

Min
279

PROGRAMME DES NATIONS UNIES
POUR LE DEVELOPPEMENT

F. A. O.

الجمهورية اللبنانية
مكتب وزير الدولة لشؤون التنمية الإدارية
مركز مشاريع ودراسات القطاع العام

REPUBLIQUE LIBANAISE
MINISTRE DES RESSOURCES
HYDRAULIQUES ET ELECTRIQUES



PROJET DE DEVELOPPEMENT HYDRO-AGRICOLE

République Libanaise
Bureau du Ministre d'Etat pour la Réforme Administrative
Centre des projets et des Etudes sur le Secteur Public
(C.P.E.S.P.)

PLANIFICATION HYDRAULIQUE DU LIBAN-NORD

BARRAGE DE QARQAF

(Sur Ouadi El Haour)

PROGRAMME DES NATIONS UNIES
POUR LE DEVELOPPEMENT

F.A.O.

REPUBLIQUE LIBANAISE
MINISTERE DES RESSOURCES
HYDRAULIQUES ET ELECTRIQUES

PROJET DE DEVELOPPEMENT HYDRO-AGRICOLE

PLANIFICATION HYDRAULIQUE DU LIBAN-NORD.

BARRAGE DE QARQAF
sur le Ouadi El Haour

PIECES ECRITES.

- 01 : RAPPORT
- 02 : AVANT-METRE
- 03 : ESTIMATION DES COUTS

GC-04

Beyrouth, Janvier 1972

PROGRAMME DES NATIONS UNIES
POUR LE DEVELOPPEMENT

F.A.O.

REPUBLIQUE LIBANAISE
MINISTERE DES RESSOURCES
HYDRAULIQUES ET ELECTRIQUES

PROJET DE DEVELOPPEMENT HYDRO-AGRICOLE

PLANIFICATION HYDRAULIQUE DU LIBAN-NORD.

BARRAGE DE QARQAF
sur le Ouadi El Haour

RAPPORT

GC 04
Pièce 01

Beyrouth. Janvier 1972

RESUME

Le site de barrage de Qarqaf se trouve à 2.500 mètres au nord-ouest de Berqayel dans le caza d'Akkar sur le Ouadi El Haour.

Un réservoir de 20 Mm³ de capacité sera formé derrière une digue en enrochements de 72 m de hauteur à noyau imperméable.

La retenue est entaillée dans les formations pliocènes (alternances de marnes, de calcaires et de conglomérats), l'étanchéité de la cuvette est garantie.

Les ouvrages annexes sont étudiés dans le présent dossier, notamment : la vidange de fond, l'ouvrage de prise et deux variantes d'évacuateurs de crues, une souterraine, l'autre de surface .

Les apports de l'Ouadi El Haour sont nettement insuffisants, une adduction en eau à partir du Nahr AARQA vers la retenue est déjà prévue par deux moyens différents: le premier étant par une galerie suivie d'un canal et d'un siphon superficiel, le second par une conduite et des siphons superficiels.

Le coût de la digue, des ouvrages annexes (variante évacuateur souterrain) et de l'adduction par galerie (qui sont les moins onéreux) chiffré sur la base d'une série de prix courants au Liban, en France et au Maroc, s'élève à 35,1 millions de livres libanaises.

ABSTRACT

The proposed warqaf storage dam is situated on the Ouadi (river) El Haour, about 2.500 meter north-west of Bergayel in the district of Akkar.

This site is suitable to construct a 72 m high rockfill dam with an impervious core. The storage capacity will be about 20 millions cubic meter.

The reservoir's geological formation is a pliocene (marnes, chalks and conglomerates), which assures its impermeability.

The following structures have been studied in this report; bottom outlet, outlet works, underground spillway and a surface spillway (variant).

The discharges of the Ouadi El Haour are insufficient to fill the reservoir. Therefore, a diversion system on the Nahr Aarqa has been studied in two variants being either a tunnel in combination with an open canal and a siphon or a pipe line plus siphons.

The construction cost of the dam and related structures variant underground spillway, the tunnel in combination with an open canal and a siphons (which are most economical) has been calculated on the base of the current prices in Lebanon, France and Morocco. A total of 35,1 millions Lebanese Pounds has been estimated.

BARRAGE DE QARQAF

SOMMAIRE

	<u>Page</u>
1 - Avant-propos	2
2 - Etudes antérieures	4
01/1 - Plan d'orientation	5
3 - Vue général sur le projet actuel	6
4 - Données de base	7
4.1 - Situation géographique	7
4.2 - Topographie	8
4.3 - Géologie	9
4.4 - Hydrologie	10
4.5 - Seismicité du site /	12
5 - Caractéristiques del'aménagement	13
01/2 - Coupe caractéristique de la digue	17
6 - Conception des ouvrages	18
6.1 - Barrage	18
6.2 - Organes d'étanchéité	19
6.3 - Dérivation provisoire	20
6.4 - Vidange de fond	21
6.5 - Prise d'eau	22
6.6 - Evacuateur des crues	23
6.6.1 - Variante évacuateur de crues souterrain	24
6.6.2 - Variante évacuateur de crues de surface	25
7 - Ouvrages d'adduction d'eau vers la retenue	26
7.1 - Barrage de prise	27
7.2 - Ouvrages d'adduction d'eau à partir de Nahr Aarqa	28
7.2.1 - Adduction superficielle	28
7.2.2 - Adduction mixte (souterrainne-superficielle)	30
7.3 - Ouvrages d'adduction à partir de Nahr El Bared	30
8 - Estimation des coûts -résumé	32
9 - Conclusions	33
10- Documents utilisés	34

1 - AVANT - PROPOS

Le Projet de Développement Hydro-Agricole a été créé avec le concours du Programme des Nations-Unies pour le Développement (PNUD) et de l'Organisation des Nations-Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO).

Le Projet a été déclaré opérationnel en mars 1969, date qui marque le début officiel des travaux. Il est rattaché à la Direction Générale de l'Equipement du Ministère des Ressources Hydrauliques et Electriques.

Les objectifs assignés au Projet sont les suivants :

- 1) Investigations complémentaires (Hydrologie, Hydrogéologie, Pédologie)
- 2) Planification hydraulique du Nord du Liban.
- 3) Etude de factibilité pour l'irrigation de la plaine d'Akkar (10.000 ha environ) .
- 4) Projet et exécution d'un secteur pilote de 300 ha.
- 5) Participation à l'exécution d'un périmètre de 800 ha.
- 6) Expérimentation et démonstrations hydro-agricoles.
- 7) Etudes hydrogéologiques particulières.
- 8) Organisation et législation pour l'utilisation des eaux.
- 9) Démarrage d'une planification nationale de l'utilisation des eaux.

../.

A la date d'édition du présent dossier, les principaux collaborateurs du Projet (Ingénieurs ou assimilés) sont les suivants :

	Experts de la F.A.O.	Ingénieurs du Gouvernement libanais et de contrepartie
Direction	MM. J. P. Villaret	MM. N. Nahas
Agronomie	A. Marasovic C. Petersen	S. Bitar
Hydrologie	J.H. Visser A. Servais	C. Arab N. Naja
Génie Civil	J. Soltes M. Bos	A. Atallah
Hydrogéologie	G. Chapond A. Guerre	G. Makhoul
Irrigation	M. Mesny E. Kramer	S. Sibai A. Mikati
Economie des exploitations	U. Grieb	
Economie générale	A. Odeurs M. Bral	G. Panayoti
Législation des eaux		A. Wakim

Le présent rapport entre dans le cadre des études de Planification Hydraulique du Liban Nord (Objectif N° 2 du Projet) et constitue, dans ce cadre, la quatrième publication du Projet dans le domaine du Génie Civil. Il reste susceptible de révisions en fonction des résultats ultérieurs obtenus par le Projet.

Ce rapport a été plus particulièrement préparé par A. Atallah.

2 - ETUDES ANTERIEURES

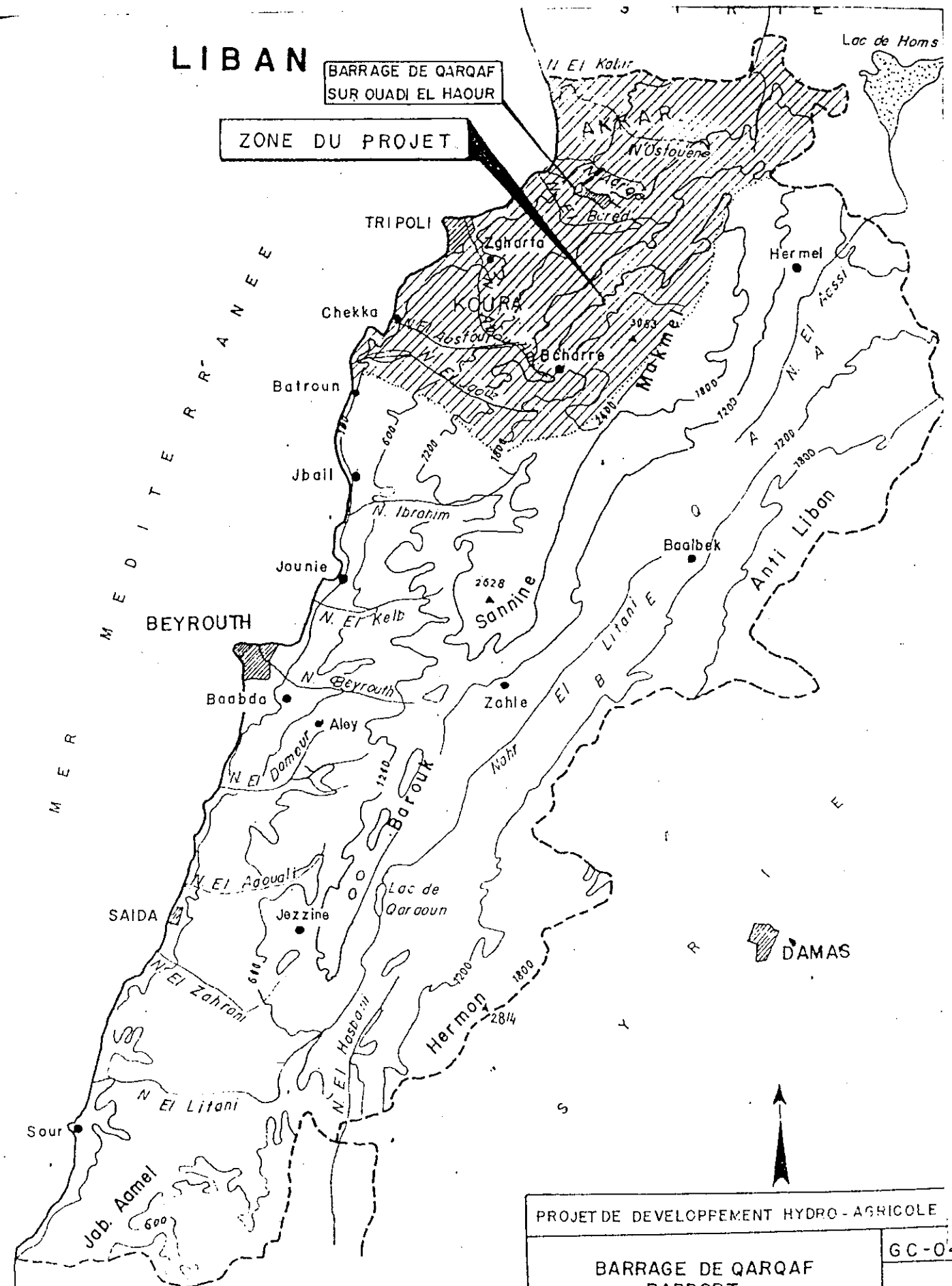
Dans le cadre des activités du département de Génie Civil du Projet de Développement Hydro-Agricole, il a été décidé de procéder à une prospection systématique des sites de barrages dans le Liban Nord, elle a été faite entre le 27 Juin et le 11 Juillet 1970 par M. Petiteville consultant du Projet et les ingénieurs du département. Cette prospection fera l'objet d'un rapport de mission de M. Petiteville et d'une édition de synthèse plus détaillée par le Projet. A la lumière de cette prospection l'étude de quelques sites de barrages s'est avérée intéressante, entre autres celle du barrage de Warqaf sur le Ouadi El Haour qui présente des avantages remarquables. géologie simple, étanchéité assurée, et petit bassin versant ne posant pas de problèmes d'envasement et d'évacuation de crues, mais le remplissage de la retenue n'est possible que par dérivation des eaux d'un autre fleuve voisin vers la retenue.

En mars 1971, le site a été l'objet d'un examen de la part des consultants du projet MM. Barge et Petiteville. Le principal but de leur mission était la définition des travaux de reconnaissance à effectuer, et faire des observations relatives à l'étude des ouvrages de Génie Civil.

LIBAN

BARRAGE DE QARQAF
SUR OUADI EL HAOUR

ZONE DU PROJET



PROJET DE DEVELOPPEMENT HYDRO-AGRICOLE

BARRAGE DE QARQAF
RAPPORT
PLAN D'ORIENTATION

GC-04

01/1

3 - VUE GENERALE SUR LE PROJET ACTUEL

Le Ouadi El Haour sur lequel se trouve le site de barrage de Qarqaf est un affluent du Nahr el Jamous. Le débit moyen annuel écoulé dans le bassin versant de cet Ouadi, au droit de l'aménagement de Qarqaf est nettement insuffisant pour remplir la retenue, d'où la nécessité d'alimenter cette retenue par les eaux du Nahr Aarqa, ou celles du Nahr El Bared.

Le réservoir de Qarqaf servira en tant qu'une solution possible pour irriguer des nouveaux périmètres dans l'Akkar, dans le cadre des études menées par le projet, Si une autre possibilité d'irrigation de ces périmètres s'avère plus avantageuse, le présent aménagement pourrait servir dans le futur pour faire face aux besoins domestiques, industriels, agricoles croissants de la région.

Cette étude vise à estimer le coût de ce barrage comprenant plusieurs variantes de dérivation des eaux vers la retenue et deux variantes pour l'évacuation des eaux de crues, et à comparer cet ouvrage avec les autres ouvrages d'accumulations superficielles possibles, pour desservir les terres à mettre en valeur dans l'Akkar, en prenant en considération les deux facteurs économique et hydrologique.

On définit dans ce dossier les grandes lignes d'une solution adaptée aux conditions naturelles du site telles qu'elles sont connues à présent .

4 - DONNEES DE BASE

Tous les éléments nécessaires pour établir un avant projet sont disponibles pour cette étude, ce dossier constitue une base solide pour l'établissement d'un avant projet détaillé, on estime que les nouvelles précisions qui seront apportées à cette étude ne changeront pas de beaucoup la conception technique de la digue et des ouvrages annexes.

Les données de base qui sont à l'origine de l'établissement de ce dossier sont les suivantes :

- 1) Topographie : un levé du site de barrage au 1/1000 ème, un autre de la retenue au 1/5000 ème.
- 2) Géologie : un levé géologique de surface du site du barrage au 1/2000 ème, un autre de la retenue au 1/20.000 ème, des sondages et des puits de reconnaissance.
- 3) Hydrologie : une étude de débit et de crues au droit du barrage et des ouvrages de dérivation des eaux vers la retenue.

