASE ET LES SUPPOSITIONS POUR L'ESTIMATION DU COÛT DES AMENAGEMENTS

Les dépenses relatives à la construction et l'exploitation d'un aménagement hydraulique sont en principe constituées par le coût de premier investissement et par les frais annuels.

On examinera ces différents éléments du point de vue des conditions particulières des aménagements étudiés et des données disponibles actuellement. Tous les coûts et frais sont donnés en US \$. La parité monétaire prise en compte: 1 US \$ = 4,4 FF ± 20 Syllis.

Vu que les évaluations économiques n'ont pas de caractère d'une étude de factibilité on ne tient pas compte de la différence des frais en monnaie locale et en monnaie étrangère. D'après les projets élaborés à ce jour et les informations recueillies sur place, on peut compter qu'il est possible de financer 20 à 25% des coûts d'investissement en monnaie locale.

4.1. Coût de premier investissement

Les principaux éléments dont il faut tenir compte sont en général:

- a/ le volume des travaux et les quantités des matériaux mis en oeuvre
- b/ les prix unitaires applicables aux travaux et fournitures
- c/ le montant des dépenses secondaires et complémentaires non comprises dans les prix unitaires des opérations.

Au stade actuel de l'étude, les métrés nécessaires pour une estimation quantitative des travaux et des matériaux des aménagements hydrauliques sont établis à partir des croquis aux échelles appropriées pour les opérations les plus importantes, telles que déblais, remblais, bétons, voiles d'injection etc. Les opérations et fournitures moins importantes sont estimées forfaitairement.

Les principaux ouvrages des aménagements pour l'alimentation des villes en eau potable et des eaux d'irrigations sont seulement schématiquement proposés sur la carte à l'échelle de 1 : 50 000, dans certains cas éventuellement même à l'échelle de 1 : 200 000.

Le volume des travaux de terrassement des canaux proposés, éventuellement des bétons, de certains aménagements sur les cours d'eaux, a été déterminé sur la base des suppositions idéales. Le coût de la majorité des autres ouvrages a été déterminé selon leur capacité. Les données de base pour la détermination de ces indices globaux étaient, en règle générale, les indices naturels du volume des principaux travaux de construction pour une unité de capacité (d'après les normes en vigueur en Tchécoslovaquie ou à l'étranger) sur lesquels dans le point suivant ont été appliqués les prix unitaires, en prenant en considération l'étendue des travaux, éventuellement les autres conditions spécifiques.

Les prix unitaires applicables aux différents travaux et fournitures doivent être à un examen particulier. Les raisons en sont nombreuses:

. Il n'y a, tout d'abord, aucun ouvrage réalisé récemment en Guinée dont la taille serait comparable à celle de plupart des aménagements envisagés dans le cadre de ce Projet. Pour certaines opérations prévues on ne trouve pas de précé-

dents en Guinée.

. Le barrage de Banéa et les aménagements de Donkèa, Grandes Chutes et Kinkon ont été réalisés dans des conditions assez différentes de celles que l'on prévoit pour les aménagements étudiés, ce qui empêche d'en tirer les renseignements utiles. En plus, la documentation correspondante paraît être difficilement accessible.

. Les prix unitaires résultant de l'examen des études établies en dernier temps pour le compte du Gouvernement guinéen et mises à la disposition de l'équipe du Projet, varient souvent d'une étude à l'autre dans des proportions trop larges pour qu'on puisse en tirer des conclusions valables.

. Une enquête éventuelle que l'on pourrait tenter de lancer auprès des entreprises spécialisées mènerait à peu près au même résultat. En effet, on devrait s'attendre à des variations des prix dues non seulement aux différentes conditions d'exécution prises en compte, mais aussi aux différences résultant de la stratégie commerciale suivie par les entreprises de construction consultées.

Malgré les réserves exprimées ci-dessus on se servira de toutes les données recueillies sur place pour établir une série de prix, homogène et applicable aux travaux des gros ouvrages prévus dans le cadre de cette étude. En principe, et pour plus d'homogénéité, on tiendra compte surtout de la série des prix unitaires utilisée en 1979 pour l'estimation du coût de l'aménagement de Souapiti^{x/}.

^{x/} Avec l'autorisation du Ministère de l'Énergie et du Konkouré, ces prix ont été communiqués à l'équipe du Projet GUI/74/014 par la Direction des Affaires Extérieures et de la Coopération de l'EDF Paris, le 11 juin 1980.

