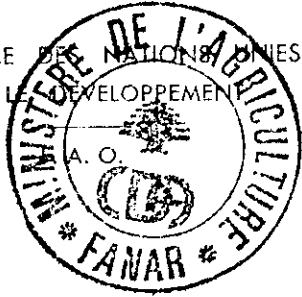


P10  
Min  
280

PROGRAMME DES NATIONS UNIES  
POUR LE DEVELOPPEMENT



الجمهورية اللبنانية  
مكتب وزير الدولة لشؤون التنمية الإدارية  
REPUBLICQUE LIBANAISE  
MINISTÈRE 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 DAR BEACHTAR

## Rapport

GC 03  
Pièce No. 1.1

Beyrouth, Août 1970

MFN= 530

PROGRAMME DES NATIONS UNIES  
POUR LE DEVELOPPEMENT

F.A.O.

REPUBLIQUE LIBANAISE  
MINISTRE DES RESSOURCES  
HYDRAULIQUES ET ELECTRIQUES

PROJET DE DEVELOPPEMENT HYDRO - AGRICOLE

Planification hydraulique du Liban-Nord

BARRAGE DE DAR BEACHTAR

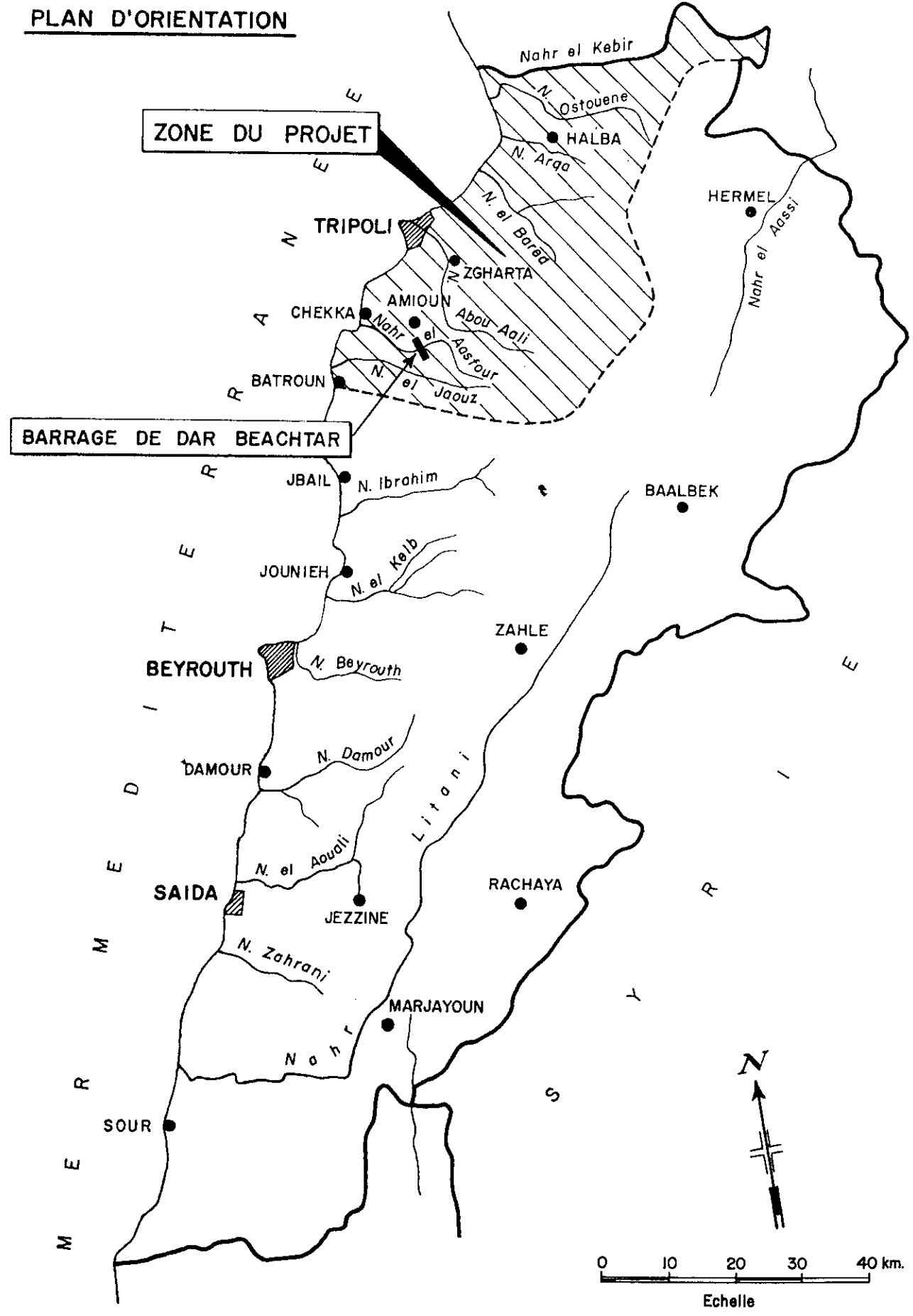
Rapport

EC 03

Pièce N°1.1

Beyrouth, août 1970.

PLAN D'ORIENTATION



ZONE DU PROJET

BARRAGE DE DAR BEACTAR

0 10 20 30 40 km.

Echelle

R E S U M E

L'emplacement du barrage de Dâr Beachtâr est situé sur le Nahr el Aasfour à 4 km au sud d'Anioun.

Le site permet d'envisager un ouvrage de 60 à 70 m de hauteur avec une retenue d'environ 40 à 50 millions de m<sup>3</sup>.

Le réservoir servira essentiellement à l'alimentation du réseau d'irrigation d'environ 7.000 ha de terres actuellement cultivées en sec dans la région de Koura-Zgharta. Il se remplira pendant les mois d'hiver par les apports du Nahr el Aasfour et par la dérivation des eaux excédentaires (non turbinées) du Nahr Abou Aali. La cuvette est formée par un synclinal sénonien, ce qui en garantit l'étanchéité.

Le barrage proprement dit est constitué par un remblai en enrochements de carrière avec masque d'étanchéité amont en béton bitumineux ou avec un noyau incliné en argile. Dans les deux types de barrage étudiés, l'étanchéité est fondée sur les marnes du Sénonien peu perméables. Les recharges aval reposent, par contre, sur les calcaires du Turonien de bonne tenue.

Un évacuateur de crue de 600 m<sup>3</sup>/s de capacité, une vidange de fond et un ouvrage de prise d'eau dans la retenue sont également prévus.

L'ouvrage d'adduction comporte un petit barrage en béton sur Abou Aali et une galerie d'amenée de 3,5 km de longueur.

La moins chère des variantes étudiées correspond à une solution de barrage avec masque amont construit en première phase et l'ouvrage d'adduction en deuxième phase.