Les résultats des études géologiques et hydrologiques, font l'objet de rapports indépendants, du présent dossier.

4.1 - Situation géographique

Le site de Qarqaf sur le Ouadi El Haour se trouve à 2500 m au Nord-Ouest de la ville de Berqâyel dans le caza d'Akkar, la retenue transformera le village de Qarqaf en une presqu'île.

L'axe du barrage qui est un segment de droite est défini par les deux points dont les coordonnées stéréographiques sont :

$$X_1 = - 287,300$$

$$Y_1 = 37,370$$

$$X_2 = - 286,980$$

$$Y_2 = 37,315$$

L'intersection de l'axe du barrage avec le lit de la rivière est déterminée par le point dont les coordonnées Lambert sont les suivantes :

$$X = 178,100$$

$$Y = 283,830$$

Le fond du cours d'eau du Ouadi El Haour dans l'axe du barrage se trouve à la cote $Z = 134,62$

Pour accéder au site, il sera possible d'aménager sur la route de Mafraq Abou Zghif-Berqâyel à l'endroit de Jabal Hdoûm, une piste adjacente de 850 m de longueur qui mènera à la crête du barrage, arasée à la cote 206, cette même piste, sera prolongée au delà de la crête du barrage pour rejoindre une deuxième piste existante sur la rive droite de Ouadi El Haour, qui assurera l'accès à la chambre des vannes de la vidange de fond placée sous la digue, par l'intermédiaire d'une risberme aval arasée à la cote 145.

4. 2 - Topographie.

Une première étude, visait à implanter l'axe de la digue le plus à l'aval, à 80 m environ à l'aval de l'axe projeté dans l'étude présente, mais l'examen de lieux et les puits de reconnaissances ont montrés, la présence d'une couverture de matériaux meublés à l'emplacement du pied aval de la digue et de la tête aval de la dérivation provisoire, implantée en rive gauche de l'ouvrage précédemment projeté.

La vallée présente, une coupe transversale triangulaire constante entre l'ancien et l'actuel axe projeté, il semblerait donc souhaitable pour bénéficier de meilleures conditions, d'adopter la nouvelle implantation qui fait l'objet de cette étude.

La pente des appuis étant douce, donne une impression visuelle de grande distance entre les deux versants, pourtant la distance entre les deux appuis, à la cote 206 niveau de la crête du barrage ne dépasse pas 325 m.

La retenue de Qarqaf aura une longueur de 2500 m et une largeur moyenne de 450 m, sa particularité c'est que la majorité du volume d'eau stockable, se trouvera dans la queue de la retenue où la vallée disparaît et apparaît un large évasement planté d'oliviers.

La limitation de la hauteur du plan d'eau est imposée dans le but, de ne pas toucher les maisons du village de Qarqaf.

4.3 - Géologie.

L'étude géologique du site de barrage de Qarqaf, fait l'objet rapport HG - 25 édité par le département d'Hydrogéologie du Projet; les données sont les suivantes :

4.3.1 - Géologie du site :

Du fait de la structure sub-tabulaire, les profils lithologiques des deux rives sont très voisins et concernant exclusivement les formations du Néogène continental. Des encroûtements irréguliers et un recouvrement peu épais de formation de pente masquent souvent la roche en place; cependant la mise à nue du bedrock dans la tranchée de décapage rive droite ainsi que les sondages de reconnaissance ont permis d'adopter pour le lever de la carte géologique une subdivision basée sur des critères lithologiques définissant des bancs plus compacts et généralement encroûtés de calcaires marneux et de micro-conglomérats à matrice marneuse séparés par des formations à dominance argilo-caillouteuse.

Les colluvions de bas-versant ont une épaisseur irrégulière, au niveau du site cette épaisseur est comprise entre quelques mètres et une dizaine de mètres au maximum, car la roche en place affleure en de nombreux secteurs du lit actuel de la rivière. Ces colluvions correspondent donc au remblaiement d'une ancienne vallée dont le lit se trouvait quelques mètres au-dessus du cours actuel.

Le site se trouve sur le flanc nord d'un synclinal très doux d'axe SW-NE et les couches y présentent un pendage amont de quelques degrés seulement.

4.3.1 - Géologie de la retenue.

Elle est entièrement développée sur les formations néogènes dont la nature lithologique est celle décrite au site. La queue de la retenue baignera une petite dépression tapissée de sols argileux rouges quaternaires.

Le lever de la carte géologiques au 1/20.000 a montré qu'il n'y avait pas de complications particulières du point de vue tectonique, seulement quelques ondulations orientées SW-NE dans une zone sub-tabulaire.

Aucune faille importante ne recoupe la retenue.

La constitution d'une retenue à Qarqaf est donc réalisable.

4.4 - Hydrologie.

La superficie du bassin versant de l'Ouadi El Haour à l'emplacement du site choisi étant égale à 12,7 km², le point le plus haut dans ce bassin versant se trouve à la cote 650.

Les eaux qui s'écoulent à travers cet Ouadi sont dues aux pluies tombées durant les mois humides.

L'étude hydrologique est faite par le département d'hydrologie du projet, elle consiste à déterminer les apports moyens annuels et les débits des crues au droit du site de Qarqaf.

4.4.1 - Apports moyens annuels

Aucune mesure de débit n'est faite sur le Ouadi El Haour de même aucune station pluviométrique n'existe dans ce bassin versant, pour pouvoir estimer les apports moyens annuels, on a établi une série générée sur 50 ans pour le fleuve Aarqa (à Halba Hakour) voisin de Ouadi El Haour, où il existe une station de jaugeage (Halba Hakour) et des stations pluviométriques.

La méthode dite (Bernier) : génération des séries longues de débits pluies et températures donne les valeurs suivantes :

Apports moyens mensuels pour une série générée sur 50 ans à la station Halba Hakour sur Nahr Aarqa en Mm ³					
Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril
1,48	2,50	4,6	4,24	4,48	3,44
Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre
3,12	2,09	1,94	1,87	1,65	1,97

La superficie du bassin versant de Nahr Aarqa à Halba Hakour étant 96 km², tandis que la superficie du bassin versant de Ouadi El Haour étant 12,7 km², on peut déduire le rapport de correction

$$\frac{12,7}{96} = 0,132$$

Les pluies sont rares entre Avril et Octobre; les sources 1^o Ouadi El Haour ont de faibles débits; on peut admettre donc que le débit moyen entre Avril et Octobre est pratiquement nul.

En multipliant les valeurs d'apports moyens mensuels sur Aarqa mentionnés dans le tableau précédent entre Novembre et Mars on peut conclure le volume du débit moyen mensuel sur Ouadi El Haour.

Apports moyens mensuels pour une série générée sur 50 ans à Qarqaf sur Ouadi El Haour en Mm ³					
Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril
0,196	0,330	0,608	0,560	0,592	0,454
Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre
0	0	0	0	0	0
Apports moyens annuels 2,74 Mm ³					

Les apports moyens annuels de Ouadi El Haour sont nettement insuffisants pour remplir la retenue de Qarqaf 20 Mm³; une dérivation des eaux de Nahr Aarqa ou celle du Nahr El Bared s'imposera pour ce remplissage.

4.4.2 - Crues.

L'étude des crues de Ouadi El Haour fait partie d'un rapport du projet intitulé "Etude des crues des fleuves du Liban Nord " - A E 06 -; le tableau 40 de ce rapport donne les valeurs suivantes:

Site de Qarqaf sur Ouadi El Haour B.V. = 12,7 km ²	DEBIT DE CRUE POUR LES PERIODES DE RETOUR			
	T = 10 ans	T = 100 ans	T = 1000 ans	T = 10000 ans
	50 m ³ /s	70 m ³ /s	90 m ³ /s	100 m ³ /s

pour le dimensionnement de l'évacuateur de crues on adopte la crue décennaire 100 m³/s, c'est à dire 7,9 m³/s/km², valeur confortable pour les petits bassins versants et pour un barrage ayant une tranche de laminage de 2,5 m de hauteur.

4.5 - Seismicité du site :

La zone d'implantation du barrage de Qarqaf se situe entre les courbes d'intensité de 3° à 4° de l'échelle internationale Mercalli à 12° d'intensité (carte isosismique établie par l'office National du Litani en 1968). Il n'y a pas à craindre des secousses exceptionnelles qui pourraient compromettre la stabilité de l'ouvrage.

5 - CARACTERISTIQUES DE L'AMENAGEMENT

L'aménagement de l'Ouadi El Haour comprendra les ouvrages suivants :

I - Ouvrages sur Ouadi El Haour

- Une digue en enrochements à noyau central étanche de 71,5 m de hauteur.
- La dérivation provisoire, comprenant un batardeau arasé à la cote 155,00 et une galerie creusée dans le flanc gauche de la vallée.
- La vidange de fond, comprenant la chambre de manoeuvre de vannes, aménagée au-dessus de la galerie de la dérivation provisoire et une galerie d'aération et d'accès à la chambre de manoeuvre des vannes.
- La prise d'eau, aménagée dans la chambre de manoeuvre des vannes de la vidange de fond, constituée par une grille placée au-dessous de cette chambre et une vanne de garde encastrée entre les servo-moteurs de vannes de la vidange de fond; l'eau prélevée sera acheminée par une conduite métallique dans la galerie d'aération et d'accès à la chambre de manoeuvre des vannes de la vidange de fond.
- Evacuateur de crues :
Deux possibilités se présentent pour évacuer les eaux de crues vers un vallon latéral
 - 1) évacuateur de crues souterrain : constitué par un seuil deversant frontal libre, un coursier collecteur, une galerie et un coursier divergeant.
 - 2) évacuateur de crues de surface : constitué par un seuil deversant frontal libre et un coursier collecteur.

II - Ouvrages de dérivation des eaux vers la retenue de Qarqaf:

Plusieurs possibilités se présentent pour remplir le réservoir

Solution 1 : Amener toutes les eaux du Nahr Aarqa, à l'emplacement du barrage de prise pendant les mois humides (entre Novembre et Mars) et les eaux accédataires aux irrigations existantes à l'aval de cet ouvrage de prise pendant les mois secs (entre Avril et Octobre), vers la retenue de Qarqaf.

1ère variante : Un barrage de prise sur le Nahr Aarqa dérivera les eaux par une conduite en amiante-ciment de un mètre de diamètre et de 9250 m de longueur épousant le terrain naturel, de trois ouvrages de traversée en siphons; cette conduite se terminera par une galerie de 250 m de longueur qui versera l'eau dans la retenue moyennant un canal à ciel ouvert arrivant jusqu'au fond de la retenue.

2ème variante : Le barrage de prise de la 1ère variante étant le même, on remplacera la conduite par une galerie rectiligne de 3600 m de longueur, prolongée par un canal s'appuyant sur le terrain naturel, un ouvrage de traversée en siphon et une courte galerie qui se terminera par un canal à ciel ouvert versant au fond de la retenue.

Solution 2 : A l'aval du barrage de Nahr El Moussa qui accumule les eaux des Nahr El Bared et El Moussa turbinables par la centrale hydro-électrique Bared II; on pourrait dériver les eaux de ces deux fleuves, mais pour pouvoir remplir la retenue de Qarqaf les intérêts de l'usine et la production de l'énergie électrique seront touchés, pour cette raison cette solution est seulement mentionnée.

1ère variante : On derivera les eaux accumulées derrière le barrage de prise, par une conduite en amiante-ciment de 5100 m de longueur et une galerie de 1150 m de longueur.

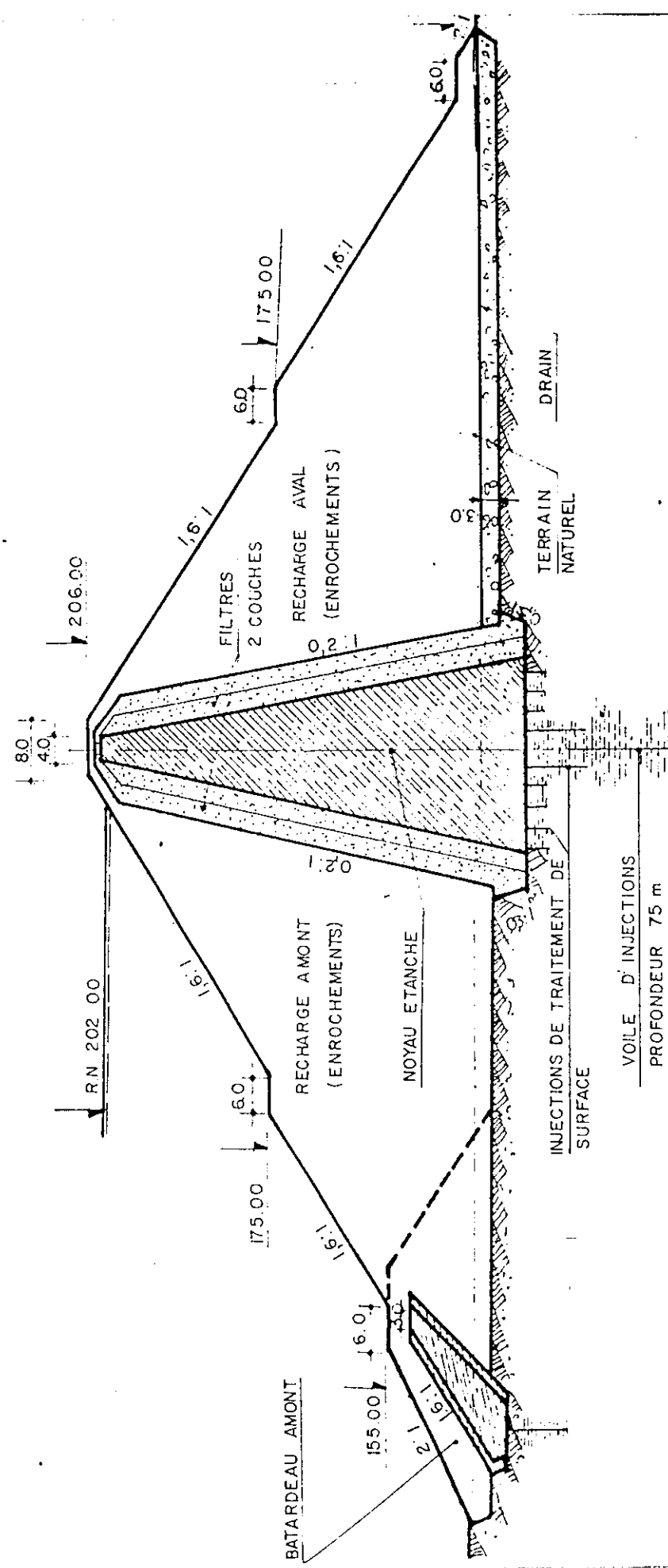
2ème variante : A partir de ce même barrage de prise sur El Bared, on amenera l'eau par une galerie de 3600 m de longueur, qui débouchera dans le Ouadi Houssain qui acheminera cette eau dans la queue de la retenue.