PRIX UNITAIRES /en US \$ x/ APPLIQUES AUX OUVRAGES HYDRAULIQUES ETUDIÉS EN GUINÉE

x/ Parité monétaire prise en compte: 1 US \$ = 4,4 Frs F = 20 Syllis

Tableau n° 1

Désignation		Unité	BOUREFYA /Sénégal- Consult/ 1969	AMARIA /SICAI/ 1975	KOUKOU- TAMBA /Energie- projekt/ 1976	SOUAPITI /EDF/ 1979	Enguête /entre- prise locale/ 1980	
T r a n s e m e n t e	à l' extérieur	- décapage	m ²	-	-	1,5 - 3,0	1,6	-
		- déblai en terrain meuble	m ³	1,25	2,0	5,0 - 6,0	2,2	5,1
		- déblais rocheux	m ³	-	4,0	7 - 9	6,1	11,4
		• sans explosifs	m ³	-	6,0	12 - 15,6	11,8	37,6
		• avec explosifs	m ³	2,5	15,0	17,0	-	-
	en souterrain	- déblais de galerie	m ³	-	20,0	73 - 104	63,6	-
		- déblais de puits	m ³	-	30,0	-	102,3	-
		- grandes excavations	m ³	-	15,0	-	50,0	-
	Remblais /emprunt et mise en place/	- noyau	m ³	4,2	3,3	13,0	-	21,5
		- filtres	m ³	4,9	12,0	45 - 54	18,4	25,0
- zones de transition /en latérites et tout-venant/		m ³	1,7	2,7	15,0	2,7 - 5,7	20,3	
- enrochements		m ³	2,7	6,0	32,6	13,2	22,5	
Transport des déblais et remblais		m ³ x km	-	-	0,17-0,60	0,06	0,24	
B é t o n s	- de fondation	m ³	-	67,0	134,0	-	240,0	
	- à l' extérieur	m ³	26,0	83,0	-	-	285,0	
	• gros ouvrages	m ³	35,0	155,0	163-204	138,6	340,0	
	• petits ouvrages	m ³	-	160,0	240,0	250,0	-	
	- en souterrain /usine/	m ³	-	-	-	177,3	-	
Coffrage	- plan /à l' extérieur/	m ²	6,5	-	-	53,4	-	
	- en galerie /répétitif/	m ²	-	-	-	45,5	-	
Acier pour B. A.	- à l' extérieur	t	320	1 050	1 120	1 250	1 750	
	- en souterrain	t	-	-	-	1 364	-	
Voile d' étanchéité	- forages pour injection	m ²	-	80,0	160	-	-	
	- injection	m ²	-	-	55	-	-	
	- voile complet /drainage compris/	m ²	7,5	-	330	101	-	

Le tableau N° 1 contient les données recueillies au cours de cette étude. Il permet la comparaison des prix unitaires provenant de différentes sources et qui ont été appliqués aux ouvrages hydrauliques étudiés en Guinée. La série des prix unitaires finalement retenue pour l'estimation du coût des ouvrages actuellement étudiées est portée au tableau N° 3.

A titre de comparaison et pour mieux faire ressortir l'influence du facteur temps sur la hausse des prix, on trouvera ci-après, au tableau N° 2, quelques prix unitaires (en US \$) appliqués aux différents ouvrages hydrauliques réalisés ou étudiés dans des conditions générales d'exécution, certes moins difficiles mais comparables en ce qui concerne la taille des aménagements:

Tableau N° 2

Désignation	France Gréoux 1964	Liban Karaoun 1963 Join 1966	Maroc 1970
Déblais /m ³ /			
-rochers, air libre	1,9 - 3,7	2,8 - 4,6	3,5 - 4,7
-en courte galerie	15,1	8,7	14,8 - 27,7
-en longue galerie	-	10,3 - 14,9	-
Remblais /m ³ /			
/enrochements/	1,6	2,2	2,9
Bétons /m ³ /			
-air libre	21,0 - 27,0	13,8 - 23,1	24,0 - 33,8
-galerie	29,0 - 29,8	15,4 - 23,1	34,5 - 38,1
Coffrages /m ² /			
-plan, air libre	5,9	1,3 - 5,1	8,2
-galerie	9,5	1,3 - 6,4	7,8
Acier pour béton			
/t/	307 - 370	185 - 277	430 - 520

Par rapport aux années soixante, on constate donc une hausse générale des prix de l'ordre de 200 à 300%, ce qui représente une hausse moyenne annuelle des prix d'environ 8%.