Le coût de l'ensemble des ouvrages, chiffré sur la base d'une série de prix établie par comparaison avec les prix pratiqués pour les ouvrages de même importance réalisés au Liban, en France et au Maroc, s'élève à 32,7 millions de livres libanaises (10 millions de US \$) pour un volume d'eau accumulé de 41,5 millions de m<sup>3</sup>.

A B S T R A C T

The proposed Dâr Beabatâr storage dam is situated on the Nahr el Aasfour about 4 km south of Amioun.

This site is suitable to construct a 60 to 70 meters high dam with a storage capacity of 40 to 50 million cubic meters approximatively.

The water will be utilized to irrigate about 7000 ha in the Koura-Zgharta region. At present these lands are used for dry-farming. The reservoir will be filled by the winter flows of the Nahr el Aasfour and by diversion of surplus water of the Nahr Abou Aali (which are not utilized by the existing hydro-electric power station).

The reservoir geological formation is a Senonian syncline, which insure its impermeability.

A rockfill dam is studied with either an upstream lining of asphaltic concrete or a sloping clay core. As the impervious components in both dams cutoff trenches have to be constructed down to the Senonian marls which have a low permeability, while the downstream fillings lay on the well bearing Turonian limestone.

The dam is equipped with a spillway of 600 m<sup>3</sup>/sec of capacity, a bottom drain and a water outlet have been also provided.

The diversion system includes a small concrete dam on the Nahr Abou Aali and a 3,5 km long tunnel to convey the water.

The most economical among the studied variants is the dam with asphaltic concrete lining constructed in a first phase, with the diversion system constructed in a second phase.

The total construction cost, based on a comparative study of ruling prices of similar constructions in Lebanon, France and Morocco, is estimated at 32.7 million of Lebanese Pounds (10 millions of US \$) for a storage capacity of 41.5 millions cubic meters.

## ملخص

يتوقع بناء سد دار بعشتار على مجرى نهر العصفور على بعد اربع كيلومترات جنوبي بلدة اميون

ان هذا الموقع يسمح بانشاء سد بعلو يتراوح بين ستين وسبعين مترا وتخزين كمية من المياه تقدر بين اربعين وخمسين مليون مترا مكعبا .

ان مياه هذا الخزان ستستعمل لرى سبعة الاف هكتار من الاراضي غير المروية في منطقتي الكورة وزغرتا .

يملاء هذا الخزان في اشهر الشتاء من مياه نهر العصفور ومن مياه نهر ابو علي الفائضة عن حاجة معمل توليد الطاقة الكهربائية .

يتألف جسم السد من ردميات صخرية مستخرجة من المقالع مع حاجز امامي يمنع تسرب المياه من الاسفلت او نواة مركزية دلفاقية .

في كلتا السالتين يرتكز الحاجز الامامي او النواة المركزية على صخور حواريصة غير نافذة بينما تتكىء الجيمة الخلفية من السد على صخور كلسية ثابتة .

لخصت هذه الدراسة انشاءات مختلفة لتصريف مياه الفيضان بسعة ٦٠٠ متر مكعب في الثانية ولتفريغ الخزان ولاخذ المياه .

وقد لاحظ ايضا انشاء سد من الاسمنت على نهر ابو علي لتحويل المياه نحو خزان دار بعشتار بواسطة نفق طوله ثلاثة كيلومترات ونصف

ان بناء السد من الردميات الصخرية مع الحاجز الامامي الاسفلي على مرحلتين هو افضل حل اقتصادي خاصة ان بني السد التحويلي على نهر ابو علي في مرحلة ثانية .

ان كلفة بناء مجمل هذه الانشاءات تقدر بمبلغ اثنين وثلاثين مليوناً وسبعمئة الف ليرة لبنانية (لتخزين واحد واربعين مليوناً ونصف مليون من الامتار المكعبة) بالاستناد الى كلفة انشاءات مماثلة والاسعار الرائجة في لبنان ،فرنسا ، والمغرب .

# BARRAGE DE DAM BEACHEDAR

## Rapport

### SOMMAIRE

	<u>Page</u>
1 - Avant-propos .....	1
2 - Historique de l'étude .....	3
3 - Données de base	
3.1 - Situation géographique .....	5
3.2 - Cadre topographique .....	5
3.3 - Conditions géologiques .....	6
3.4 - Hydrologie .....	7
3.5 - Séismicité du site .....	9
3.6 - Eléments de l'estimation des coûts .....	11
4 - Caractéristiques de l'aménagement	
4.1 - Choix de la hauteur du barrage .....	23
4.2 - Schémas de fonctionnement .....	24
4.3 - Tableau comparatif des variantes étudiées ....	26
5 - Conception des ouvrages	
5.1 - Barrage .....	27
5.2 - Traitement des fondations .....	28
5.3 - Dérivation provisoire .....	29
5.4 - Evacuateur de crues .....	30
5.5 - Vidange de fond .....	32
5.6 - Prise d'eau .....	33
5.7 - Barrage et prise d'eau sur Abou-Aali .....	33
5.8 - Galerie Abou-Aali - Aasfour .....	35
5.9 - Ouvrages d'adduction d'eau vers le périmètre..	36

6 - Problèmes particuliers relatifs à l'exécution des travaux	
6.1 - Matériaux de construction .....	37
6.2 - Mise en place des matériaux .....	38
6.3 - Evacuation des eaux pendant la construction ..	39
6.4 - Exécution du masque d'étanchéité .....	41
6.5 - Programme d'exécution .....	42
7 - Estimation des coûts	
7.1 - Tableaux récapitulatifs des coûts et dépenses annuelles	
7.1.1 - Ouvrage définitif pour 20 km <sup>3</sup> .....	42
7.1.2 - Variante masque amont - en deux phases	43
7.1.3 - Variante masque amont <sup>1</sup> / <sub>2</sub> en une phase .	43
7.1.4 - Variante noyau incliné .....	46
7.2 - Ventilation des coûts par ouvrage .....	47
7.3 - Répartition des investissements dans le temps.	50
8 - Conclusions .....	52
9 - Documents utilisés .....	53

Annexes :

- 1.1/1 - Plan général de situation au 1:100.000
- 1.1/2 - Coupe caractéristique du barrage au 1:1.000
- 1.1/3 - Courbe volume retenu - prix.



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'Équipement du Ministère des Ressources Hydrauliques et Électriques.