CARACTERISTIQUES DE L'AMENAGEMENT DE QARQAF

Retenue	Cote de la retenue normale (R.N)	202,00	
	Cote des plus hautes eaux (P.H.E)	204,50	
	Cote de la retenue minimale	150,00	
	Volume total (Mm3)	20,130	
	Volume utile (Mm3)	20,000	
	Tranche morte (Mm3)	0,130	
	Surface submergée sous la R.N (ha)	108,5	
Barrage	Cote du couronnement	206,00	
	Hauteur hors sol (m)	71,80	
	Longueur en crête (m)	323,00	
	Volume des remblais (m3)	1455.000	
	Surface du voile d'étanchéité (m2)	58 500	
Ouvrages Annexes	Type de l'évacuateur de crues	de surface (variante)	souter- rain (variante)
	Capacité de l'évacuateur de crues sous P.H.E. (m3/s)	(100)	(100)
	Capacité de la vidange de fond sous la retenue normale (m3/s)	(90)	
	Capacité de la dérivation provisoire (m3/s)	(130)	
	Capacité de la prise d'eau (m3/s)	(3,75)	

COUPE CARACTERISTIQUE DE LA DIGUE

ECH. 1:1000



PROJET DE DEVELOPPEMENT HYDRO - AGRIC	
BARRAGE DE QARQAF	GC
RAPPORT	
COUPE CARACTERISTIQUE DE LA	O
DIGUE	
Date:	Echelle:
N°	

6 - CONCEPTION DES OUVRAGES

6.1 - Barrage (Enrochements à noyau central imperméable) (Plan N° 07)

La nature du terrain et les matériaux disponibles sur place, sont à l'origine du choix du type de l'ouvrage.

Les colluvions de bas-versant, ont une épaisseur irrégulière et correspondent au remblaiement d'une ancienne vallée, dont le lit se trouvait quelques mètres au-dessous du cours actuel; les colluvions seront décapés pour poser le corps du barrage sur le terrain en place.

Des enrochements de bonne qualité; calcaires massifs et dolomies compactes du cénomano-turonien se trouvent à environ 3 km du site, au-dessus du village de Berqayel.

Les terres à noyau, se trouvent en quantité et qualité suffisantes dans les sols rouges quaternaires qui tapissent les petites dépressions près de Qarqaf, en particulier dans celle qui recouvre la queue de la retenue.

Les filtres et les drains, proviendront du concassage des calcaires du Cénomano-Truronien.

Le noyau central imperméable qui formera l'élément étanche du barrage sera arasé à la cote 203,0 il aura un fruit égal à 0,2/1.

Les filtres formés de deux couches ayant une épaisseur constante de six mètres, encadreront le noyau imperméable.

Un drain aval de trois mètres d'épaisseur, rabattra la ligne de saturation et drainera les fondations de la recharge aval.

Les enrochements de carrière recouvriront les filtres et formeront les recharges amont et aval de la digue qui aura huit mètres de largeur en crête et des pentes de talus égales à 1,6/1, 1,6/1, 2/1; chaque désignation de talus est soulignée par une risberme de six mètres de largeur.

La digue arasée à la côte 206,0 aura une hauteur de soixante et onze mètres de hauteur hors sol.

Le pied amont de la digue construit au début des travaux, constituera le batardeau amont protégeant les fouilles pour le noyau du barrage et assurant l'acheminement des eaux par la galerie de la dérivation provisoire.

6.2 - Organes d'étanchéité. (Plan N° 07).

La retenue concerne les formations suivantes : alternances de marnes, de calcaires marneux de micro-conglomérats à ciment marneux et d'argile caillouteuse. La perméabilité verticale de cet ensemble peut être considérée comme nulle; les perméabilités horizontales et certains niveaux ne paraissent cependant pas négligeables au vu des essais "Lugeon" exécutés sur le site, elles n'atteignent cependant pas des valeurs très fortes si l'on fait abstraction de l'effet de versant. Le pendage amont, bien que faible, est un élément favorable.

Les variations latérales de faciès affectant la série continentale néogène, peuvent jouer dans le sens d'un accroissement ou d'une diminution de la perméabilité horizontale; elle doivent cependant rendre plus difficile les cheminements souterrains et limiter les pertes au large.

Le principal problème pour l'étanchéité de la retenue réside dans la présence d'ouadis latéraux dont les cours sont parallèles à celui de l'Ouadi El Haour. Celui qui est au large de la rive gauche est distant de 350 m seulement et sa côte dans le prolongement du site est de 170 m soit environ 35 mètres sous la côte de la retenue normale.

Au large de la rive droite, la différence de côte dans le prolongement du site n'est que d'une dizaine de mètres et la pente de l'Ouadi est plus faible.

Pour éviter les pertes d'eau, en particulier par l'intermédiaire des Ouadis latéraux et compte tenu que les écoulements souterrains éventuels se produisent essentiellement suivant des directions horizontales par l'intermédiaire des bancs conglomératiques et cailloutis, plus ou moins consolidés, qui risquent de fonctionner comme des drains naturels, le schéma de voile d'étanchéité suivant est proposé.

- Voile sous barrage : longueur 300 m, profondeur moyenne 75 m.
- Voile au large rive droite : longueur 300 m, profondeur moyenne 40 m.
- Voile au large rive gauche : longueur 300 m, profondeur moyenne 60 m.

Une seule ligne de forage étant suffisante, avec un écartement moyen de 2 mètres entre chaque forage; les absorptions sont limitées et de l'ordre de 25 kg de coulis par m² de voile .

Deux lignes de forages de collage de 10 m de profondeur encadrant le voile profond sous barrage.

6.3 - Dérivation provisoire. (Plan N° 10)

La dérivation provisoire comprendra, le batardeau amont incorporé au pied du barrage, assurant la dérivation des eaux durant l'exécution des fouilles et la construction de la digue par une galerie d'évacuation.

La batardeau aura sa crête arasée à la cote 155,0, soit une douzaine de mètres au-dessus du lit de la rivière. Il sera constitué par des recharges en enrochements encadrant un noyau incliné imperméable par l'intermédiaire.

Le Ouadi El Haour étant à sec pendant l'été; la construction d'un prébatardeau ne sera pas nécessaire pour l'exécution des fouilles et du batardeau amont.

La galerie de dérivation provisoire, sera percée dans le flanc gauche de la vallée, sa longueur souterraine sera développée sur 319 m, elle aura une section en fer à cheval de 3,5 m de diamètre, entièrement revêtu en béton et une pente constante de 3,918 %. Le seuil d'entrée sera calé à la cote 142,50. La capacité de la galerie fonctionnant en dérivation provisoire de l'ordre de 130 m³/s, à une vitesse de 13,2 m/s ; ce débit dépassant la pointe de la crue décennalitaire estimée à 100 m³/s assurera une sécurité totale pendant l'aménagement du chantier :

Il faut noter que le surdimensionnement de la galerie, permettra le libre passage des épaves et évitera les obstructions possibles.

6.4 - Vidange de fond. (Plan N° 10)

L'aménagement de la dérivation provisoire en vidange de fond sera effectué au cours de la période d'étiage de la dernière campagne de construction de la digue à l'abri de batardage de la tête amont.

Etant donné la faible importance des débits d'étiage, il suffit de prévoir une conduite métallique circulaire de 50 m de longueur et de 1,00 m de diamètre qui sera situé sous le radier de la galerie et obturée ensuite par injection de mortier de ciment.

Le débit de la vidange de fond (90) m³/s sous la cote de la retenue normale, permettra de vider la retenue entre les côtes 202 et 142,50 si la nécessité s'en imposait à la suite de désordre provoqués par un seisme ou pour autre cause.

Le pertuis de dimension suffisante pour réduire les risques d'obstruction par les corps flottants, sera blindé sur une longueur de 30 m et équipé de deux vannes en série distantes de 6 m :

- La vanne de garde sera une vanne-wagon de 2,0 x 1,7 m manoeuvrée par servo-moteur.
- La vanne de réglage de 2,0 x 2,0 sera une vanne à segment commandée par un servo-moteur oscillant.

La chambre de manoeuvre de vannes de 6 m de hauteur, aura un profil ogival et elle sera placée sous la partie sèche de la digue.

Une galerie de 128 m de longueur développée et divisée en deux compartiments après le montage du matériel, permettra l'accès du personnel et l'aération du jet de la vidange à partir de la risberme du parement aval de la digue arasé à la cote 145,0.

6.5 - Prise d'eau. (Plan N° 11)

Cet ouvrage servira aux prélèvements des débits nécessaires à l'irrigation ou toute autre utilisation.

Etant donné la faible importance de ces débits, il suffit de prévoir une solution simple consistant à prélever ces débits par une conduite métallique de 1 m de diamètre, ayant son origine dans la chambre de vidange de fond, entre la vanne de garde et la vanne de réglage. Cette conduite se développera ensuite dans le compartiment d'aération de la veine liquide de la galerie d'accès et d'aération de la vidange de fond et sur la risberme aval à la cote 145,0.

Pour aménager la tranche morte de 130.000 m³ prévue entre le fond de la vallée et la cote 150,00, un seuil deversant sous forme du mur de garde sera réalisé à la tête amont de la galerie; ce seuil sera muni à sa partie basse d'une vanne batardeau, qui sera manoeuvrée sur place pour vider complètement cette eau de la tranche morte, par la vidange de fond s'il sera nécessaire.

L'ouvrage de tête de la conduite métallique comportera :

- Une grille de 3 m de longueur et de 1,7 m de largeur, placée sous le radier de la chambre de manoeuvre de la vidange de fond entre la vanne de garde et la vanne de réglage, munie de barreaux horizontaux parallèles à l'écoulement dans la galerie de vidange pour qu'ils ne puissent accrocher les dépôts, mais, au contraire faciliter le glissement de ceux-ci vers l'aval, sous l'action des chasses effectuées par l'ouverture de la vanne de réglage.
- Une vanne de garde type papillon, ainsi que son servo-moteur situés entre les deux servo-moteurs des vannes de la vidange de fond.

Le débit de la prise d'eau sous la retenue minimale 150,00, sera 3,75 m³/s environ.

6.6 - Evacuateur de crues

La topographie du site et l'emplacement de la digue, imposeront l'évacuation des eaux des crues par un ouvrage implanté en rive gauche vers le vallon lateral, elle sera de loin la solution la plus économique. Deux variantes sont envisagées dans la présente étude :

- 1) Evacuateur de crues souterrain
- 2) Evacuateur de crues de surface

Des forages de reconnaissance à l'emplacement et aux environs du tracé de l'évacuateur, ont été effectués pour étudier le banc du tracé supérieur de la rive gauche formé par des calcaires plaisanciens; ils ont montré que celui-ci, était constitué de calcaires marneux et marno-gréseux en général assez tendre et même friable, en dessous de la zone superficielle indurée. Il sera donc exclu de pouvoir les utiliser comme enrochements pour la digue, et ces calcaires, seront considérés comme des déblais non utilisables, extraits pendant la construction de l'évacuateur de crues.

Les évacuateurs de crues projetés, sont dimensionnés pour évacuer 100 m³/s soit 7,85 m³/s/km² sous la cote des plus hautes eaux P.H.E. 204,50. Le volume de la tranche de la retenue comprise entre le niveau de la retenue normale, (R.N.) 202,00 et celui des plus hautes eaux (P.H.E) 204,50 atteindra 2,5 Mm³ permettant le laminage de la crue et augmentant ainsi la sécurité de l'ouvrage.

6.6.1 - Variante : Evacuateur de crues souterrain. (Plan N° 12)

En raison de la hauteur des talus de la fouille que nécessite une solution d'évacuation de surface, et le faible débit de crues à évacuer, une variante en souterrain est étudiée.

L'ouvrage évacuateur comprendra, un entonnoir amont exécuté à l'air libre comportant un seuil deversant frontal fixe de 14 m de longueur arasé à la cote 202,00 et un récepteur aval du seuil dont la largeur diminuera d'amont en aval, pour atteindre 4,6 m à l'entrée de la galerie.

Le souterrain de l'évacuateur serait une galerie de section fer à cheval de 4,6 m de diamètre, ayant une pente uniforme 10 ‰ et une longueur de 112 m; cette galerie de section surdimensionnée permettrait le libre passage des épaves emportées par la crue et assurerait en toutes circonstances un écoulement libre.

La partie aval de restitution , serait formé par un canal divergeant de l'amont à l'aval évacuant les eaux de crues dans le vallon lateral, dont la rive droite serait protégée contre l'érosion régressive par un rideau de palplanches et des enrochements appropriés.

6.6.2 - Variante : Evacuateur de crues de surface. (Plan N° 13)

L'évacuateur de crues serait un canal d'axe rectiligne formé par un seuil deversant frontal fixe.

Le recepateur aval du seuil, comporterait un radier convergeant de 4% de pente avec un léger seuil nécessaire à la stabilité du flot deversé, La mise en vitesse se ferait dans un chenal de 110,5 m de longueur aboutissant à un divergeant restituant les eaux des crues dans le vallon .

Un dispositif de protection contre l'érosion régressive serait aménagé sur la rive droite du vallon, comprenant un rideau de palplanche ancré sous l'extrémité aval du canal de restitution et une protection en enrochements du fond et des talus du vallon.

7 - OUVRAGES D'ADDUCTION D'EAU VERS LA RETENUE

Le bassin versant du barrage de Qarqaf étant petit (12,7 km²); les apports naturels seront insuffisants pour pouvoir remplir la retenue (20 Mm³). Il sera donc indispensable de prévoir une adduction supplémentaire; deux solutions paraissent possibles.

- A) Adduction à partir de Nahr Aarqa
- B) Adduction à partir de Nahr El Bared

A - Ouvrages d'adduction à partir de Nahr Aarqa.

Une partie des eaux du Nahr Aarqa sont utilisées seulement pour l'irrigation durant les mois secs (entre premier Avril et fin Octobre).

Les eaux d'hiver de cette rivière se jettent à la mer et les possibilités d'accumulation ne sont pas encourageantes; donc il sera logique, de dériver les eaux écoulées pendant les mois humides et l'accédant des eaux utilisées en irrigation vers la retenue de Qarqaf.

Pour pouvoir amener les eaux de Aarqa vers la retenue par gravité, il sera nécessaire d'implanter le barrage de prise sur Aarqa à une cote plus élevée que celle de la retenue normale de Qarqaf (R.N 202).

7-1. Barrage de Prise

Le site du barrage de prise est choisi dans une vallée encaissée un peu à l'aval de Ain El Ghâra.

L'intersection de l'axe du barrage avec le lit de la rivière est déterminée par le point dont les coordonnées Lambert sont les suivantes:

$$X = 183,500$$

$$Y = 285,200$$

Le fond du cours d'eau dans l'axe du barrage de prise se trouve à la côte $Z = 205,0$.

a) Géologie

A cet endroit, la vallée de Nahr Aarqa a entaillé profondément un anticlinal assez aigu, dont la charnière est bien visible sur la rive droite au-dessus d'Ain el Ghâra. Le cœur anticlinal est constitué par des calcaires cénomaniens assez fracturés. Au-dessous des calcaires affleure une assise assez épaisse de marnes où l'on rencontre des niveaux bourrés d'huîtres. Ces marnes sont recouvertes par une puissante série calcaire. La construction d'un barrage de prise en béton ne semble pas poser de difficultés.

b) Hydrologie.