Bien que les prix unitaires retenus puissent différer de ceux qui seront effectivement appliqués lors de la construction de l'ouvrage, ils sont assez réalistes pour pouvoir être considérés comme base de comparaison des coûts de différentes variantes d'un même aménagement, ou bien de différents aménagements entre eux. Les coûts ainsi calculés peuvent également être pris en compte pour l'évaluation de rentabilité de l'aménagement à condition, toutefois, que les bénéfices résultant de son exploitation soient établis sur une base financière compatible.

4.2. Définition des prix unitaires

Les prix d'ordre unitaire à appliquer aux ouvrages étudiés dans le cadre de ce Projet sont des prix globaux permettant de faire un devis estimatif rapide et pourtant réaliste en utilisant un nombre limité de postes principaux. Ces prix peuvent donc différer de ceux d'un bordereau de marché.

Pour les ouvrages comprenant un grand nombre d'opérations dont l'importance ne peut pas être identifiée par le calcul des quantités, le coût sera établi en fonction de la quantité dominante de l'ouvrage: volume des bétons, volume des remblais, longueur de la galerie etc., en utilisant les prix d'ordre forfaitaires. Ils seront définis séparément pour chacun des cas étudiés en tenant compte du degré de difficulté d'exécution des travaux.

En plus des dépenses directes de main d'oeuvre, du matériel, et des fournitures, majorées des frais généraux, bénéfiques et taxes, les prix unitaires comprennent généralement les frais suivants:

- . les frais d'installation du chantier et de son dépliement (y compris les cités provisoires)
- . les dépenses pour ouvrages provisoirs de moindre importance (voies de communication à l'intérieur du chantier, échaffaudages etc.). Les ouvrages provisoires importants (par exemple dérivation provisoire) sont chiffrés séparément.

Les différences entre les prix unitaires appliqués aux estimations des coûts de différents projets, comme elles ressortent du tableau N° 1, sont dues surtout aux deux facteurs principaux:

- . les conditions économiques en vigueur à la date de l'élaboration du projet
- . les opérations prises en compte dans le prix envisagé.

Les prix unitaires moyens à appliquer dans le présent projet et reportés au tableau N° 3 sont donc à comprendre comme étant établis:

- . aux conditions économiques de l'année 1980
- . aux conditions d'application définies dans l'article 4.3.

Il est cependant à noter que ces prix unitaires moyens (valables pour les ouvrages d'importance moyenne aux con-

ditions normales) sont susceptibles de modifications, selon le cas envisagé surtout en fonction de la quantité des matériaux mis en oeuvre et des difficultés particulières d'exécution.

Tableau N° 3

Désignation	Unité	Prix unitaire en US \$
-Décapage et préparation du terrain	m ²	1,6
-Déblai		
.en terrain meuble	m ³	3,2
.en terrain compact	m ³	4,0-6,0
.rocheux à l'air libre	m ³	12,0
.en galerie	m ³	60-70
.en puits	m ³	90
-Grandes excavations souterraines	m ³	50
-Remblais		
.tapis étanche	m ³	4,5
.noyau impérméable	m ³	12,0
.filtres	m ³	20,0
.corps du barrage (en latérites)	m ³	6,0
.tout-venant en provenance des fouilles	m ³	2,5
.enrochements de carrière	m ³	14,0
-Bétons		
.massif à l'air libre	m ³	160,0
.armé à l'air libre	m ³	240,0
.souterrain	m ³	280,0
-Voile d'étanchéité	m ²	100-280
-Forages pour injection	m'	40-60
-Produit injecté	t	500
-Drains	m'	100

Parité monétaire prise en compte: 1 US \$ = 4,4 FF = 20 Syllis

4.3. Conditions d'application des prix

4.3.1. Série des terrassements

- Déblais

Tous les déblais sont payés au mètre cube de terrain en place mesuré avant terrassement. Les prix comprennent la main d'oeuvre et l'installation, les déplacements, le repliement définitif, le fonctionnement et l'usure du matériel nécessaire à l'extraction, le transport et le déchargement, en des lieux agréés, des matériaux déblayés ainsi que toutes sujétions dues notamment à l'emploi éventuel d'explosifs ou à la présence d'eau.

Décapage et préparation du terrain; s'applique aux travaux préparatoires tels que déboisement, débroussaillage enlèvement des troncs d'arbres, des racines et de la couche végétale, élimination des aspérités rocheuses etc. qui précèdent la mise en place des remblais ou toute autre activité de construction. Le prix est établi en supposant que l'épaisseur de la couche de découverte est égale ou inférieure à 0,5 m.