Les objectifs assignés au Projet sont les suivants :

- 1) Investigations complémentaires (Hydrologie, Hydrogéologie, Pédologie).
- 2) Planification hydraulique du Nord du Liban.
- 3) Étude 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 600 ha.
- 6) Expérimentations et démonstrations hydro-agricoles.
- 7) Études 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 :

	<u>Experts de la</u> <u>F.A.O.</u>	<u>Ingénieurs du Gouvernement</u> <u>libanais et de contrepartie</u>
Direction	M. J. P. Villaret	M. N. Nahas
Agronomie	A. Marasovic E. Kramer	S. Bitar M. Soufy
Hydrologie	J. H. Visser	C. Arab H. Haja
Génie Civil	J. Soltès K. Bos	A. Atallah
Hydrogéologie	G. Chaponé A. Guerre	G. Makhoul
Irrigation	H. Mesny A. Servais	S. Sibai A. Mikati
Economie des exploitations	U. Grieb	A. Fazaa F. Leger
Economie générale	A. Odours H. Bral	G. Panayot

---

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

Le présent dossier a été plus particulièrement préparé par M. Soltès et Atallah.

## 2 - HISTORIQUE DE L'ETUDE

Le site de barrage de Dar Beachtar a été repéré et pour la première fois sommairement étudié par le "Bureau of Reclamation" - Denver, Colorado - en 1955 (Water Resources Investigations for the Hahr Abou Ali Basin - Reconnaissance Report). L'étude géologique avait alors conclu à l'impossibilité de réaliser un ouvrage à cause de la présence d'un système de failles traversant la cuvette pouvant affecter l'étanchéité de la future retenue. Les arguments suffisamment justificatifs n'ont toutefois pas été présentés. Les mêmes réserves, sans appui d'investigations supplémentaires, sont formulées dans le dossier de la SCET : "Planification des eaux entre Chikha et le Hahr el Bared" (mars 1967). On admet, cependant, la possibilité d'une retenue de 5 millions de m<sup>3</sup>.

L'étude géologique du site a été reprise en 1967 par M. A. Buerre qui a établi un levé géologique au 1/20.000 de la région et rédigé le "Rapport géologique préliminaire sur le site de Dar Beachtar" (Direction générale des équipements hydrauliques et électriques - Beyrouth, Octobre 1967).

Le rapport concluait à l'étanchéité de la cuvette jusqu'à la cote 320,00 m.

Sur la base des données de cette étude géologique et avec un agrandissement au 1/2000 de la carte topographique au 1/20.000, une première étude de l'aménagement a été entreprise en 1969 par le Projet. Le barrage a été étudié en trois variantes (barrage en béton, en enrochement avec le noyau amont et enrochement avec le noyau central) sur deux emplacements différents, dont l'emplacement aval dans les calcaires et celui de l'amont dans les marnes. Ces solutions ont été présentées dans le cadre de "l'Etude préliminaire des ouvrages hydrauliques du Liban-Nord" en décembre 1969 (Publication GC 02 du Projet).

Simultanément, les travaux de reconnaissance géologique ont été lancés. Ils ont abouti à un rapport géologique du site (Publication EG 09 du Projet - Beyrouth 15 janvier 1970). Les résultats de cette étude plus détaillée seront brièvement résumés sous le paragraphe 3.3.

Un levé topographique au 1/1000 du site, les profils en travers de la cuvette au 1/200 / 1000 (reproduits à l'échelle de 1/500 / 5000 sur le plan N° 1.5) et les profils en travers des sites de prise sur le Abou Aali et le Jaous ont été exécutés aussitôt après.

A deux reprises au cours de l'étude, celle-ci fut l'objet d'une mission des consultants du Projet, MM. J. Barge et P. Petiteville. Les résultats des consultations sont résumés dans les rapports respectifs de ces missions : (Rapport de mission du 14 au 23 janvier 1970 - J. Barge et Rapport de mission du 21 au 27 juin 1970 - J. Barge et P. Petiteville).

Le premier rapport a permis les conclusions suivantes :

a) La construction d'une digue en enrochements paraît réalisable sur le site de Dar Beachtar, sous réserve d'implanter sur les calcaires marneux les organes d'étanchéité.

b) Deux solutions sont possibles :

- une digue à noyau central,
- une digue avec masque d'étanchéité amont.

c) Les deux solutions méritent d'être étudiées au moins sommairement. La solution finalement retenue devra tenir compte de la possibilité de réalisation en deux phases.

La présente étude a pour but de trouver, parmi les variantes étudiées, la solution la mieux adaptée aux conditions locales et suffisamment précise pour permettre l'estimation du coût de l'aménagement au niveau d'une étude de factibilité.

Pour cela toutes les données actuellement disponibles sont utilisées. Leur nature et le degré de précision sont brièvement définis ci-après.

### 3 - DONNEES DE BASE

#### 3.1 - Situation géographique.

Le barrage de Dâr Beachtâr est situé sur le Nahr el Ansfour au Sud du village dont il emprunte le nom et à 4 km environ au Sud-Sud-Ouest d'Anioun.

Le point d'intersection de l'axe du barrage (variante à nasque amont - crête à la cote 325,00) avec le lit de la rivière est défini, dans le système Lambert, par les coordonnées :

$$X = 156,550$$

$$Y = 250,250$$

Le fond du lit de la rivière y est à la cote :

$$Z = 256,90$$

L'accès au site se fait actuellement à pied à partir du village de Dâr Beachtâr sur la rive droite, ou bien à partir du village de Majdel sur la rive gauche. Les deux villages sont reliés par les routes secondaires de bonne qualité aux routes principales Chekka - Les Cèdres et Tripoli - Koûsba.

Pendant les travaux, l'accès au barrage se ferait par la future route d'accès au couronnement de la digue, longue d'environ 1,4 km, développée sur la rive gauche de la vallée. Elle atteindrait la route existante à mi-distance de Ouata Farès et Majdel. Une bretelle d'environ 330 mètres descendrait en rive gauche du couronnement au pied aval du barrage où se trouve située la station de pompe.

Remarquons que l'accès est également possible à partir de la route existante en rive droite.

#### 3.2 - Cadre topographique.

Pour l'établissement des plans, pour le calcul des volumes de la retenue et des remblais on s'est servi de la carte topographique au 1/20.000 existante, ainsi que du levé topographique du site au 1/1000 élaboré par la Direction des affaires géographiques de l'Armée. Les profils à travers la retenue au 1/500 / 2000 relevés par le Bureau d'études K. Germani ont servi à la vérification du volume de la retenue. Enfin, les profils en travers au 1/500 de la vallée de Abou Aali au droit du site de barrage de prise (Bureau d'études J. Safa) ont été utilisés pour l'établissement du fond de plan topographique de l'ouvrage de prise.

La configuration topographique du site est particulièrement favorable et présente un rétrécissement de la vallée correspondant aux affleurements calcaires qui est suivi vers l'amont d'un élargissement dans les formations marnées constituant ainsi une cuvette relativement vaste et étanche. On ne peut toutefois pas profiter de l'emplacement topographiquement le plus favorable du barrage où sa longueur en crête ne serait que d'environ 220 m. Le contact calcaires-marnes est, en effet, trop éloigné de cet emplacement pour permettre un raccordement peu coûteux et sûr des éléments d'étanchéité du barrage au substratum imperméable.