Les apports disponibles calculés pour une série générée sur 50 ans par la méthode dite Bernier sont :

Apports moyens mensuels au barrage de prise sur Aarqa en mm3					
Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril
1,88	3,11	5,70	5,26	5,57	4,26
Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre
2,95	1,97	1,83	1,77	1,56	1,86

Les valeurs de crues sont données dans le tableau ci-dessous :

Barrage de Prise sur Nahr Aarqa B.V. = 96 km2	DEBIT DE CRUE POUR LES PERIODES DE RETOUR			
	T = 10 ans	T = 100 ans	T = 1000 ans	T = 10000 ans
	130	200	300	400

c) Génie Civil.

Le barrage de prise sera un barrage poids, il comprendra un seuil deversant arasé à la cote 220, un pertuis de chasse et de réglage et la prise proprement dite contenant un dessableur et une vanne de garde.

Les volumes des travaux et l'estimation du coût de ce barrage de prise sont calculés d'après la carte au 1/20.000.

7-2- Ouvrages d'adduction d'eau à partir de Nahr Aarqa.

Il existe deux variantes pour amener les eaux qui seront accumulées derrière le barrage de prise sur le Nahr Aarqa vers la retenue de Qarqaf.

1ère Variante :

Par écoulement superficiel moyennant une conduite épousant le terrain naturel, des ouvrages de traversée des vallées (siphons) et une galerie débouchant dans la retenue par un canal à ciel ouvert.

2ème Variante:

Par écoulement souterrain, moyennant une galerie suivie d'un canal raccordé à un ouvrage de traversée et une galerie restituant l'eau dans la retenue par un canal épousant le terrain naturel de la retenue.

7.2.1 : Adduction: superficielle.

Cette variante consisterait à acheminer les eaux accumulées derrière le barrage de prise sur Aarqa, par une conduite en amiante ciment de 1 m de diamètre et de 9250 m de longueur.

La pose de cette conduite nécessiterait l'aménagement d'une piste tout le long du tracé de cette conduite pour permettre aux engins de creuser des tranchées de pouvoir l'enterrer à une faible profondeur en dessous de la surface du terrain naturel.

La pente de cette conduite serait 2,50/100, la capacité 1,5 m³/s permettrait de dresser le bilan des apports de la retenue de Qarqaf en tenant compte, des débits nécessaires à l'irrigation à l'aval du barrage de prise sur l'Aarqa (400 l/s entre 1^{er} Avril et 31 Octobre)

Apports moyens mensuels de la retenue de Qarqaf en Mm ³					
Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril
2,07	3,38	4,38	4,3	4,35	3,52
Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre
1,96	0,96	0,85	0,79	0,59	0,88

La conduite de 1 m de diamètre et de 9250 m de longueur serait raccordée à trois ouvrages de traversée des vallées; ce seront des siphons formés par des tuyaux en amiante-ciment ancrés sur les rives des vallées. Ces tuyaux seraient d'une classe de pression appropriée pour supporter la charge due à la dénivellation.

- Le premier siphon se trouvera sur le Ouadi Bahchar, il aura 360 m de longueur et une dénivellation maximum de 55 m.

- Le deuxième siphon se situera à proximité du village de Mâr-Touma, il aura 300 m de longueur et une dénivellation maximum de 45 m.
- Le troisième siphon sur le Ouadi El Qarout, il aura 240 m de longueur et une dénivellation maximum de 60 m.

Cette adduction superficielle se terminerait par une galerie de section non normalisée (2 m de hauteur et de 1,7 m de largeur) de 240 m de longueur qui verserait l'eau dans la retenue de Qarqaf moyennant un canal à ciel ouvert.

7.2.2 - : adduction mixte (souterraine, superficielle)

Cette solution permettrait de dériver les eaux de la retenue de prise par une galerie rectiligne de 3600 m de longueur ayant une section non normalisée (2m de hauteur et 1,7 m de largeur).

La coupe géologique, du tracé de la galerie d'amenée est la suivante :

1ère tranche : calcaire, dolomies et marnes du cénomanien-turonien assez fortement plissés,

2ème tranche : Pliocène : marnes, calcaires et poudingues.

Le topographie ne permettra pas de prolonger la galerie jusqu'à la retenue, pour cette raison la galerie de départ se raccordera à un canal de 800 m de longueur, épousant le terrain naturel à proximité du village de Majdala, suivi par un siphon de 550 m de longueur et de 35 m de dénivellation maximum, traversant le Ouadi Mghaissel. Ce siphon se raccordera à une galerie de 250 m de longueur qui versera l'eau d'Aarqa dans un canal dans la retenue de Qarqaf.

7.3 - Ouvrages d'adduction à partir de Nahr El Bared.

Cette possibilité existe, mais elle n'est pas étudiée dans le présent dossier puisqu'elle touchera la production de la centrale aval de la société électrique d'El Bared et demande une étude hydrologique et économique poussée avant d'entreprendre l'étude technique pour pouvoir dimensionner les ouvrages d'amenée et déterminer le prix du m³ d'eau dans les conditions actuelles d'exploitation des eaux d'El Bared.

Cette solution consisterait à prélever les eaux du Nahr El Bared à l'aval du barrage d'accumulation de la société électrique d'El Bared.

Elle comprendrait un barrage de prise sur le Nahr El Bared et les ouvrages d'amenée vers la retenue.

Deux variantes se présentent pour l'ouvrage d'amenée :

1ère Variante : Ouvrages d'amenée constitués par une conduite ou un canal de 5100 m de longueur épousant le terrain naturel, suivi d'une galerie de 1150 m de longueur.

2ème Variante : à partir du barrage de prise d'eau, l'eau serait amenée par une galerie de 3600 m de longueur et deversée dans la retenue de Qarqaf par le Ouadi Houssain.

- 32 -

III - ESTIMATION DES COUTS - RESUME

Coûts de premier investissement

I - Ouvrages communs à toutes les variantes.

	<u>en Millions de L.L.</u>
- Barrage sur le Ouadi El Haour	20,800
- Voile d'étanchéité	1.900
- Dérivation provisoire	1,650
- Vidange de fond	1,040
- Ouvrage de prise d'eau	0,160
- Divers (routes etc..)	245
- Expropriations	2,005
- Barrage de prise sur le Nahr Aarqa	0,940
Total	28,740
II - Variante évacuateur de crues souterrain sur le Ouadi El Haour	1,480
III- Variante évacuateur de crues de surface sur le Ouadi El Haour	1,670
IV- Variante ouvrages d'adduction mixte du Nahr Aarqa vers le Ouadi El Haour	4,900
V - Variante ouvrages d'adduction superficielle du Nahr Aarqa vers le Ouadi El Haour	5,300

Le coût de la solution la plus économique comprenant la digue,
les ouvrages annexes, un évacuateur de crues souterrain et l'adduction
mixte (souterraine, superficiel) du Nahr Aarqa vers la retenue de Qarqaf
est de trente cinq millions cent vingt milles livres libanaises
(35.120.000 L.L.)

IV - CONCLUSIONS

L'étude de l'aménagement de Qarqaf sur le Ouadi El Haour et les ouvrages d'adduction d'eau du Nahr Aarqa vers cet aménagement, permet de tirer les conclusions suivantes :

- La construction d'une digue en enrochements à évacuateur de crues souterrain est réalisable sans difficultés particulières. L'étanchéité et la stabilité de la cuvette sont assurées.
- Les apports du Ouadi El Haour étant nettement insuffisants pour le remplissage de la retenue, une adduction du Nahr Aarqa vers la retenue de Qarqaf s'impose, la solution ouvrage d'adduction mixte (souterraine, superficielle) étant la plus économique.
- Pour un volume de 20 Mm³ d'eau accumulée, le coût de l'ouvrage reste cependant assez élevé.
- L'étude et l'estimation du coût sont basées sur les données actuelles et les précisions qui seraient apportées à cette étude dans un stade ultérieur devraient modifier assez peu la conception technique des ouvrages et l'estimation des coûts de cet aménagement.

V - DOCUMENTS UTILISES

1 - Documents établis en dehors du Projet.

- Catalogue des seismes ressentis au Liban (observatoire de Ksara mars 1968).
- Prix d'ordre génie civil (Royaume du Maroc. Ministère du Tip) S.E./D.E janvier 1970.

2 - Documents établis dans le cadre du Projet.

- Etude sommaire de tous les sites de barrage possibles dans le Liban-Nord (rapport de mission 27.6.70 - 11.7.70 P. Petiteville)
- Equipement hydraulique actuel du Liban-Nord (Barrages et usines hydro-électriques GCO1 - janvier 1970)
- Etude géologique du site de barrage de Jarqaf (H.G. 25 octobre 71)
- Avant projets pour différents périmètres (IR-KZ)

3 - Publications techniques

- Manuel d'hydraulique générale (Armando-Lancastre - Editions Eyrolles (1969).
- Revues Travaux (Editions science et industrie)

N° 319 Mai 1961 : 7ème congrés international des grands barrages

N° 353 Avril 1964 : 8ème " " " " "

N° 390 Septembre 1967 : 9ème congrés international des grands barrages

N° 423 juin 1970 : 10ème congrés international des grands barrages.

PROGRAMME DES NATIONS-UNIES
POUR LE DEVELOPPEMENT

F.A.O.

REPUBLIQUE LIBANAISE

MINISTERE DES RESSOURCES
HYDRAULIQUES ET ELECTRIQUES

PROJET DE DEVELOPPEMENT HYDRO-AGRICOLE

PLANIFICATION HYDRAULIQUE DU LIBAN-NORD

BARRAGE DE QARQAF
sur le Ouadi El Haour

Avant-métré

GC 04

Pièce 02

Beyrouth, Octobre 1971

BARRAGE DE QARQAF

SOMMAIRE

	<u>Page</u>
- Récapitulation	2
I - Avant métré des ouvrages sur le Ouadi El Haour .	4
1 - Barrage sur le Ouadi El Hapur	4
2 - Voile d'étanchéité	6
3 - Dérivation provisoire	7
4 - Vidange de fond	11
5 - Ouvrage de prise d'eau	16
6 - Variante évacuateur de crues souterrain . . .	16
7 - Variante évacuateur de crues de surface . . .	23
II - Avant métré des ouvrages d'adduction à partir du Nahr Aarqa	
1 - Barrage de prise sur Aarqa	28
2 - Variante ouvrages d'adduction superficielle .	28
3 - Variante ouvrages d'adduction mixte	31

RECAPITULATION

Avant métré

Variante barrage à évacuateur de crues souterrain et ouvrages
d'adduction mixte (souterraine, superficielle).

- Déblais	181.450 m3
dont à l'air libre	144.950 m3
en souterrain	36.500 m3
- Remblais	1455.000 m3
- Bétons	38.400 m3
dont à l'air libre	21.200
en souterrain	17.200
- Coffrages	44.900 m2
dont à l'air libre	15.350
en souterrain	29.550
- Aciers	356.250 kg
- Conduites (amiante-ciment)	590 ml

Variante barrage à évacuateur de crues souterrain et ouvrages
d'adduction superficielle

- Déblais	438.300 m3
dont à l'air libre	423.650 m3
en souterrain	14.650 m3
- Remblais	1455.000 m3
- Bétons	24.150 m3
dont à l'air libre	17.000 m3
en souterrain	7.150 m3
- Coffrages	17.725 m2
dont à l'air libre	8.450
en souterrain	9.275
- Aciers	515.000 kg
- Conduites (amiante-ciment)	10.240 ml

RECAPITULATION

Variante barrage à évacuateur de crues de surface et ouvrages
d'adduction mixte (souterraine, superficielle)

- Déblais	215.050 m3
dont à l'air libre	181.950 m3
en souterrain	33.100 m3
- Remblais	1455.000m3
- Bétons	38.000 m3
dont à l'air libre	22.400 m3
en souterrain	15.600 m3
- Coffrages	43.200 m3
dont à l'air libre	15.350
en souterrain	27.850
- Aciers	719.250 kg
- Conduites (amiante-ciment)	590 ml

Variante barrage à évacuateur de crues de surface et ouvrages
d'adduction superficielle.

- Déblais	471.900 m3
dont à l'air libre	460.650 m3
en souterrain	11.250 m3
- Remblais	1455.000 M3
- Bétons	23.750 m3
dont à l'air libre	18.200 m3
en souterrain	5.550 m3
- Coffrages	16.025 m2
dont à l'air libre	8 450m3
en souterrain	7.575m3
- Aciers	579.000 kg
- Conduites (amiante-ciment)	10.240 ml

I - Avant métré

1 - Barrage sur le Ouadi El Haour (Plans N° 07 et 08)

1.1 - Décapage pour les fondations (par couches successives) 81.000 m²

1.2 - Déblai-ballastières 0,05 x 1.455.000 . 73.000 m³

1.3 - Remblai (voir coupes caractéristiques de la digue)

1.3.1 - Recharge amont et aval (enrochements)

N° du profil	S _{m2}	S ₁ + S _{2m2}	$\sqrt{S_1 S_{2m2}}$	l _m	$1/3(S_1 + S_2 + \sqrt{S_1 S_2})_{m3}$
0	0	500	0	46	7.000
1	500	3900	1300	50	86.500
2	3400	9900	4700	50	243.000
3	6500	13960	6965	32	223.000
4	7460	12500	6130	50	310.500
5	5040	5800	1950	50	129.000
6	760	760	0	44	11.000
7	0	Total volume d'enrochements			<u>1.010.000</u> m ³

1.3.2 - Noyau imperméable

N° du profil	S_{m2}	$S_1 + S_2 \text{ m2}$	$\sqrt{S_1 S_2} \text{ m2}$	lm	$1/3 (S_1 + S_2 + \sqrt{S_1 S_2}) \text{ m3}$
0	0	185	0	46	2.800
1	185	1005	390	50	23.250
2	820	2090	1020	50	51.750
3	1270	2830	1400	32	45.200
4	1560	2645	1300	50	66.000
5	1085	1325	510	50	30.500
6	240	240	0	44	3.500
7	0	Total volume noyan imperméable			<u>223.000</u> m3

1.3.3 - Filtres

N° du profil	S_{m2}	$S_1 + S_2 \text{ m2}$	$\sqrt{S_1 S_2} \text{ m2}$	lm	$1/3 (S_1 + S_2 + \sqrt{S_1 S_2}) \text{ m3}$
0	0	275	0	46	4.200
1	275	945	429	50	22.800
2	670	1550	768	50	38.600
3	880	1820	910	32	29.200
4	940	1725	859	50	43.200
5	785	1125	516	50	27.800
6	340	340	0	44	4.500
7	0	Total volume filtres			<u>170.000</u> m3

1.3.4 - Drain.