Déblais en terrain meuble et compact; s'applique aux terrassements en terrains ne nécessitant pas l'emploi du matériel spécial ou d'explosifs. On utilisera ces prix également pour l'extraction et la mise en décharge des matériaux de construction impropres à mise en oeuvre.

Déblais rocheux à l'air libre; rémunère les fouilles dans les dolérites, la carapace latéritique, grès, quartzites, schistes résistants et autres roches nécessitant l'emploi systématique d'explosifs. On tiendra compte du volume to-

tal des travaux d'un lot et des facilités d'accès. Le prix comprend l'extraction, le chargement, le transport jusqu'à une distance ne dépassant pas 1 km et la mise en décharge ou en dépôts des matériaux déblayés.

Déblai en galerie; concerne les terrassements souterrains en galeries peu inclinées. Sont compris dans ce prix: l'extraction, le marinage, le transport aux décharges et les sujétions dues à la présence de soutènements, de venues d'eau normales, de ventilation etc. Les prix varient en fonction de la section théorique d'excavation et de la longueur de la galerie.

Déblai en puits; s'applique aux dérochements verticaux effectués en souterrain. On tiendra compte du diamètre théorique d'excavation et de la profondeur du puits en supposant un marinage naturel vers le bas.

- Remblais

Tous les remblais sont payés au mètre cube en place après compactage. Le prix comprend la préparation de la zone d'emprunt (l'ouverture et l'exploitation de la carrière), le chargement, le transport jusqu'à une distance de 3 km, le déchargement et la mise en place des matériaux y compris toutes sujétions dues au régilage et compactage des matériaux et au régilage des talus du remblai.

Remblai du noyau impérméable. Le prix tient compte des conditions de transport depuis la zone d'emprunt des argiles ou autres matériaux étanches située à proximité du site jusqu'au lieu de la mise en place dans la digue. Il comprend également les sujétions dues à la modification éventuelle de l'humidité du matériau utilisé.

Mise en place des filtres. Ce prix s'applique à des matériaux de qualité choisie et de granulométrie classée obtenue par le concassage et le criblage des alluvions de rivière ou de tout autre matériau rocheux convenable. Le prix tient compte des conditions particulières de mise en place et de compactage soigné.

Remblais du corps du barrage en matériaux latéritiques ou rocheux en provenance des ballastières ou carrières ouvertes exprès pour la desserte du chantier. Le prix peut varier suivant la distance de transport entre le lieu d'emprunt et le barrage, la cadence journalière de mise en place, le mode et l'intensité de compactage et les sujétions dues à l'arrosage du matériau compacté.

Remblai en tout-venant en provenance des fouilles. Le prix tient compte de la réutilisation des matériaux dont l'extraction a été déjà calculée sous le poste "déblais".

4.3.2. Série des bétons

Tous les bétons sont payés au mètre cube mis en place dans des conditions requises. Les prix comprennent la location du matériel de préparation et de mise en place du béton et la fourniture des granulats, des ciments et d'adjuvants éventuels. Ils comprennent également le coffrage, la fourniture et la mise en place des aciers de ferrailage en quantité moyenne correspondante au type de la structure envisagée. Ils tiennent compte aussi des conditions particulières ayant trait à la présence des armatures, ou finissage des surfaces et, le cas échéant, des conditions de l'exécution en souterrain.

Béton de masse à l'air libre. Ce prix s'applique aux bétons des ouvrages massifs tels que murs de soutènement, barrages - poids, ou barrages - poids évidés, radiers, seuils déversant etc.

On suppose un béton moyen, pondéré, dont les caractéristiques sont les suivantes:

- granulats classés en 4 catégorie, diamètre max. 125 mm provenant du concassage, criblage et lavage des matériaux pierreux de carrière,
- coffrage d'une surface moyenne de $0,5 \text{ m}^2/\text{m}^3$
- dosage en ciment de $250 \text{ kg}/\text{m}^3$
- ferrailage à raison de $20 \text{ kg}/\text{m}^3$
- fabrication sur place, mise en place mécanique et traitement par pervibrateurs pneumatiques.

Béton armé à l'air libre. Il s'applique aux structures plus subtiles, fortement sollicitées et, par conséquent, mieux armées. Le prix comprend la fourniture à pied d'oeuvre du métal en barres, le façonnage aux formes indiquées, la mise en place et les sujétions dues aux chutes, pertes et ligatures des aciers, aussi bien que celles de bétonnage proprement dit.