Presque la totalité de la cuvette (200 ha environ) est actuellement cultivé à sec et planté d'oliviers. On devra donc prévoir l'expropriation assez coûteuse des terres et l'assainissement par déboisement de la cuvette.

### 3.5 - Conditions géologiques.

Résumant et interprétant les résultats des travaux de reconnaissance, l'Etude géologique du site de barrage de Dâr Beachtâr (Publication EE 09 du Projet du 15 janvier 1970) a confirmé les conclusions de l'étude antérieure de M. Guerre.

Ces travaux ont consisté en 4 sondages de reconnaissance totalisant 260 ml et des décapages réalisés sur les deux rives. Chaque sondage a fait l'objet d'essais de perméabilité "Lugeon".

Les principales conclusions ayant trait aux différents ouvrages de l'aménagement ont été formulées comme suit :

La campagne de reconnaissance et l'étude géologique de surface ont montré que les étages concernés par le barrage et la retenue sont le Turonien, représenté par des calcaires et dolomies karstifiés et le Sénonien, caractérisé par des marnes et des marno-calcaires.

La retenue baignera une cuvette formée par un synclinal sénonien, ce qui en garantit l'étanchéité.

Les matériaux de construction pour un barrage en enrochement sont aisément accessibles et proches du site.

Les ouvrages annexes, galeries d'amenée et de dérivation traverseront des séries calcaires et marnées sans poser de difficultés particulières.

Il n'y a donc aucune objection géologique à la création d'une retenue dans la cuvette de Dâr Beachtâr mais il y a des contraintes sur l'implantation de l'ouvrage et par suite de son type, en vue d'assurer l'étanchéité de la cuvette.

On trouvera le rapport géologique détaillé ainsi que les levés et les coupes géologiques concernant les différents ouvrages de l'aménagement dans le dossier mentionné plus haut (Publication EE 09 du Projet).

### 3.4 - Hydrologie.

Les problèmes que pose l'hydrologie de la région font l'objet des études particulières qui seront résumées dans les rapports suivants :

- Rapport d'étude des débits moyens des fleuves dans le Nord du Liban (Publication N° AE 02).

- Etude des crues des fleuves dans le Nord du Liban (Publication N° AE 03).

- Etude de l'exploitation de la retenue de Dâr Beachtâr (faisant partie d'une étude intégrée : Planification hydraulique du Koura).

Actuellement, toutes ces études sont en cours et on ne peut pas en tirer des conclusions définitives pour les besoins de la présente étude.

Nous donnons ici un aperçu des données hydrologiques disponibles à ce jour qui ont servi à l'adoption des solutions étudiées dans le présent dossier.

Trois cours d'eau intéressent l'aménagement hydraulique de Dâr Beachtâr :

- Nahr el Aasfour sur lequel est implanté le barrage,

- Nahr Abou Aali, d'où les eaux devraient être dérivées vers la retenue de Dâr Beachtâr. La prise est prévue à 3 km environ à l'amont de Koufba,

- Nahr el Jabou dont le cours sensiblement parallèle à celui d'el Aasfour se rapproche de ce dernier à 1,7 km environ, au droit du site de barrage. Une prise située près de Esâtine el Aossi pourrait éventuellement être envisagée en variante.

Voici les principales caractéristiques hydrologiques de ces trois rivières, comme elles sont connues à ce jour :

./.

Caractéristique (unité)	Aasfour à Dâr Esachtâr	Abou Aali à Koûsba	Jaouz à Beit Chiala
Superficie du B.V. (km <sup>2</sup> )	56,5	142	74
Altitude moyenne du B.V.	700,00	env. 1.550,00	env. 1.650,00
Apports annuels dépassés 5 ans sur 10 (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	8* à 20**	91	53
Apports annuels dépassés 7 ans sur 10 (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	5* à 15**	64	39
Débit instantané de la crue exceptionnelle (m <sup>3</sup> /s)	600	960	-
Débit spécifique moyen (l/sec/km <sup>2</sup> )	13,4	20,4	22,4
Débit spécifique de la crue F = 0,01% (m <sup>3</sup> /sec/km <sup>2</sup> )	10,6	6,6	-

Pour l'estimation des volumes moyens annuels écoulés, on s'est servi des renseignements fournis par les stations de jaugeages de Koûsba sur Abou Aali en service depuis 1948 (reconstruite en 1956) et de Beit Chiala sur Jaouz, fonctionnant depuis 1966. Sur le Nahr el Aasfour, une station de jaugeage a été installée en décembre 1969. Les mesures des débits effectuées pendant la saison d'hiver 1969/70 conduisent à un volume annuel écoulé d'environ 7 millions de m<sup>3</sup>. Les données du tableau ci-dessus ont été établies par corrélation avec la station de Beit Chiala.

Dans les calculs de l'exploitation de la retenue on tiendra cependant compte du volume turbiné par les usines qui représente un volume annuel moyen réel de 37 millions de m<sup>3</sup> (période 1955 - 1968) pour l'usine de Koûsba sur Abou Aali et un volume d'environ 30 millions de m<sup>3</sup> pour l'usine de Kaftoun sur el Jaouz. Le volume théorique turbinable par l'usine de Koûsba (c'est-à-dire le volume déduit du débit disponible dans la rivière et de la capacité

\* Valeurs calculées sur la base des débits mesurés en 1969/70 à l'aval de la zone perméable du lit de la rivière.

\*\* Valeurs estimées valables pour le tronçon à l'amont de la zone perméable du lit de la rivière.



de la conduite d'alimentation de l'usine égale à  $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$ ) étant de 56 millions de  $\text{m}^3$  en moyenne, on peut compter avec sécurité, pendant une année moyenne, sur un volume de  $20 + 91 - 56 = 55$  millions de  $\text{m}^3$  utilisables pour l'agriculture.

La valeur de la crue exceptionnelle à Kousba a été extraite de l'étude de la SCET (Protection de Tripoli contre les crues - Avril 1964).

L'étude des crues d'el Aasfour à Bâr Beachtâr n'a pu être faite qu'à partir des formules empiriques faisant intervenir les caractéristiques du bassin versant et les valeurs des précipitations enregistrées par des stations pluviométriques les plus proches du site (voir pièce N°1.2 de ce dossier : note de calculs).

Un fait assez important est à signaler à propos des débits d'étiage du Nahr el Aasfour. Le lit de la rivière au droit du site est, en effet, à sec pendant la plus grande partie de l'année. Néanmoins, un faible débit a été observé, pendant la période sèche, à environ 5 km en amont du site. A cet endroit, le débit d'étiage peut être estimé à 20 à 40 l/s environ. Il est cependant entièrement absorbé par les irrigations locales. Une zone particulièrement perméable se situe entre le Mathanet es Saïdé et le confluent avec Quadi Chaqlâta, où l'éventuel débit excédentaire d'été disparaît totalement. Ce fait est à retenir pour prévoir les mesures appropriées en vue d'assurer l'alimentation en eau du chantier.