N° du profil	S _{m2}	S ₁ + S ₂ m2	$\sqrt{S_1 S_2}$ m2	l _m	1/3 (S ₁ + S ₂ + $\sqrt{S_1 S_2}$)
0	0	65	0	46	1.000
1	65	235	105	50	5.500
2	170	465	225	50	11.000
3	295	655	325	32	10.000
4	360	605	300	50	15.000
5	245	330	145	50	8.000
6	85	85	0	44	1.500
7	0	Total volume drain			<u>52.000 m3</u>

2 - Voile d'étanchéité :

Une seule ligne de forage devrait suffire, avec un écartement moyen de 2 m entre chaque forage.

2.1 - Injections de traitement de surface : deux lignes de forages sous le barrage

longueur 2 x 300 m profondeur moyenne 10 m

2 x 300 x 10 = 6000 m2

2.2 - Voile sous barrage :

longueur 300 m profondeur moyenne 75 m

$$300 \times 75$$

$$22500 \text{ m}^2$$

2.3 - Voile au large R.D :

longueur 300m profondeur moyenne 40 m

$$300 \times 40$$

$$12000 \text{ m}^2$$

2.4 - Voile au large R.G :

longueur 300 m profondeur moyenne 60 m

$$300 \times 60$$

$$18000 \text{ m}^2$$

$$58500 \text{ m}^2$$

$$- \text{Longueur des forages} = \frac{58500}{2} = 29250 \text{ m}$$

$$- \text{Les absorptions sont de l'ordre de } 25 \text{ kg de c lis/m}^2 \text{ de voile :}$$

$$58500 \times 25 = \underline{\underline{1462,5 \text{ T}}}$$

3 - Dérivation provisoire : (Plan N° 10)

3.1 - Déblai à l'air libre.

3.1.1 - Entrée de la galerie

- au dessus du mur frontal

$$S = 22 \text{ m}^2 \quad \text{largeur} = 15 \text{ m}$$

$$22 \times 15$$

=

$$330 \text{ m}^3$$

- à l'entrée de la galerie

$$S_1 = 221 \text{ m}^2 \quad l_1 = 8 \text{ m} \quad S_2 = 171 \text{ m}^2 \quad l_2 = 16 \text{ m}$$

$$S_3 = 127 \text{ m}^2 \quad l_3 = 18 \text{ m} \quad S_4 = 112 \text{ m}^2 \quad l_4 = 18 \text{ m}$$

$$S_5 = 0$$

$$\frac{1}{2} (221 + 171) \times 8 + (171 + 127) \times 16 + (127 + 112) \times 18 + 112 \times 18 = \frac{7150 \text{ m}^3}{7500}$$

3.1.2 - Sortie de la galerie :

- au dessus du mur frontal

$$S = 90 \text{ m}^2 \quad \text{largeur} = 40 \text{ m}$$

$$90 \times 40$$

$$= 3500 \text{ m}^3$$

- à la sortie de la galerie

$$S_1 = 376 \text{ m}^2 \quad l_1 = 19 \text{ m} \quad S_2 = 205 \text{ m}^2 \quad l_2 = 25 \text{ m}$$

$$S_3 = 134 \text{ m}^2 \quad l_3 = 16 \text{ m} \quad S_4 = 22 \text{ m}^2$$

$$\frac{1}{2} [(376+205) \times 19 + (205+134) \times 25 + (134+22) \times 16] = \frac{11000 \text{ m}^3}{14500 \text{ m}^3}$$

$$\text{Total déblai à l'air libre} \quad \underline{18000 \text{ m}^3}$$

3.2 - Déblai en galerie :

$$\text{galerie} \quad l_1 = 319 \text{ m} \quad A = 3,5 \text{ m} \quad e = 0,25 \text{ m}$$

$$l_2 = 50 \text{ m} \quad \Delta = 3,5 \text{ m} + \phi = 0,5 \text{ m}$$

$$16,2 \times 319 + 17,9 \times 50 = \underline{6050 \text{ m}^3}$$

3.3 - Hors profils (déblai)

$$0,1 \times 6050 \quad \underline{600 \text{ m}^3}$$

3.4 - Béton à l'air libre

3.4.1 - Entrée de la galerie

- mur frontal $3,5 \leq l \leq 14 \text{ m}$ $h = 5 \text{ m}$ $e = 1 \text{ m}$
 $\frac{1}{2} (3,5 + 14) \times 5 \times 1$ 45 m³

- mur R.G. $h_1 = 9 \text{ m}$ $l_1 = 44 \text{ m}$, $9 \geq h_2 \geq 0$
 $l_2 = 22 \text{ m}$ $e = 1 \text{ m}$
 $9 \times 44 \times 1 + \frac{1}{2} 9 \times 22 \times 1$ 475

- mur R.D $h_1 = 9 \text{ m}$ $l_1 = 44 \text{ m}$, $9 \geq h_2 \geq 0$
 $l_2 = 14 \text{ m}$ $e = 1 \text{ m}$
 $9 \times 44 \times 1 + \frac{1}{2} 9 \times 14 \times 1$ 440 m³

- radier $3,5 \leq \text{largeur} \leq 16 \text{ m}$ $l = 40 \text{ m}$ $e = 0,5 \text{ m}$
 $\frac{1}{2} (3,5 + 16) \times 40 \times 0,5$ 190 m³

1150 m³

3.4.2 - Sortie de la galerie

- mur frontal $7 \leq l \leq 19 \text{ m}$ $h = 5 \text{ m}$ $e = 1 \text{ m}$
 $\frac{1}{2} (7 + 19) \times 5 \times 1$ 65 m³

- mur R.G. $h_1 = 8 \text{ m}$ $l_1 = 20 \text{ m}$ $0 \leq h_2 \leq 8 \text{ m}$
 $l_2 = 34 \text{ m}$ $e = 1 \text{ m}$
 $8 \times 20 \times 1 + \frac{1}{2} 8 \times 34 \times 1$ 295 m³

- mur R.D $h_1 = 8 \text{ m}$ $l_1 = 45 \text{ m}$ $0 \leq h_2 \leq 8 \text{ m}$
 $l_2 = 15 \text{ m}$ $e = 1 \text{ m}$
 $8 \times 45 \times 1 + \frac{1}{2} 8 \times 15 \times 1$ 315 m³

- radier $7 \leq \text{largeur} \leq 18 \text{ m}$ $l = 50 \text{ m}$ $e = 0,5 \text{ m}$
 $\frac{1}{2} (7 + 18) \times 50 \times 0,5$ 300 m³

975 m³

- Total béton à l'air libre 2125 m³

3.5 - Béton en galerie

- galerie $l_1 = 319 \text{ m}$ $\Delta = 3,5 \text{ m}$ $e = 0,25 \text{ m}$

$l_2 = 50 \text{ m}$ $\Delta = 3,5 \text{ m} + \phi = 0,5 \text{ m}$

$6,05 \times 319 + 7,02 \times 50$

2275 m³

Total béton en galerie 2275 m³

3.6 - Hors profils (béton) 600 m³

3.7 - Coffrage à l'air libre

3.7.1 - Entrée de la galerie

- mur frontal $3,5 \leq l \leq 14$ $h = 5 \text{ m}$

$\frac{1}{2} (3,5 + 14) \times 5$ 45 m²

- mur R.G $h_1 = 9 \text{ m}$ $l_1 = 44 \text{ m}$ $9 \geq h_2 \geq 0$

$l_2 = 22 \text{ m}$

$9 \times 44 + \frac{1}{2} 9 \times 22$ 480 m²

- mur R.D $h_1 = 9 \text{ m}$ $l_1 = 44 \text{ m}$ $9 \geq h_2 \geq 0$

$l_2 = 14 \text{ m}$

$9 \times 44 + \frac{1}{2} 9 \times 14$ 450 m²

975 m²

3.7.2 - Sortie de la galerie

- mur frontal $7 \leq l_1 \leq 19 \text{ m}$ $h = 5 \text{ m}$

$\frac{1}{2} (7 + 19) \times 5$ 65 m²

- mur R.G $h_1 = 8 \text{ m}$ $l_1 = 20 \text{ m}$ $0 \leq h_2 \leq 8 \text{ m}$

$l_2 = 34 \text{ m}$

$8 \times 20 + \frac{1}{2} 8 \times 34$ 295 m²

- mur R.D $h_1 = 8 \text{ m}$ $l_1 = 45 \text{ m}$ $0 \leq h \leq 8 \text{ m}$

$l_2 = 15 \text{ m}$ $e = 1 \text{ m}$

$8 \times 45 + \frac{1}{2} 8 \times 15$ 315 m²

675 m²

Total coffrage à l'air libre 1650 m²

3.8 - Coffrage en galerie

galerie $l_1 = 319 \text{ m}$ $\Delta = 3,5 \text{ m}$
 $l_2 = 50 \text{ m}$ $\Delta = 3,5 \text{ m} + \phi = 0,5 \text{ m}$

$11,41 \times 319 + 14,55 \times 50$

4375 m²

Total coffrage en galerie 4375 m²

3.9 - Acier pour béton

3.9.1 - béton à l'air libre 20 kg/m³
 2125×20

42500 kg

3.9.2 - béton en galerie 20 kg/m³
 2275×20

45500 kg

88000 kg

4. Vidange de fond (Plan N° 10)

4.1 - Déblai à l'air libre

- Entrée de la galerie d'accès à la chambre des vannes

$S_1 = 80 \text{ m}^2$ $S_2 = 0$ $l = 22 \text{ m}$

$1/3 \times 80 \times 22$

175 m³

Total déblai à l'air libre 175 m³

4.2 - Déblai en galerie

4.2.1 - Galerie d'accès à la chambre des vannes

$S = 13,2 \text{ m}^2$ $l = 128 \text{ m}$

$13,2 \times 128$

1700 m³

- 12 -

4.2.2 - Ouvrages de vidange de fond.

- chambre des vannes et sous la chambre des vannes

$$S = 97 - 17 = 80 \text{ m}^2 \quad l = 13 \text{ m}$$

$$80 \times 13$$

1040 m³

- à l'aval de la chambre des vannes

$$S = 18 \text{ m}^2 \quad \text{largeur } 7 \text{ m}$$

$$18 \times 7$$

125 m³

1165 m³

Total déblai en galerie 2865 m³

4.3 - Hors profils (déblai) 285 m³

4.4 - Béton à l'air libre

- Entrée de la galerie d'accès à la chambre des vannes

- mur frontal $3 \leq l \leq 15 \text{ m}$ $h = 9$ $e = 1 \text{ m}$

$$\frac{1}{2} (3 + 15) \times 9 \times 1$$

80 m³

- mur R.G $0 \leq h \leq 12 \text{ m}$ $l = 21 \text{ m}$ $e = 1 \text{ m}$

$$\frac{1}{2} \times 12 \times 21 \times 1$$

125 m³

mur R.D $0 \leq h \leq 12 \text{ m}$ $l = 21 \text{ m}$ $e = 1 \text{ m}$

$$\frac{1}{2} \times 12 \times 23 \times 1$$

140 m³
345 m³

Total béton à l'air libre 345 m³

4.5 - Béton en galerie

4.5.1 - galerie d'accès à la chambre des vannes

$$S = 2,3 \text{ m}^2$$

$$l = 128 \text{ m}$$

$$2,3 \times 128$$

295 m³

4.5.3 - Ouvrage de vidange de fond

- chambre des vannes

$$S \text{ déblai } 46,5 \text{ m}^2 \quad l = 13 \text{ m} \quad S \text{ vide} = 27,5 \text{ m}^2 \quad l = 11 \text{ m}$$

$$46,5 \times 13 - 27,5 \times 11 \quad 300 \text{ m}^3$$

- sous la chambre des vannes

- à l'amont de la vanne de garde

$$S_1 = 54,5 \text{ m}^2 \quad S_2 = 59 \text{ m}^2 \quad l = 3,75 \text{ m}$$

$$\frac{1}{2} (54,5 + 59) \times 3,75 \quad 210 \text{ m}^3$$

- entre les deux vannes

$$S = 59 \text{ m}^2 \quad l = 6,25 \text{ m}$$

$$59 \times 6,25 \quad 370 \text{ m}^3$$

- à l'aval de la vanne de réglage

$$S = 53 \text{ m}^2 \quad l = 4 \text{ m}$$

$$53 \times 4 \quad \begin{array}{r} 210 \text{ m}^3 \\ \hline 1090 \text{ m}^3 \end{array}$$

4.5.3 - Bloc d'encastrement de l'appui de la vanne de réglage

$$S_1 = 3,75 \text{ m}^2 \quad l_1 = 8 \text{ m}$$

$$3,75 \times 8 \quad 25 \text{ m}^3$$

$$S_2 = 2 \text{ m}^2 \quad P = 7 \text{ m}$$

$$2 \times 7 \quad 15 \text{ m}^3$$

- appui de la vanne de réglage

$$S = 2 \text{ m}^2 \quad l = 2,5 \text{ m}$$

$$2 \times 2,5 \quad \begin{array}{r} 5 \text{ m}^3 \\ \hline 45 \text{ m}^3 \end{array}$$

4.5.4. - Partie blindée à l'aval de la chambre
des vannes

$$S = 6,75 \text{ m}^2 \quad l = 13 \text{ m}$$

$$6,75 \times 13 \text{ m} \quad 90 \text{ m}^3$$

$$\text{Total béton en galerie} \quad \underline{1520 \text{ m}^3}$$

4.6 - Hors-Profils (béton) 285 m³

4.7 - Coffrage à l'air libre

6.7.1 - Entrée de la galerie d'accès à la chambre
des vannes

$$\begin{array}{llll} \text{- mur frontal} & 3 \leq l \leq 15 \text{ m} & h = 9 \text{ m} & \\ & & & 80 \text{ m}^2 \\ & & & \frac{1}{2} (3+15) \times 9 \end{array}$$

$$\begin{array}{llll} \text{- mur R.G.} & 0 \leq h \leq 12 \text{ m} & l = 21 \text{ m} & \\ & & & 125 \text{ m}^3 \\ & & & \frac{1}{2} \times 12 \times 21 \end{array}$$

$$\begin{array}{llll} \text{- mur R.D} & 0 \leq h \leq 12 \text{ m} & l = 23 \text{ m} & \\ & & & 140 \text{ m}^2 \\ & & & \underline{2 \times 12 \times 23} \\ & & & 345 \text{ m}^2 \end{array}$$

$$\text{Total coffrage à l'air libre} \quad \underline{345 \text{ m}^2}$$

4.8 - Coffrage en galerie

4.8.1 - galerie d'accès à la chambre des vannes

$$\begin{array}{llll} P = 12,5 \text{ m} & l = 128 \text{ m} & & \\ 7,7 \times 128 & & & 1625 \text{ m}^2 \end{array}$$

4.8.2 - Ouvrage de vidange de fond.