Les caractéristiques moyennes supposées sont les suivantes:

- coffrage: 2 m^2 par 1 m^3 du béton
- ciment: $350 \text{ kg}/\text{m}^3$
- ferrailage: $80 \text{ kg}/\text{m}^3$

Béton en souterrain. Ce prix s'applique à tous les revêtements des excavations souterraines (galeries, puits, usines etc.). Il tient compte de l'utilisation répétitive du coffrage glissant, mais aussi des sujétions propres aux travaux en souterrain (venues d'eau limitées, injections de clavage, présence des soutènements etc.). Il varie en fonction des difficultés de la mise en place du béton, surtout avec la section libre d'excavation.

4.3.3. Série des divers

Voile d'étanchéité. Le prix représente une estimation forfaitaire du coût d'un m² de voile imperméable exécuté dans le sous-sol d'un ouvrage de retenue au moyen de forages injectés ou en faisant l'usage de toute autre technique équivalente.

Le prix couvre les frais d'installation et de repliement, l'exécution des forages et des injections (comprenant notamment l'exploitation des appareils et leur usure, les frais de fonctionnement, la préparation et la mise en oeuvre des matériaux injectés, l'énergie nécessaire au fonctionnement des appareils etc.), les essais et contrôles divers, la réalisation des forages de drainage et l'exécution des injections de liaison béton-rocher.

Le prix peut varier surtout en fonction:

- de la profondeur du voile (allant de 20 à 40 m en moyenne),
- de l'espacement moyen entre forages d'injection (de 4 à 1,5 m),

- de l'absorption moyenne du coulis par mètre linéaire de forage (limites supposées: 50 à 600 kg/m).

Le prix ne comprend pas l'exécution des galeries de traitement, de drainage ou de contrôle.

Forages pour injection. Le prix s'applique à l'exécution des trous de forage pour un voile d'étanchéité. Il peut être utilisé dans le cas où une meilleure connaissance des conditions géologiques du sous-sol d'un ouvrage permet de déterminer avec plus de précision la constitution de l'écran souterrain étanche. Le prix variera en fonction de la profondeur des forages et de la nature des fondations.

Produit injecté. Le prix couvre la fourniture et la mise en place du coulis constitué en principe du ciment surmoulu, de l'argile ou de la bentonite et des additifs éventuels. Le prix s'applique à la tonne du produit effectivement injecté (pour autant que l'on évite les pertes par résurgences) et comprend toutes sujétions de matériel et d'exécution. Il est applicable dans les cas spécifiés ci-dessus.

4.4. Conditions d'exécution des travaux

Les contraintes qui feront aboutir les décisions à faire sur le type des ouvrages et le mode de leur exécution relèvent principalement de l'encadrement naturel, économique et social dans lequel les travaux de construction doivent être exécutés.

Il faut surtout tenir compte des conditions climatiques qui règnent sur l'ensemble du territoire intéressé. En effet, elles n'admettent un plein développement des travaux que pendant la période sèche du 1^{er} octobre au 31 mai. Cette période compte, en moyenne, 170 jours, pendant lesquels les terres peuvent être mises en remblai. Pour la mise en place des bétons, l'exécution du voile d'étanchéité à l'air libre etc., on peut prévoir une durée plus prolongée de la saison de construction, mais en revanche, les soins particuliers sont requis, surtout pour les bétons frais. Les travaux en souterrain sont pratiquement indépendants des conditions climatiques extérieures.

Une autre circonstance à prendre en considération constitue le degré de développement des industries locales susceptibles d'approvisionner les chantiers de barrage en produits et matériel nécessaires à la construction, à la date prévue de réalisation.

Il est vrai, en effet, qu'à l'époque actuelle, la demande en ciment et autres produits et matériel de construction ainsi qu'en appareillage et équipements mécanique et électrique des aménagements ne peut être satisfaite à partir des ressources locales. Aussi est-on conduit à préférer les solutions n'exigeant que le minimum de fournitures extérieures, tout au moins pour les réalisations les plus proches.

Cette situation peut cependant aller en s'améliorant au fur et à mesure que l'équipement et la production industrielle du pays connaîtront un développement progressif. On pourra donc se permettre d'envisager même des réalisations plus exigeantes et plus complexes pour un avenir lointain.

Les mêmes observations peuvent être exprimées quant à la disponibilité et la qualification de la main d'oeuvre locale.