Les mesures en cours ont pour but, entre autres, de déterminer la valeur du débit d'étiage et l'importance des pertes d'eau sur le tronçon perméable. Ces pertes pourraient être limitées et les débits correspondants récupérés par un revêtement étanche de ce tronçon.

Notons enfin que la pente moyenne de la rivière entre sa confluence avec Quadi Chaqlâta et le site est très proche de 1,7 %, au droit du site elle est de 2,2 %, pour s'élever brusquement à 9 % environ sur le tronçon situé à l'aval du site.

### 3.5 - Séismicité du site.

La source principale des renseignements sur la séismicité du site est la publication de l'Observatoire de Ksara : Catalogue des séismes ressentis au Liban (J. Plassard, B. Kogoj 1968).

./.

On peut noter notamment :

a) Les plus violents séismes ressentis au Liban depuis le début de notre ère jusqu'à ces jours sont les suivants :

- En 549 : destructions à Beyrouth, intensité 10 (échelle Mercalli révisée, à 12 degrés d'intensité).

- En 551 : destruction de Beyrouth, destructions à Tyr, Sidon, Batroun, Tripoli et autres villes du littoral libanais. Intensité 11.

- En 1.169 : destructions à Tripoli, intensité 9.

- En 1.127 : destructions à Tyr, intensité 9.

- En 1.190 : Tripoli à demi détruite, intensité 9.

- En 1.701 : destructions graves à Tripoli, Beyrouth, Tyr et Baalbek, intensité 10.

- En 1.759 : destructions à Baalbek, intensité 10.

- En 1.897 : destructions à Tyr, dommages à Saïda et Beyrouth, intensité max. 9.

- Le 16 mars 1956 : destructions dans le Chouf (intensité 9), à Jezzine (8), à Saïda (7), à Beyrouth (6), Ksara et Tyr (5), Tripoli (3).

b) Les épicentres de séismes fréquents (mais moins forts) les plus proches du site du barrage se situent : à l'Est : à Lornet es Saouda (à une trentaine de km du site), au Sud : dans le Chouf (à 65 km), à l'Ouest : à 50 km environs de la ligne côtière et au Nord : au-delà de la frontière syrienne (plus de 60 km.)

Les épicentres des plus forts séismes ressentis au Liban sont plus éloignés du site.

c) La carte sismique du Liban, établie en 1960 par l'Office National du Litani sur la base des données de l'Observatoire de Ksara (période 1906 - 1959), situe la région d'implantation du barrage entre les courbes isosismiques de l'intensité 5 et 6.

En conclusion, on peut résumer que le site de barrage de Dâr Bouchâr se trouve dans une zone jugée ici relativement calme au point de vue sismique. Il est assez éloigné des épicentres des plus fortes secousses sismiques connues. Il est situé à peu près au centre du triangle formé par les épicentres de séismes fréquents de faible intensité. Il est à signaler cependant qu'une faille d'une certaine importance (dite "faille de Labreun") passe à proximité du site sans toutefois toucher la retenue ou le barrage. Aucune activité sismique n'a pu être observée le long de cette faille jusqu'ici.

En tenant compte de ce qui précède, il paraît raisonnable de prévoir la possibilité d'une secousse sismique de l'intensité 7 à 8 ce qui revient à envisager, dans les calculs de stabilité des ouvrages, une accélération sismique de l'ordre de 0,1 à 0,15 g. (valeur extraite du tableau de D. D. Fenwick : Earthquakes and Earthquake - Resistant Design in American Civil Engineering Practice - 1957).

En plus, on prendra à cet égard les dispositions appropriées dès la conception des ouvrages : une revanche importante entre la crête de la digue et le niveau de la retenue normale, l'utilisation des matériaux très perméables pour le corps de la digue et le choix d'éléments d'étanchéité souples (masque amont bitumineux ou noyau en argile).

### 3.6 - Eléments de l'estimation des coûts.

Les principaux éléments qui sont entrés en jeu pour l'estimation du coût de l'ensemble des ouvrages sont les suivants :

- volumes des travaux et des matériaux mis en oeuvre,
- prix unitaires applicables à ces travaux,
- estimation des dépenses secondaires (frais d'études, travaux imprévus, expropriations, ... etc).

3.6.1 - Les métrés permettant une estimation quantitative des travaux et des matériaux ont été établis à partir des plans qui font partie de ce dossier. Nous avons cherché à donner à ces dessins et aux estimations des quantités un degré de précision correspondant à l'exactitude des données de départ.

3.3.2 - Les prix unitaires applicables aux ouvrages étudiés ont fait l'objet d'une analyse particulière. En effet, il aurait été difficile d'appliquer les prix moyens résultant d'un simple dépouillement des marchés conclus ou prévus pour les ouvrages hydrauliques au Liban. Les raisons en sont nombreuses. Tout d'abord, les ouvrages réalisés d'une importance comparable au barrage de Bâa Raachtâr sont rares au Liban et ils ont été construits dans des conditions économiques assez différentes. Les prix unitaires proposés pour le même travail varient souvent d'un marché à l'autre dans des limites trop larges pour pouvoir en tirer des conclusions valables. Les variations ne sont pas dues toujours aux conditions particulières d'exécution mais relèvent plutôt d'une stratégie commerciale des entreprises de construction. Pour certains travaux finalement il n'y a pas de précédent au Liban.

Nous étions donc amenés à une étude des prix unitaires plus poussée comportant plusieurs étapes :

a) Dépouillement des marchés conclus et réalisés au Liban. Nous avons pris en considération les suivants :

- Bassin de Kannan (1965 - 64)
- Surélévation du barrage de Hamaou (avril 1963)
- Ouvrage de tête de la chute de Joua (septembre 1965)
- Galerie d'amorçage de la chute de Joua (septembre 1965)
- Conduite forcée de l'usine de Joua (janvier 1966)
- Génie civil des ouvrages brise-charges (avril 1963)
- Canal 900 - Tête morte (février 1969)

b) Dépouillement des prix unitaires appliqués aux ouvrages hydrauliques construits récemment à l'étranger dans des conditions similaires : on a tenu compte des prix unitaires appliqués aux barrages suivants :

- Barrage de Gréoux sur le Verdon (France - 1967)
- Barrage sur l'Oued Grou (Maroc - 1969)
- Barrage des Ait Adel sur le Tessaout (Maroc - en constr.)
- Barrage de Tankist sur l'Oued Massa (Maroc - en constr.)
- Barrage de Ksar es Souk sur le Ziz (Maroc - en constr.)
- Barrage d'Arabat sur l'Innaouène (Maroc - en constr.)