- chambre des vannes

$$P = 14,5 \text{ m} \quad l = 11 \text{ m} \quad S = 21,50 \text{ m}^2$$

$$14,5 \times 11 + 2 \times 21,50 \quad 200 \text{ m}^2$$

- sous radier de la chambre des vannes

$$4 \times 2,5 \quad 10 \text{ m}^2$$

$$\underline{\quad} \quad 210 \text{ m}^2$$

4.8.3 - Bloc d'encastrement de la vanne de réglage

$$P = 10 \text{ m} \quad l = 9 \text{ m}$$

$$10 \times 9 \quad 90 \text{ m}^2$$

Total coffrage en galerie 1885 m²

4.9 - Acier pour béton

- béton à l'air libre 20 kg/m³

$$345 \times 20 \quad 6900 \text{ kg}$$

- béton en galerie 20 kg/m²

$$1520 \times 20 \quad 30600 \text{ kg}$$

Total acier pour béton 37500 kg

4.10 - Blindage de la vidange de fond

- Surface blindée

$$\frac{1}{2} [11,41 + 2 (2+1,7)] \times 7 + 2(2,5+3) \times 10 + 15 \times 13 \quad 270 \text{ m}^2$$

$$S \text{ blindée} = 370 \text{ m}^2 \quad e = 20 \text{ mm}$$

$$\text{Poids} \quad 370 \times 0,02 \times 7,600 \quad \underline{65000} \text{ kg}$$

5 - Ouvrage de Prise d'eau (Plan N° 11)

Le génie civil de cet ouvrage comprend seulement un barrage de diversion à l'entrée de la galerie de dérivation provisoire créant la tranche morte de la retenue.

5.1 - Béton à l'air libre

$$S = 65 \text{ m}^2 \quad l_1 \text{ moy.} = \frac{17+9,5}{2} \text{ m} \quad l_2 \text{ moy.} = \frac{20+12,5}{2} \text{ m}$$

$$\frac{1}{2} \times 65 \left[\frac{(17+9,5)}{2} + \frac{(20+12,5)}{2} \right] \quad 950 \text{ m}^3$$

Total coffrage à l'air libre 950 m³

5.2 - Coffrage à l'air libre

$$P = 18,5 \text{ m} \quad l_1 \text{ moy.} = \frac{17+9,5}{2} \text{ m} \quad l_2 \text{ moy.} = \frac{20+12,5}{2} \text{ m}$$

$$\frac{1}{2} \times 18,5 \left[\frac{(17+9,5)}{2} + \frac{(20+12,5)}{2} \right] \quad 550 \text{ m}^2$$

Total coffrage à l'air libre 550 m²

5.3 - Acier pour béton : 20 kg/m³

$$950 \times 20$$

19000 kg

Total acier pour béton 19000 kg

6 - Variante évacuateur de crues souterrain (Plan N° 12)

6.1 - Déblai à l'air libre.

6.1.1 - déblai à l'amont de la galerie

- Volume déblai entre les coupes AA et BB

$$S = 108 \text{ m}^2 \quad S = 177 \text{ m}^2 \quad l = 12 \text{ m}$$

$$\frac{1}{2} (108 + 177) \times 12$$

1700 m³

- Volume déblai entre les coupes BB et CC

$$S = 177 \text{ m}^2 \quad S = 531 \text{ m}^2 \quad l = 28 \text{ m}$$

$$\frac{1}{2} (177 + 531) \times 28$$

9900 m³

- Volume déblai entre les coupes CC et DD

$$S = 531 \text{ m}^2 \quad S = 661 \text{ m}^2 \quad l = 12 \text{ m}$$

$$\frac{1}{2} (531 + 661) \times 12$$

7150 m³

- Volume déblai entre la coupe DD et à 22 m
à l'aval de DD

$$172 \times 55$$

9450 m³

28200 m³

6.1.2 - déblai à la sortie de la galerie

- Volume déblai au dessus du mur frontal

$$130 \times 29$$

3750 m³

- Volume déblai entre la sortie de la
galerie et la coupe EE.

$$S = 160 \text{ m}^2 \quad S = 89 \text{ m}^2 \quad l = 17 \text{ m}$$

$$\frac{1}{2} (160 + 89) \times 17$$

2100 m³

- Volume déblai entre la coupe EE et
l'extrémité de l'évacuateur de crues

$$S = 89 \text{ m}^2 \quad S = 0 \quad l = 21 \text{ m}$$

$$\frac{1}{2} 89 \times 21$$

950 m³

6800 m³

Total déblai à l'air libre 35000 m³

6.2 - Déblai en galerie

galerie $\Delta = 4,6\text{m}$ $l = 111\text{ m}$ $e = 0,35\text{ m}$

$27,94 \times 111$ 3100 m³

Total déblai en galerie 3100 m³

6.3 - Hors profils (déblai) 300 m³

6.4 - Béton à l'air libre

6.4.1 - Béton à l'entrée de la galerie

Bajoyer R.D

- Volume béton entre les coupes AA et BB

$S = 40\text{ m}^2$ $S = 22\text{ m}^2$ $l = 12\text{ m}$

$\frac{1}{2} (40 + 22) \times 12$ 370 m³

- Volume béton entre les coupes BB et CC

$S = 22\text{ m}^2$ $S = 34\text{ m}^2$ $l = 28\text{ m}$

$\frac{1}{2} (22 + 34) \times 28$ 785 m³

- Volume béton entre les coupes CC et DD

$S = 34\text{ m}^2$ $S = 39\text{ m}^2$ $l = 12\text{ m}$

$\frac{1}{2} (34 + 39) \times 12$ 445 m³

1600 m³

- Bajoyer R.G 1600 m³

- Seuil deversant

$S = 18\text{ m}^2$ $l = 14\text{ m}$

18×14 250 m³

- mur frontal au dessus de l'entrée de

la galerie

$l = 4,6\text{ m}$ $h = 4,5\text{ m}$ $e = 1\text{ m}$

$4,6 \times 4,5 \times 1$ 20 m³

- radier

- Volume béton entre l'aval du seuil deversant et la coupe BB.

$$S = 24 \text{ m}^2 \quad S = 22 \text{ m}^2 \quad l = 9 \text{ m}$$

$$\frac{1}{2} (24+22) \times 9 \quad 200 \text{ m}^3$$

- Volume béton entre les coupes BB et CC

$$S = 22 \text{ m}^2 \quad S = 13 \text{ m}^2 \quad l = 28 \text{ m}$$

$$\frac{1}{2} (22+13) \times 28 \quad 480 \text{ m}^3$$

- Volume béton entre les coupes CC et DD

$$S = 13 \text{ m}^2 \quad S = 9 \text{ m}^2 \quad l = 12 \text{ m}$$

$$\frac{1}{2} (13+9) \times 12 \quad 120 \text{ m}^3$$

$$800 \text{ m}^3$$

6.4.2 - Béton à la sortie de la galerie

- Bajoyer R.D.

- Volume béton entre la sortie et la coupe EE

$$S = 13 \text{ m}^2 \quad S = 9 \text{ m}^2 \quad l = 17 \text{ m}$$

$$\frac{1}{2} (13+9) \times 17 \quad 180 \text{ m}^3$$

- Volume béton entre la coupe EE et l'extrémité

$$S = 9 \text{ m}^2 \quad S = 7 \text{ m}^2 \quad l = 21$$

$$\frac{1}{2} (9+7) \times 21 \quad 170 \text{ m}^3$$

$$350 \text{ m}^3$$

- Bajoyer R.G

$$350 \text{ m}^3$$

- mur frontal à la sortie de la galerie

$$l_1 = 4,6 \text{ m} \quad l_2 = 13 \text{ m} \quad h = 4,5 \text{ m} \quad e = 1 \text{ m}$$

$$\frac{1}{2} (4,6 + 13) \times 4,5 \times 1 \quad 40 \text{ m}^3$$

- radier

- Volume béton entre la sortie de la galerie et la coupe EE.

$$S = 2 \text{ m}^2 \quad S_2 = 2,5 \text{ m}^2 \quad l = 17 \text{ m}$$

$$\frac{1}{2} (2 + 2,5) \times 17 \quad 40 \text{ m}^3$$

- Volume béton entre la coupe EE et a 15 m à l'aval de EE.

$$S = 2,5 \text{ m}^2 \quad S = 4,5 \text{ m}^2 \quad l = 15 \text{ m}$$

$$\frac{1}{2} (2 + 2,5) \times 15 \quad 50 \text{ m}^3$$

- Volume béton entre la coupe a 15 m de EE et l'extrémité de l'évacuateur

$$S = 21 \text{ m}^2 \quad l = 10 \text{ m}$$

$$21 \times 10 \quad 210 \text{ m}^3$$

$$\underline{300 \text{ m}^3}$$

Total béton à l'air libre 5300 m³

6.5 - Béton en galerie

$$\text{galerie} \quad \Delta = 4,6 \text{ m} \quad l = 111 \text{ m} \quad e = 0,35 \text{ m}$$

$$10,43 \times 111 \quad \underline{1150 \text{ m}^3}$$

Total béton en galerie 1150 m³

6.6 - Hors-profil (béton) 300 m³

6.7 - Coffrage à l'air libre

6.7.1 - Coffrage à l'entrée de la galerie

Bajoyer R.D.

- Coffrage entre les coupes AA et BB

$$\frac{1}{2} (3+6) \times 12 \quad 55 \text{ m}^2$$

- Coffrage entre les coupes BB et CC

$$\frac{1}{2} (6+10) \times 28 \quad 225 \text{ m}^2$$

- Coffrage entre les coupes CC et DD

$$\frac{1}{2} \frac{(10 + 11) \times 12}{2} \quad 125 \text{ m}^2$$

- Coffrage du mur extérieur du Bajoyer R.D.

$$\frac{(10 + 4)}{2} \times 37 \quad 260 \text{ m}^2$$

665 m²

- Bajoyer R.G.

665 m²

- Seuil deversant P = 11,5 m l = 14 m

$$11,5 \times 14 \quad 160 \text{ m}^2$$

- mur frontal au dessus de la galerie

$$4,6 \times 4,5 \quad 20 \text{ m}^2$$

6.7.2 - Coffrage à la sortie de la galerie

- Bajoyer R.D

$$3,5 \leq h_1 \leq 9 \text{ m} \quad l_1 = 25 \text{ m}$$

$$2 \text{ m} \leq h_2 \leq 3,5 \text{ m} \quad l_2 = 10 \text{ m} \text{ (côté intérieur et extérieur)}$$

$$\frac{1}{2} (9+3,5) \times 25 + \frac{2}{2} (3,5+2) \times 10 \quad 210 \text{ m}^2$$

- Bajoyer R.G

$$4 \leq h_1 \leq 9 \text{ m} \quad l_1 = 20 \text{ m.}$$

$$2 \text{ m} \leq h_2 \leq 4 \text{ m} \quad l_2 = 15 \text{ m} \text{ (côté intérieur et extérieur)}$$

$$\frac{1}{2} (9+4) \times 20 + \frac{2}{2} (4+2) \times 15 \quad 220 \text{ m}^2$$

- mur frontal à la sortie de la galerie

$$l_1 = 4,6 \text{ m} \quad l_2 = 13 \text{ m} \quad h = 4,5 \text{ m}$$

$$\frac{1}{2} (4,6 + 13) \times 4,5 \quad 40 \text{ m}^2$$

Total coffrage à l'air libre 2000 m²

6.8 - Coffrage en galerie

$$\text{galerie} \quad \Delta = 4,6 \text{ m} \quad l = 111 \text{ m}$$

$$15 \times 111 \quad \underline{1665 \text{ m}^2}$$

Total coffrage en galerie 1665 m²

6.9 - Acier

6.9.1 - Acier pour béton

- béton à l'air libre 30 kg/m³ de béton

$$5300 \times 30 \quad 159000 \text{ kg}$$

Béton en galerie 20 kg /m² de béton

$$1150 \times 20 \quad 23000 \text{ kg}$$

$$182000 \text{ kg}$$

6.9.3 - Acier pour ancrage

le radier est ancré à l'amont de la galerie

les murs de la partie superficiels sont ancrés dans le rocher tout le long de cette partie

$$\phi = 32 \text{ mm} \quad l = 4 \text{ m} \quad d = 4 \text{ m}$$

$$\text{- bajoyer R.D} \quad \frac{88}{4} \times 6,15 \quad 1200 \text{ kg}$$

$$\text{- bajoyer R.G} \quad \frac{88}{4} \times 6,15 \quad 1200 \text{ kg}$$

$$\text{- radier} \quad \frac{52}{4} \times 2 \times 6,15 \quad 1600 \text{ kg}$$

$$4000 \text{ kg}$$

Total acier 186000 kg

7 - Variante évacuateur de crues de surface (Plan N° 13)

7.1 - Déblai à l'air libre

- volume déblai entre les coupes AA et BB

$$S = 132 \text{ m}^2 \quad S = 252 \text{ m}^2 \quad l = 18 \text{ m}$$

$$\frac{1}{2} (132 + 252) \times 18 \quad 3450 \text{ m}^3$$

- volume déblai entre les coupes BB et CC

$$S = 252 \text{ m}^2 \quad S = 606 \text{ m}^2 \quad l = 40 \text{ m}$$

$$\frac{1}{2} (252 + 606) \times 40 \quad 17150 \text{ m}^3$$

- volume déblai entre les coupes CC et DD

$$S = 606 \text{ m}^2 \quad S = 667 \text{ m}^2 \quad l = 29 \text{ m}$$

$$\frac{1}{2} (606 + 667) \times 29 \quad 18500 \text{ m}^3$$

- volume déblai entre les coupes DD et EE

$$S = 667 \text{ m}^2 \quad S = 500 \text{ m}^2 \quad l = 33 \text{ m}$$

$$\frac{1}{2} (667 + 500) \times 33 \quad 19250 \text{ m}^3$$

- volume déblai entre les coupes EE et FF

$$S = 500 \text{ m}^2 \quad S = 160 \text{ m}^2 \quad l = 34 \text{ m}$$

$$\frac{1}{2} (500 + 160) \times 34 \quad 11200 \text{ m}^3$$

- volume déblai entre les coupes FF et GG

$$S = 160 \text{ m}^2 \quad S = 14 \text{ m}^2 \quad l = 27 \text{ m}$$

$$\frac{1}{2} (160 + 14) \times 27 \quad 2350 \text{ m}^3$$

- volume déblai entre les coupes GG et l'extrémité

$$S = 14 \text{ m}^2 \quad S = 0 \quad l = 15 \text{ m}$$

$$\frac{1}{2} 14 \times 15 \quad 100 \text{ m}^3$$

$$72000 \text{ m}^3$$

Total déblai à l'air libre 72000 m³

7.2 - Béton à l'air libre

7.2.1 - Bajoyer R.D.