./.

c) Dépouillement des dossiers des ouvrages hydrauliques en étude au Liban, notamment :

- Barrage de Khardalé (ONL - novembre 1960)
- Barrage de Aïn Zarka (Liban consult juin 1970)
- Barrage de Maïfadoun (ONL)

d) Consultations avec les spécialistes en la matière du Ministère des Ressources Hydrauliques et Electriques et de l'Office National du Litani.

e) Analyse détaillée des prix unitaires relatifs aux principaux travaux (remblais, bétons) qui seraient applicables dans des conditions particulières du site de Dâr Beachtâr (Dossier : Barrage de Dâr Beachtâr, Etude technico-financière par le Bureau d'Etudes ENHICO, J. A. Saliba, mai 1970).

f) Etablissement du bordereau définitif des prix unitaires en adoptant, en principe, les prix résultant de l'étude de l'ENHICO pour les plus importants postes du devis estimatif et les prix d'ordre unitaires utilisés au Maroc par la Direction de l'Hydraulique du Ministère des Travaux Publics et des Communications pour les autres postes. Ces derniers résultent des marchés conclus et actuellement en cours de réalisation dans les chantiers de barrage mentionnés plus haut.

#### 3.6.21 - Bordereau des prix unitaires

La série des prix unitaires appliqués à l'estimation du coût des ouvrages constituant l'aménagement de Dâr Beachtâr est donnée dans le tableau ci-après. Les conditions d'application de ces prix sont définies au paragraphe suivant. On désigne par v les prix qui varient en fonction de certains facteurs, tels que la section d'excavation des galeries, le volume total des travaux d'un lot ... etc.

./.

Bordereau des prix unitaires (1 US \$ = 3,25 LL.)

N°	Désignation	Unité	Prix unitaire LL
Série des terrassements			
1	Décapage et préparation du terrain	m <sup>2</sup>	1,0
2	Déblai en terrain compact sauf rocher	m <sup>3</sup>	5,0
3	Déblai rocheux à l'air libre	m <sup>3</sup>	v*)
4	Déblai en galerie	m <sup>3</sup>	v
5	Déblai en puits	m <sup>3</sup>	56,0
6	Mors-profils - déblai en souterrain	m <sup>3</sup>	v
7	Remblai en enrochements de carrière	m <sup>3</sup>	v
8	Remblai en enrochements en provenance des fouilles	m <sup>3</sup>	4,0
9	Recharge en alluvions	m <sup>3</sup>	5,3
10	Remblai du noyau impénétrable en argile	m <sup>3</sup>	6,8
11	Filtre	m <sup>3</sup>	14,7
Série des bétons			
12	Bétons à l'air libre	m <sup>3</sup>	62,0
13	Bétons en souterrain	m <sup>3</sup>	v*)
14	Mors-profils - bétons en souterrain	m <sup>3</sup>	v
15	Coffrage à l'air libre (plan ou R > 10 m)	m <sup>2</sup>	15,0
16	Coffrage à l'air libre simple courbure (R < 10 m)	m <sup>2</sup>	37,0
17	Coffrage à double courbure	m <sup>2</sup>	60,0
18	Coffrage en galerie courte (env. 200 m)	m <sup>2</sup>	28,0
19	Coffrage en galerie longue (plus de 3000 m)	m <sup>2</sup>	18,0
20	Acier pour béton à l'air libre	kg	1,0
21	Acier pour béton en souterrain	kg	1,1

\* ) Nota : v prix variables :

- Prix 3 : LL 10,0 - grande quantité, accès facile  
LL 15,0 - petite quantité ou accès difficile

- Prix 4 : LL 30,0 - courte galerie  $\phi$  2,3 m  
LL 52,0 - courte galerie  $\phi$  5,0 m  
LL 47,0 - courte galerie  $\Delta$  6,0 m  
LL 50,0 - longue galerie  $\Delta$  2,6 m

N°	Désignation	Unité	Prix unitaire LL
Série des divers			
22	Parapet en gabions	m3	20,0
23	Masque en béton bitumineux	m2	40,0
24	Lames d'étanchéité "Waterstop"	ml	30,0
25	Forages pour injection	ml	15,7
26	Produit sec injecté	T	450,0
27	Drains	ml	100,0
28	Soutènements		
	a - boulons d'ancrage	kg	9,1
	b - grillage de protection	kg	9,9
	c - cintres métalliques	kg	2,9
	d - plaques métalliques	m2	4,4
29	Blindage	kg	4,0
30	Préparation de la surface de reprise	m2	20,0
31	Béton de reprise y compris la préparation de la surface de reprise.	m3	110,0

- Prix 6 : 50 % des prix 4 et 5
- Prix 7 : LL 9,4 - pour un lot d'environ 2.000.000 m<sup>3</sup>  
LL 9,6 - pour un lot d'environ 500.000 m<sup>3</sup>
- Prix 13 : LL 36,0 - pour les galeries / 2,3 et Δ 2,6 m  
(petit diamètre)  
LL 70,- - pour les galeries / 5,2 et Δ 6,0 m  
(grand diamètre)
- Prix 14 : 70 % du prix 13.

### 3.6.22 - Conditions d'application des prix.

Les prix d'ordre unitaires donnés par le tableau du paragraphe 3.6.1 sont des prix globaux permettant de faire un devis estimatif rapide et réaliste en utilisant uniquement un nombre limité de postes principaux. Il ne faut donc pas les confondre avec des prix de série d'un bordereau de marché.

Ces prix comprennent en plus des dépenses directes de main-d'œuvre, matériel et fournitures majorées des frais généraux, bénéfices et taxes, les frais suivants :

- les frais d'installation de chantier et de leur repliement (y compris cités provisoires),

- les dépenses pour ouvrages provisoires d'importance réduite (plate-formes, voies de communication à l'intérieur du chantier). Les ouvrages provisoires importants (p. ex. dérivation provisoire) seront chiffrés séparément.

- les prix secondaires de bordereau,

- les dépenses de prestations nécessaires ou travaux annexes,

- une majoration de 15 % pour tenir compte des ajustements de prix et de quantités intervenant en cours de travaux.

Ci-après, nous donnons une définition plus détaillée des conditions d'application des prix unitaires .

./.



- 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 le matériel nécessaire à l'extraction, le chargement, 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.

- Prix N° 1 : Décapage et préparation du terrain; s'applique aux travaux préparatoires tels que déboisement, enlèvement de la couche végétale, élimination des aspérités etc... qui précèdent la mise en place des remblais pour la digue, les batardeaux et autres ouvrages ne nécessitant pas l'exécution des fouilles plus profondes. Le prix est établi en supposant que l'épaisseur de la couche de découverte est inférieure à 0,5 m.