- mur d'entonnement

$$S = 32 \text{ m}^2$$

$$l = 7 \text{ m}$$

$$32 \times 7$$

$$225 \text{ m}^3$$

- partie centrale

coupe caractéristique BB

$$S = 21 \text{ m}^2$$

$$l = 38 \text{ m}$$

$$21 \times 38$$

$$800 \text{ m}^3$$

- coursier

coupe caractéristique CC

$$S = 8 \text{ m}^2$$

$$l = 160 \text{ m}$$

$$8 \times 160$$

$$1275 \text{ m}^3$$

$$2300 \text{ m}^3$$

$$2300 \text{ m}^3$$

7.2.2 - Bajoyer R.G

7.2.3 - Seuil deversant

$$S = 18 \text{ m}^2$$

$$13 \leq l \leq 15 \text{ m}$$

$$18 \times \frac{13 + 15}{2}$$

$$250 \text{ m}^3$$

7.2.4 - Radier

- tranche ayant pour section type la coupe BB

$$S = 22 \text{ m}^2$$

$$l = 27 \text{ m}$$

$$22 \times 27$$

$$600 \text{ m}^3$$

- volume de la tranche se trouvant à 12 m
à l'aval de BB et à 17 m à l'amont de CC

$$S = 25 \text{ m}^2$$

$$l = 8 \text{ m}$$

$$25 \times 8$$

$$200 \text{ m}^3$$

- volume de la tranche se trouvant a 17 m
à l'amont de CC et a 13 m à l'amont de FF
 $S = 35 \text{ m}^2 \quad l = 101 \text{ m}$
 35×101 350
 - volume béton de la tranche se trouvant
a 13 m à l'amont de FF et FF
 $S = 3,5 \text{ m}^2 \quad S = 4 \text{ m}^2 \quad l = 13 \text{ m}$
 $\frac{1}{2}(3,5 + 4) \times 13$ 50 m3
 - volume béton entre les coupes FF et GG
 $S = .4 \text{ m}^2 \quad S = 4,5 \text{ m}^2 \quad l = 27 \text{ m}$
 $\frac{1}{2}(4 + 4,5) \times 27$ 100 m3
 - volume béton entre la coupe GG et a 9 m
à l'aval de GG
 $S = 4,5 \text{ m}^2 \quad S = 5 \text{ m}^2 \quad l = 9 \text{ m}$
 $\frac{1}{2}(4,5 + 5) \times 9$ 50 m3
 - volume béton de la tranche se trouvant
99 m à l'aval de GG et l'extrémité de
l'évacuateur
 $S = 21 \text{ m}^2 \quad l = 14,5 \text{ m}$
 $21 \times 14,5$ 300 m3
1650 m3
- Total béton à l'air libre 6500 m3

7.3 - Coffrage à l'air libre

7.3.1 - Bajoyer R.D

- coffrage de la partie centrale
 $P = 5 \text{ m} \quad l = 38 \text{ m}$
 5×38 185 m2
- coffrage du coursier
 $P = 4,3 \text{ m} \quad l = 160 \text{ m}$
 $160 \times 4,3$ 685 m2
870 m2

7.3.2 - Bajoyer R.G

870

7.3.3 - Seuil deversant

P = 11,4 m l = 14 m

11,5 x 14

160 m²

Total coffrage à l'air libre 1900 m²

7.4 - Acier

7.4.1 - acier pour béton

Bajoyer 40 kg/m³

radier 30 kg/m³

Bajoyer R.D 2300 x 40

92000 kg

Bajoyer R.G 2300 x 40

92000 kg

Seuil deversant 250 x 40

10000 kg

radier 1650 x 30

49500 kg

243500 kg

7.4.2 - acier pour ancrage

les premiers 25 m du radier sont ancrés, tandis que
les murs sont ancrés tout le long de l'évacuateur

$\phi = 32 \text{ mm}$ l = 4 m d = 4 m

Bajoyer R.D $\frac{191}{4} \times 6,15$ 3000 kg

Bajoyer R.G $\frac{191}{4} \times 6,15$ 3000 kg

radier $\frac{25}{4} \times 2 \times 6,15$ 500 kg

6500 kg

Total acier 250000 kg

7.5 - Joints water stop

1 joint water stop chaque 12 m tout le long
de l'évacuateur

- partie centrale

$$\begin{array}{lcl} 18 \leq \text{largeur} \leq 24 \text{ m} & l = 38 \text{ m} & \\ \frac{1}{2} (18 + 24) \times \frac{38}{12} & & 65 \text{ ml} \end{array}$$

- coursier

$$\begin{array}{lcl} \text{largeur } 16 \text{ m} & l = 110,5 \text{ m} & \\ 16 \times \frac{110,5}{12} & & 150 \text{ ml} \end{array}$$

- partie aval

$$\begin{array}{lcl} 18 \leq \text{largeur} \leq 24 \text{ m} & l = 55,5 \text{ m} & \\ \frac{1}{2} (18 + 24) \times \frac{55,5}{12} & & \begin{array}{r} 95 \text{ ml} \\ \hline 410 \text{ ml} \end{array} \end{array}$$

Total joints 410 ml

II - Ouvrages d'adduction à partir du Nahr Aarqa

1 - Barrage de prise sur Aarqa.

1.1 - Décapage	1.500 m ²
1.2 - Déblai rocheux à l'air libre	4.500 m ³
1.3 - Bétons à l'air libre (en masse)	6.500 m ³
1.4 - Coffrage plan à l'air libre :	3.000 m ²
1.5 - Acier pour bétons : 1.000 x 50 =	50.000 kg

2 - Variante ouvrages d'adduction superficielle.

La conduite de 9.250 m de longueur traverse un terrain accidenté, on aménagera tout le long du tracé de la conduite une plateforme de travail. L'emprise de cette plateforme sera expropriée.

2.1 - Conduite superficielle :

2.1.1 - Plateforme de travail

(largeur 8 m; pente transversale 40%)

Déblai à l'air libre :

$$9.250 \times 26,4 \text{ m}^3/\text{ml} = 245.000 \text{ m}^3$$

2.1.2 - Tranchée : (largeur 1,6 m, hauteur 2,5 m)

Déblai en tranchée :

$$9.250 \times 1,6 \times 2,5 = 37.000 \text{ m}^3$$

Remblai :

$$9.250 \left[1,6 \times 2,5 - 0,5^2 \times 3,14 \right] = 29.150 \text{ m}^3$$

2.1.3 - Conduites en amiante-ciment (ϕ 1,00m, classe 6kg/cm

longueur : 9.250 ml

2.2 - Siphons

1er siphon (sur Ouadi Bahchar)

(longueur en plan 360, dénivellation 55 m)

$$\text{- Déblai en pente : } 2 \times \left[\left(\frac{360}{2} \right)^2 + 55^2 \right]^{1/2} \times 1 \times 6 = 2.400 \text{ m}^3$$

- Béton pour plots d'ancrage

(1 plot d'ancrage chaque 3 m)

$$\frac{2 \times \left[\left(\frac{360}{2} \right)^2 + 55^2 \right]^{1/2}}{3} \times 1,5 \times 0,5 \times 2,5 = 125 \text{ m}^3$$

- Acier : $125 \times 50 = 6.250 \text{ kg}$
- Conduite en amiante-ciment (ϕ 1,00 m classe 12 kg/cm²)
Longueur 400 ml.

2ème siphon (près du village de Mâr Toûma)
(longueur en plan 300 m , dénivellation 45 m)

$$\text{Déblai en pente : } 2 \times \left[\left(\frac{300}{2} \right)^2 + 45^2 \right]^{1/2} \times 1 \times 6 = 1.920 \text{ m}^3$$

Béton pour plots d'ancrage
(1plot d'ancrage chaque 3 m)

$$\frac{2 \times \left[\left(\frac{300}{2} \right)^2 + 45^2 \right]^{1/2}}{3} \times 1,5 \times 0,5 \times 1,25 = 100 \text{ m}^3$$

Acier : $100 \times 50 = 5.000 \text{ kg}$

- Conduite en amiante-ciment (ϕ 1,00 m classe 12 kg/cm²)
Longueur 320 ml.

3ème siphon (sur le Ouadi El Waroût)
(longueur en plan 240 m, dénivellation 60 m)

$$\text{Déblai en pente : } 2 \times \left[\left(\frac{240}{2} \right)^2 + 60^2 \right]^{1/2} \times 1 \times 6 = 1.620 \text{ m}^3$$

Béton pour plots d'ancrage
(1 plot d'ancrage chaque 3 m)

$$\frac{2 \times \left[\left(\frac{240}{2} \right)^2 + 60^2 \right]^{1/2}}{3} \times 1,5 \times 0,5 \times 1,25 = 85 \text{ m}^3$$

Acier : $85 \times 50 = 4.250 \text{ kg}$

- Conduite en amiante-ciment (ϕ 1,00 m classe 12 kg/cm²)
Longueur 270 ml

Récapitulation (pour les 3 siphons)

2.2.1 - Déblai en pente :

$$2.400 + 1.920 + 1.620 = 5.940 \text{ m}^3$$

2.2.2 - Béton pour plots d'ancrage :

$$125 + 100 + 85 = 310 \text{ m}^3$$

2.2.3.- Acier :

$$6.250 + 5.000 + 4.250 = 15.500 \text{ kg}$$

2.2.4 - Conduite en amiante-ciment

$$(\phi \text{ 1,00m, classe 12 kg/cm}^2) \\ 400 + 320 + 270 = 990 \text{ ml}$$

2.3 - Galerie débouchant dans la retenue de Qarqaf

(hauteur 2,0 m largeur 1,7 m longueur 240 m)

2.3.1 - Déblai à l'air libre

(entrée et sortie de la galerie)

$$2 \times 10 \times 50 \times 5 = 5.000 \text{ m}^3$$

2.3.2 - Déblai en galerie

$$5,5 \times 240 = 1.320 \text{ m}^3$$

2.3.3 - Hors-profils (déblai)

$$0,1 \times 1.320 = 130 \text{ m}^3$$

2.3.4 - Béton à l'air libre

(entrée et sortie de la galerie)

$$2 \times 50 \times 5 \times 1 + 2 \times 5 \times 50 \times 1 = 1.500 \text{ m}^3$$

2.3.5 - Béton en galerie

$$(5,5 - 3,2) \times 240 = 550 \text{ m}^3$$

2.3.6 - Hors-profils (béton)

$$130 \text{ m}^3$$

2.3.7 - Coffrage à l'air libre

$$2 \times 2 \times 5 \times 50 = 1.000 \text{ m}^2$$

2.3.8 - Coffrage en galerie

$$5,6 \times 240 = 1.345 \text{ m}^2$$

2.3.9 - Acier pour béton

$$1.320 \times 20 = 26.400 \text{ kg}$$

III - Variante ouvrages d'adduction mixte

3.1 - Galerie d'amenée (hauteur 2,0 m largeur 1,7 m)

$$L = 3.600 + 250 = 3.850 \text{ m}$$

3.1.1 - Déblai à l'air libre

(sortie de la galerie de longueur 3.600 m
entrée et sortie de la galerie de longueur 250 m)

$$3 \times 10 \times 50 \times 5 = 7.500 \text{ m}^3$$

3.1.2 - Déblai en galerie :

$$5,5 \times 3.850 = 21.200 \text{ m}^3$$

3.1.3 - Hors-profils (déblai)

$$0,1 \times 21.200 = 2.100 \text{ m}^3$$

3.1.4 - Béton à l'air libre

$$3 \times 50 \times 5 \times 1 + 2 \times 5 \times 50 \times 1 = 2.250 \text{ m}^3$$

3.1.5 - Béton en galerie

$$(5,5 - 3,2) \times 3.850 = 8.850 \text{ m}^3$$

3.1.6 - Hors-profils (béton)

$$21.200 \times 0,1 = 2.100 \text{ m}^3$$

3.1.7 - Coffrage à l'air libre

$$3 \times 2 \times 5 \times 50 = 1.500 \text{ m}^2$$

3.1.8 - Coffrage en galerie

$$5,6 \times 3.850 = 21.600 \text{ m}^2$$

3.1.9 - Acier pour béton

$$8.850 \times 20 = 177.000 \text{ kg}$$

3.2 - Canal d'amenée à ciel ouvert (L = 800 m, i = 2,5 ‰)

3.2.1 - Déblai à l'air libre

$$2 \times 2 \times 800 = 3.200 \text{ m}^3$$

3.2.2 - Béton à l'air libre

$$\text{- radier } 2 \times 0,5 \times 800 = 400 \text{ m}^3$$

$$\text{- bajoyers } 2 \times 1 \times 2 \times 800 = \frac{3.200 \text{ m}^3}{3.600 \text{ m}^3}$$

3.2.3 - Coffrage à l'air libre

$$\text{- bajoyers } 4 \times 2 \times 800 = 6.400 \text{ m}^2$$

3.2.4 - Acier pour béton

$$3.200 \times 30 = 96.000 \text{ kg}$$

3.3 - Siphon sur le Ouadi Mghaissel

(longueur en plan 550 m, dénivellation 35 m)

3.3.1 - Déblai en pente

$$2 \left(\frac{550^2}{2} + 35^2 \right)^{1/2} \times 1 \times 6 = 3.540 \text{ m}^3$$

3.3.2 - Béton pour plots d'ancrage

(1 plot d'ancrage chaque 3 m)

$$\frac{2 \times \left(\frac{550^2}{2} + 35^2 \right)^{1/2}}{3} \times 1,5 \times 0,5 \times 1,25 = 185 \text{ m}^3$$

3.3.3 - Acier pour béton

$$185 \times 50 = 9.250 \text{ kg}$$

3.3.4 - Conduites en amiante-ciment

(ϕ 1,50 m, classe 12 kg/cm²)

Longueur 590 m



PROGRAMME DES NATIONS-UNIES
POUR LE DEVELOPPEMENT

F.A.O.

REPUBLIQUE LIBANAISE
MINISTERE DES RESSOURCES
HYDRAULIQUES ET ELECTRIQUES

PROJET DE DEVELOPPEMENT HYDRO-AGRICOLE

PLANIFICATION HYDRAULIQUE DU LIBAN-NORD

BARRAGE DE QARQAF
sur le Ouadi El Haour

Estimation des coûts

GC 04

Pièce 03

Beyrouth, Décembre 1971

BARRAGE DE QARQAF

SOMMAIRE

	<u>Page</u>
Récapitulation	2
Estimation du coût	4
Bordereau des prix unitaires	5
II - Devis estimatif des ouvrages sur le Ouadi El Haour	
1 - Barrage	7
2 - Voile d'étanchéité	7
3 - Dérivation provisoire	8
4 - Vidange de fond	8
5 - Ouvrage de Prise d'eau	9
6 - Variante évacuateur de crues souterrain	10
7 - Variante évacuateur de crues de surface	11
8 - Divers	11
II - Estimation du coût des expropriations	12
III- Ouvrages d'adduction à partir du Nahr Aarqa	
1) Barrage de prise sur Aarqa	12
2) Variante ouvrages d'adduction superficielle	13
3) Variante ouvrages d'adduction mixte	14

R E C A P I T U L A T I O N

Coûts (en millions de L.L.)

- 1) - Variante barrage à évacuateur de crues souterrain et ouvrages d'adduction mixte (souterraine, superficielle)

- Barrage sur le Ouadi El Haour	29,280
- Barrage de prise sur Aarqa	0,940
- Ouvrages d'adduction mixte	4,900
Total général	35,120

- 2) - Variante barrage à évacuateur de crues souterrain et ouvrages d'adduction superficielle

- Barrage sur le Ouadi El Haour	29,280
- Barrage de prise sur Aarqa	0,940
- Ouvrages d'adduction superficielle	5,300
Total général	35,520

- 3) - Variante barrage à évacuateur de crues de surface et ouvrages d'adduction mixte (souterraine superficielle)

- Barrage sur le Ouadi El Haour	29,470
- Barrage de prise sur Aarqa	0,940
- Ouvrages d'adduction mixte	4,900
Total général	35,310

- 4) - Variante barrage à évacuateur de crues de surface et ouvrages d'adduction superficielle

- Barrage sur le Ouadi El Haour	29,470
- Barrage de prise sur Aarqa	0,940
- Ouvrages d'adduction superficielle	5,300
Total général	35,710

RECAPITULATION

Coûts (en millions de L.L.)