- Prix N° 2 : Déblai en terrain compact, s'applique aux terrassements en alluvions, éboulis, marnes et de toutes terres dont l'extraction ne nécessite pas l'emploi de matériel spécial ou d'explosifs. On utilisera ce prix également pour l'extraction et la mise en décharge des matériaux de construction impropres à mise en oeuvre.

- Prix N° 3 : Déblai rocheux à l'air libre; rémunère les fouilles dans les calcaires, dolomies, et calcaires marneux résistants et nécessitant l'emploi systématique d'explosifs. On tient compte du volume total des travaux d'un lot et des facilités d'accès. Le prix comprend l'extraction, le chargement, le transport et la mise en décharge ou en dépôt. Le décapage superficiel n'est pas compris.

- Prix N° 4 : Déblai en galerie, est relatif aux terrassements souterrains en galeries peu inclinées. Sont compris dans le 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. Le prix des soutènements proprement dits n'est pas compris.

Les prix varient en fonction de la section théorique d'excavation définie par la ligne B. ( voir plan 5.3).

./.

- Prix N° 5 : Déblai en puits s'applique aux dérochements verticaux effectués en souterrain. On tient compte du diamètre théorique d'excavation ( $D = 7,2 \text{ m}$ ) et de la profondeur du puits en supposant un marinage naturel vers le bas.

- Prix N° 6 : Déblai des hors profils (au-delà de la ligne B) est payé conventionnellement à 30 % du déblai à l'intérieur du profil théorique.

- Remblais

Tous les remblais sont payés au mètre cube en place après le compactage. Le prix comprend la préparation de la zone d'emprunt (l'ouverture et l'exploitation de la carrière), le chargement, le transport, le déchargement et la mise en place des matériaux y compris toutes sujétions dues au réglage et compactage des matériaux et au réglage des talus du remblai, notamment de celui d'amont qui reçoit le masque étanche. Sont compris en plus : les frais généraux (12 %) et le bénéfice (10 %).

Il n'est pas tenu compte de mise en décharge des matériaux impropres à l'utilisation dans les ouvrages.

- Prix N° 7 : Remblai en enrochements de carrière. Ce prix résulte de l'analyse détaillée faite par le Bureau d'études ENHICO de J. Saliba. Parmi les principales hypothèses retenues dans ce calcul nous citons :

- distance de transport inférieure à 1 km,
- cadence max. journalière de la mise en place : 3.000 m<sup>3</sup> d'enrochements,
- compactage en couches d'environ 1,0 m par 6 à 8 passes de rouleau vibrant de 3 tonnes avec arrosage à raison de 600 l/m<sup>3</sup> d'enrochements.

- Prix N° 8 : Remblai en enrochements en provenance des fouilles. Mêmes conditions d'application que pour le prix N° 7 à la différence près que les enrochements sont empruntés dans les décharges provisoires des matériaux rocheux extraits antérieurement des fouilles pour les ouvrages. Le prix d'extraction peut donc être déduit.

./.

- Prix N° 9 : Recharge en alluvions. Les matériaux proviennent des ballastières dans le lit de la rivière. Les conditions d'application sont définies dans le "dossier ENHIOC". Le prix du dossier est réduit en tenant compte d'une possibilité de mieux organiser les travaux d'extraction.

- Prix N°10 : Remblai du noyau imperméable. Les conditions d'application et le prix du dossier ENHIOC sont, en principe, adoptés. Nous corrigons, cependant, légèrement le prix unitaire pour tenir compte des conditions de transport de la zone d'emprunt des argiles situées au sud d'Anicou.

- Prix N°11 : Filtre. Ce prix s'applique à des matériaux de qualité choisie et de granulométrie classée obtenus par le concassage et criblage des alluvions de la rivière. Le prix tient compte des conditions particulières de mise en place et de compactage soigné (par couches de 40 à 60 cm d'épaisseur et par 4 passes de rouleau vibrant).

#### - Série des bétons

##### - Bétons

Tous les bétons sont payés au mètre cube mis en place dans les conditions requises. Les prix comprennent la location du matériel de préparation et de la mise en place et la fourniture des agrégats, des ciments et d'adjuvants éventuels. Ils comprennent également les sujétions ayant trait à la présence des armatures, à la finition des surfaces et aux conditions particulières de l'exécution en souterrain. Toutefois, le coffrage, la fourniture et la mise en place des aciers ne sont pas compris.

- Prix N°12 : Bétons à l'air libre. On suppose pour tous les ouvrages exécutés à l'extérieur un béton moyen, pondéré, dont les caractéristiques sont les suivantes :

- agrégats classés en quatre catégories, diamètre max. 60 mm environ en provenance de la ballastière dans le lit de la rivière, au besoin concassés, lavés et criblés,
- sable d'apport extérieur au prix de 7 LL/m<sup>3</sup>,
- béton dosé à 350 kg de ciment portland par m<sup>3</sup>,
- fabrication du béton sur place par une centrale à béton, mise en place par grue mobile, traitement par les pervibrateurs pneumatiques.

./.

- Prix N°13 : Bétons en souterrain. Ce prix s'applique à tous les revêtements des excavations souterraines (galeries, puits, chambre des vannes etc) à l'intérieur du profil théorique (ligne B). Il tient compte des sujétions propres aux travaux en souterrain (venues d'eau limitées, injections de clavage ...etc). Il varie en fonction des difficultés de la mise en place du béton, soit avec la section libre d'excavation.

- Prix N°14 : Hors-profil (bétons). Le béton mis en place au-delà de la ligne B est payé conventionnellement à 70 % du prix N°13.

- Coffrages.

Les coffrages sont rémunérés au mètre carré de surface coffrée, mesurée sur l'ouvrage réalisé. Les prix tiennent compte de la fourniture et préparation des matériaux constituant les moules, de leur mise en place, démoulage et réemploi. Sont inclus également les cintres de grande portée et échafaudages de grande hauteur jusqu'à concurrence de 3 % du montant des coffrages. Il s'agit pour chaque catégorie des coffrages d'un prix pondéré représentant approximativement le pourcentage moyen, à l'intérieur de chaque catégorie, des coffrages grossiers, ordinaires et fins. On distinguera les coffrages en souterrain exécutés dans de courtes galeries de ceux des galeries longues où l'emploi des coffrages glissants devient rentable.

- Prix N°15 : Coffrage plan à l'air libre s'applique aux coffrages des surfaces plans et simples (murs, bajoyers, parois extérieures de la galerie de pied etc...) et des surfaces courbes à rayon supérieur de 10 m.

- Prix N°16 : Coffrage à l'air libre - simple courbure sera utilisé pour les coffrages des surfaces à rayon de courbure inférieur à 10 m (extérieur de la tulipe, puits de l'évacuateur, etc...).