I - Coût du barrage sans ouvrages d'adduction

- Barrage sur le Ouadi El Haour	20,800
- Voile d'étanchéité	1,900
- Dérivation provisoire	1,650
- Vidange de fond	1,040
- Ouvrage de prise d'eau	0,160
- Divers	0,245
- Expropriations	2,005
Sous total	27,800

- Variante évacuateur de crues souterrain

- sous total	27,800
- Variante évacuateur de crues souterrain	1,480
Total	29,280

- - Variante évacuateur de crues de surface

- Sous total	27,800
- Variante évacuateur de crues de surface	1,670
Total	29,470

II - Coûts des ouvrages d'adduction vers la retenue sur le Ouadi El Haour

1) Variante ouvrages d'adduction mixte (souterraine superficielle)

- barrage de prise sur le Nahr Aarqa	0,940
- Ouvrages d'adduction mixte	4,900
Total	5,840

2) Variante ouvrage d'adduction superficielle

- barrage de prise sur le Nahr Aarqa	0,940
- Ouvrages d'adduction superficielle	5,300
Total	6,240

ESTIMATION DES COUTS

Le bordereau des prix unitaires d'ordre génie civil ne doit pas être confondu avec un prix de série (bordereau du marché) c'est un prix global qui permet au projeteur de faire un devis rapide et réaliste en utilisant uniquement un nombre limité de postes principaux tels que: terrassements, remblais en grand masse, etc...

Les prix d'ordre unitaires du précédent tableau, comprennent en plus des dépenses directes de main d'oeuvre, matériel et fourniture, majorées de frais généraux, bénéfices, taxes etc...

- 1) Les frais d'installations de chantier
- 2) Les dépenses pour ouvrages provisoires d'importance réduite.
- 3) Les prix secondaires de bordereau
- 4) Les dépenses de prestations accessoires ou travaux annexes

Les ouvrages provisoires importants tels que, accès, détournement des eaux par batardeau et dérivation provisoire sont chiffrés au même titre que les ouvrages définitifs.

Dans le détail estimatif, on indique le numéro de chaque prix par l'indication du numéro correspondant.

Le bordereau des prix unitaires est établi à partir des prix courant au Maroc, en France pour des ouvrages semblables, ajustés en tenant compte des conditions locales notamment du coût de la main d'oeuvre, des bétons, des terrassements, des conduites en amiante-ciment etc...

Les dépenses secondaires qui ne sont pas comprises dans le bordereau des prix unitaires sont exprimées en pourcentage du coût net des travaux qui font partie de la présente estimation du coût sont :

- 1 - frais d'études de reconnaissance et de surveillance du chantier 8%.
- 2 - dépenses pour les travaux non explicités et imprévus environ 10 %.

Bordereau des prix unitaires

N°	Désignation	Unité	Prix unitaire L.L.
Série des terrassements			
1	Décapage et préparation du terrain- - - - -	m2	1,85
2	Déblai à l'air libre en terrain rocheux - - -	m3	10,00
3	Déblai de surface en terrain compact sauf rocher - - - - -	m3	5,00
4	Déblai en tranchée - - - - -	m3	7,50
5	Déblai en pente - - - - -	m3	15,00
6*	Déblai en galerie - - - - -	m3	Var *
7*	Hors profils - déblai en souterrain - - - -	m3	Var *
8	Remblai en enrochements de carrière - - - -	m3	10,00
9	Remblai du noyau imperméable - - - - -	m3	7,00
10	Filtres - - - - -	m3	25,00
11	Drains - - - - -	m3	16,50
Série des bétons			
12	Bétons à l'air libre - - - - -	m3	62,00
13	Bétons pour plots d'ancrage - - - - -	m3	125,00
14*	Bétons en galerie - - - - -	m3	Var *
15*	Hors profils bétons en souterrain - - - -	m3	Var *
16	Coffrage à l'air libre - - - - -	m2	15,00
17	Coffrage en galerie - - - - -	m2	28,00
18	Acier pour béton - - - - -	kg	1,00
19	Joint Water-stop - - - - -	m1	40,00

N°	Désignation	Unité	Prix unitaire L.L
Série des divers			
20	Forage pour injection (profondeur moy. 58m)	ml	33,0
21	Produit sec injecté	T	450,0
22	Blindage	kg	4,0
23*	Soutènement	ml	Var *
24	Conduite en amiante-ciment ϕ 1,00 m 6 kg/cm ² - fourniture et pose	ml	194,0
25	Conduite en amiante-ciment ϕ 1,00 m 12 kg/cm ² - fourniture et pose en siphon	ml	276,0
26	Conduites en amiante-ciment ϕ 1,50 m 12 kg/cm ² - fourniture et pose en siphon	ml	500,0

Nota ! Var * : prix variable

6* : 52,00 LL galerie de rayon $\geq$ 4 m
80,00 LL galerie de rayon $<$ 4 m

7* : 30 % du prix 6*

14* : 78,00 LL galerie de rayon $\geq$ 4 m
86,00 LL galerie de rayon $<$ 4 m

15* : 70 % du prix 14*

23* : 330,00 LL galerie de rayon = 3,5 m par ml
280,00 LL " " " = 2 m par ml

I - Devis estimatif des ouvrages sur le Ouadi El Haour

N°	Désignation	Unité	Quantité	Prix	
				Unitaire L.L	Montant 10 ³ L.L
1 - Barrage sur le Ouadi El Haour					
1	Décapage pour les fondations	m2	81.000	1,85	150,0
2	Déblai - ballastières	m3	73.000	10,00	730,0
	Remblai				
8	- Enrochements	m3	1010.000	10,00	10100,0
9	- Noyau impermeable	m3	223.000	7,00	1561,0
10	- Filtres	m3	170.000	25,00	4250,0
11	- Drains	m3	52.000	16,50	858
				total	17.649

Sous total 17.649

Etudes et surveillance du chantier (8%) 1.410

Travaux imprévus et non explicités (env. 10%) 1.741

Total barrage 20.800

2 - Voile d'étanchéité					
20	Forage pour injections	ml	29 250	33,00	965,0
21	Produit sec injecté	T	1.462,5	450	658,0

Sous Total 1.623,0

Etudes et surveillance du chantier (8%) 130,0

Travaux imprévus et non explicités (env. 10%) 147,0

Total voile d'étanchéité : 1.900,0

N°	Désignation	Unités	Quantité	Prix	
				Unitaire LL	Montant 10 ³ LL
3 - Dérivation provisoire					
2	Déblai rocheux à l'air libre	m3	18000	10,0	180,0
6*	Déblai en galerie	m3	6050	80,0	484,0
7*	Hors-profils (déblai)	m3	600	24,0	14,5
12	Béton à l'air libre	m3	2125	62,0	132,0
14*	Béton en galerie	m3	2275	86,0	196,0
15*	Hors-profils (béton)	m3	600	60,0	36,0
16	Coffrage à l'air libre	m2	1650	15,0	25,0
17	Coffrage en galerie	m2	4375	28,0	122,5
18	Acier pour béton	kg	88000	1,0	88,0
23*	Soutènement	m1	369	330,0	122,0

Sous-total 1400,0

Etudes et surveillance du chantier (8%) 112,0

Travaux imprévus et non explicités (env. 10%) 138,0

Total dérivation provisoire 1650,0

4 - Vidange de fond.					
2	Déblai à l'air libre	m3	175	10,0	2,0
6*	Déblai en galerie	m3	2865	52,0	149,0
7*	Hors-profils (déblai)	m3	285	15,5	4,5
12	Béton à l'air libre	m3	345	62,0	21,5
14*	Béton en galerie	m3	1520	78,0	118,5
15*	Hors-profils (béton)	m3	285	55,0	15,5
16	Coffrage à l'air libre	m2	345	15,0	5,0
17	Coffrage en galerie	m2	1885	28,0	52,5

N°	Désignation	Unité	Quantité	Prix	
				Unitaire LL	Montant 10 ³ LL
18	Acier pour béton	kg	37,500	1,0	37,5
22	Blindage	kg	56,500	4,0	226,0
	Vanne de garde S = 2,0 x 1,7 h = 64 m		1	Forf.	125,0
	Vanne de réglage 2,0 x 4,0 m ² h = 64 m		1	Forf.	125,0

Sous total 882,0

Etudes et surveillance du chantier (8%) 70,5

Travaux imprévus et non explicités (env. 10%) 87,5

Total vidange de fond. 1040,0

5 - Ouvrage de Prise d'eau					
12	Béton à l'air libre	m ³	950	62,0	59,0
16	Coffrage à l'air libre	m ²	550	15,0	8,0
18	Acier pour béton	kg	19,000	1,0	19,0
	1 vanne de garde (type Papillon) Ø = 1,0 m		1	Forf.	50,0
	1 grille S = 3,0 x 1,7 m ²		1	Forf.	2,0

Sous total 138,0

Etudes et surveillance du chantier (8%) 11,0

Travaux imprévus et non explicités (env. 10 %) 11,0

Total Ouvrage de Prise d'eau : 160,0

N°	Désignation	Unité	Quantité	Prix	
				Unitaire LL	Montant 10 ³ LL
6 - Variante évacuateur de crues souterrain					
2	Déblai à l'air libre	m3	35.000	10,0	350.0
6*	Déblai en galerie	m3	3.100	52,0	161,0
7*	Hors-profils (déblai)	m3	300	15,5	4,5
12	Béton à l'air libre	m3	5.300	62,0	328,5
14*	Béton en galerie	m3	1.150	78,0	90,0
15*	Hors-profils (béton)	m3	300	55,0	16,5
16	Coffrage à l'air libre	m2	2.000	15,0	30,0
17	Coffrage en galerie	m2	1.665	28,0	46,5
18	Acier	kg	186.000	1,0	186,0
23*	Soutènement	ml	112	330,0	37,0

Sous total 1.250

Etude et surveillance du chantier (8%) 100

Travaux imprévus et non explicités (env. 10%) 130

Total variante évacuateur souterrain 1.480

II - Estimation du coût des expropriations sur le Ouadi El Haour

Surface de la cuvette 108,5 ha
 Zone de sécurité de 10 m de largeur 7,0 ha
 115,5 ha

Coût des expropriations
 en 10³LL

- Terrain 115,5 x 10.000 = 1.155

- Oliviers (200/ha) : 200 x 85(ha)x50LL = 0.850

2.005

III - Ouvrages d'adductions à partir du Nahr Aarqa

N°	Désignation	Unité	Quantité	Prix	
				Unitaire LL	Montant 10 ³ LL
1 - Barrage de Prise sur le Nahr Aarqa					
1	Décapage sous l'emprise du barrage	m2	1.500	1,85	2,50
2	Déblai	m3	4.500	10,0	45,00
12	Béton à l'air libre	m3	6.500	62,0	403,00
16	Coffrage à l'air libre	m2	3.500	15,0	45,00
18	Acier pour béton	kg	150.000	1,0	150,00
	Vanne de chasse		1	Forf.	120,00
	Batardeau		1	Forf.	30,00

Sous total 795,5

Etudes et reconnaissances (8%) 63,5

Travaux imprévus et non explicités (env. 10 %) 81,0

Total barrage de prise : 940,0

N°	Désignation	Unité	Quantité	Prix	
				Unitaire LL	Montant 10 ³ LL
2 - Variante ouvrages d'adduction superficielle					
3	Déblai à l'air libre (pour conduites)	m3	245.000	5,00	1225,00
4	Déblai en tranchée	m3	37.000	7,50	277,50
11	Remblai pour tranchée	m3	29.150	1,00	29,00
24	Conduites (amiante-ciment 6 kg/cm2) Ø 1,0 m, fourniture et pose	m1	9.250	194,00	1794,50
5	Déblai en pente	m3	5.940	15,00	88,50
13	Béton pour plots d'ancrage	m3	310	125,00	38,75
18	Acier	kg	15.500	1,0	15,50
25	Conduites (amiante-ciment 12 kg.cm2) fourniture et pose en siphon	m1	990	276,00	248,50
2	Déblai à l'air libre (pour galerie)	m3	5.000	10,00	50,00
6 *	Déblai en galerie	m3	1.320	80,0	105,50
7 *	Hors profils (déblai)	m3	130	24,0	3,25
12	Béton à l'air libre	m3	1.500	62,0	93,00
14*	Béton en galerie	m3	550	86,0	47,25
15 *	Hors profils (béton)	m3	130	60,0	9,50
16	Coffrage à l'air libre	m2	1.000	15,0	15,00
17	Coffrage en galerie	m2	1.345	28,0	37,50
18	Acier pour béton	kg	25.400	1,0	25,50
23*	Soutènement	m1	240	125,0	30,00

Sous total 4133,00

Etudes et surveillance du chantier (8%) 332,65

Travaux imprévus et non explicités (env. 10%) 436,35

Expropriation de l'emprise de la plateforme Total 4900,00

(9250 + 990) x 16 x 2,5 = 400,00

Total général 5300,00

N°	Désignation	Unité	Quantité	Prix	
				Unitaire LL	Montant 10 ³ LL
3 - Variante ouvrages d'adduction mixte					
2	Déblai à l'air libre	m3	7.500	10,0	75,00
6*	Déblai en galerie	m3	21.200	80,0	1696,00
7*	Hors-profils (déblai)	m3	2.100	24,0	50,50
12	Béton à l'air libre	m3	2.250	62,0	139,00
14*	Béton en galerie	m3	8.850	86,0	761,00
15*	Hors-profils (béton)	m3	2.100	60,0	126,00
16	Coffrage à l'air libre	m2	1.500	15,0	22,50
17	Coffrage en galerie	m2	21.600	28,0	60,50
18	Acier pour béton	kg	177,000	1,0	177,00
23*	Soutènement	ml	3.850	125,0	480,00
3	Déblai à l'air libre (de surface)	m3	3.200	5,0	16,00
12	Béton à l'air libre	m3	3.600	62,0	223,00
16	Coffrage à l'air libre	m2	6.400	15,0	96,00
18	Acier pour béton	kg	96.000	1,0	96,00
5	Déblai en pente	m3	3.540	15,0	53,50
13	Béton pour plots d'ancrage	m3	185	125,0	23,00
18	Acier pour béton	kg	9.250	11,0	9,00
26	Conduites (amiante-ciment 12 kg/cm2) (Ø 1,5 m, fourniture et pose)	ml	590	500,0	295,00
Sous-total					4104,00
Etudes et surveillance du chantier (8%)					328,30
Travaux imprévus et non explicités (env.10%)					417,70
Total					4850,00
Expropriation de l'emprise de la plateforme (800 + 590) x 16 x 2,5 =					50,00
Total général					4900,00