- Prix N°17 : Coffrage à double courbure. Ce prix est réservé aux coffrages des surfaces les plus compliquées et pour lesquelles les tolérances des inégalités sont voisines de 0,2 cm (intérieur de la tulipe, raccordement puits-galerie etc...).

- Prix N°18, 19 : Coffrage en galerie. Le prix est fonction de la longueur susceptible d'être coffrée avec un même jeu de coffrages. De là, le prix réduit pour le coffrage de la galerie d'amenée de 3.450 m de longueur.

./.

- Aciers.

Tous les aciers sont payés en kilogramme mis effectivement en place. Les prix comprennent la fourniture à pied d'oeuvre du métal en barre, le façonnage aux formes indiquées, la mise en place dans les coffrages et les sujétions de bétonnage. Ils tiennent compte des chutes, pertes et ligatures.

- Prix N°20, 21 : Acier pour béton. On distingue les aciers mis en place à l'air libre et en souterrain, ces derniers étant posés dans des conditions plus difficiles. Les prix tiennent compte de la tendance actuellement haussière des prix du ferrailage au Liban.

- Série des divers.

- Prix N°22 : Parapet en gabions. Le prix comprend la fourniture des enrochements et du grillage en fils d'acier, la confection et la mise en place des gabions de dimensions 0,6 x 0,6 x 1,0 m pour former le parapet brise-lames sur la crête du barrage.

- Prix N°23 : Masque en béton bitumineux. Le prix implique la fourniture des matériaux constitutifs et la mise en place du masque amont étanche constitué par :

- une couche de binder de 10 cm d'épaisseur,
- deux couches de béton bitumineux de 6 cm d'épaisseur chacune,
- une couche de protection pourvue d'une peinture anti-solaire.

Les sujétions de la mise en place d'une couche de réglage sur laquelle le masque va s'appuyer sont comprises dans le coût du remblai de la digue.

- Prix N°24 : Lames d'étanchéité. Le prix s'applique à la fourniture, façonnage et mise en place de lames d'étanchéité en caoutchouc vulcanisé de section appropriée type "Waterstop", "Seuralit" ou similaire. Il s'applique au ml en place.

- Prix N°25 : Forages pour injections, s'applique à l'exécution des trous pour injections dans le rocher (marno-calcaire). Les trous de 6 et 15 m seront faits par forage à percussion à l'air libre.

./.

- Prix N°26 : Injection, s'applique à la fourniture et la mise en place du coulis constitué par ciment surmoulu et additifs nécessaires. Le prix s'applique à la tonne du produit sec et comprend toutes sujétions de matériel et d'exécution.

- Prix N°27 : Drains. Prix du mètre linéaire de drain y compris toutes sujétions de forage et d'équipement. Exécution à l'air libre, terrains : calcaires marnoux.

- Prix N°28 : Soutènements, s'applique à la fourniture, façonnage et mise en place des éléments de soutènement des excavations souterraines.

- Prix N°29 : Blindage. Le prix comprend la fourniture et la mise en place du blindage en tôle d'acier de 12 à 15 mm d'épaisseur. Il tient compte du poids supplémentaire des raidisseurs et des aciers d'ancrage qui portent l'épaisseur équivalente du blindage à 20 mm environ. Le prix s'entend pour 1 kg de blindage rendu monté.

- Prix N°30 : Préparation de la surface de reprise, s'applique à un volume réduit des travaux qui sont nécessaires pour assurer une bonne liaison entre le nouveau béton et la couche exécutée antérieurement.

- Prix N°31 : Béton de reprise, s'applique aux bétons pour lesquels un enlèvement au marteau piqueur d'un volume important d'ancien béton est nécessaire avant la mise en place d'une nouvelle couche. Il s'applique au m<sup>3</sup> du nouveau béton. La réalisation d'un ancrage solide du nouveau béton est également comprise.

3.6.3 - L'estimation des dépenses secondaires est fait forfaitairement.

Ainsi, nous avons estimé à 6 % du coût de base total de l'aménagement les frais d'études (projet, modèles réduits) et des reconnaissances (topographiques, géologiques, géotechniques et autres), qui sont nécessaires pour l'exécution et l'auscultation de l'ensemble des ouvrages.

Les travaux non explicités et imprévus à ce stade d'études, sont estimés à 10 % environ du coût de premier investissement de l'ensemble des ouvrages.

Les expropriations ont été chiffrées sur la base des normes moyennes en vigueur dans la région d'Anioun. Ainsi, nous prenons pour le m<sup>2</sup> du terrain (non irrigué, cultures non comprises) : 1,0 LL. et pour les oliviers un prix moyen de 50 LL. Ceci revient à un prix total de 2,0 LL/m<sup>2</sup> en supposant 200 oliviers en moyenne par ha. Ce prix comprend l'abattage et le déracinement des arbres dans l'emprise de la retenue.

#### 4 - CARACTERISTIQUES DE L'AMENAGEMENT

##### 4.1 - Choix de la hauteur du barrage.

Le barrage de Dâr Beachtâr est conçu dans le dessein de permettre la création d'une retenue dont l'objectif essentiel serait la mise en irrigation d'environ 7.000 ha de terres actuellement cultivées en sec et principalement plantées d'oliviers, dans la région de Koura et Zgharta située le long de la rivière Abou Aali à l'aval de Kousba (voir fig. 1/1).

Plusieurs facteurs déterminent le choix de la taille du barrage. Les plus importants sont :

- existence, dans la cuvette, d'importantes zones perméables au-dessus de la cote 325,00. Elles limitent le volume de la retenue pratiquement à 54,0 millions de m<sup>3</sup>,

- disponibilité des ressources en eaux superficielles qui peuvent être dirigées vers la retenue dans des conditions économiquement acceptables. Dans le cas d'une série exceptionnelle des années de faible hydraulicité, le total de toutes les ressources disponibles (sans toucher aux intérêts des usines existantes) descend à 55,0 millions de m<sup>3</sup>. (5 km<sup>3</sup> pour el Kasfour, 64-32 = 32,0 km<sup>3</sup> pour Abou Aali et 39-21 = 10 km<sup>3</sup> pour el Jaouz). Pour la variante étudiée (adduction d'eau de Abou Aali) ce minimum se situe aux environs de 32 + 5 = 37 km<sup>3</sup>,

- besoins du périmètre irrigable qui se chiffrent à 40 millions de m<sup>3</sup> environ par an.

Toutes les conditions précédentes étant satisfaites pour un volume d'eau approximatif de 40 millions de m<sup>3</sup>, nous choisissons provisoirement le niveau de la R.N. à la cote 320,00 ce qui donne un volume de  $41,5 \times 10^6$  m<sup>3</sup> et, avec une revanche de 5,0 m par rapport au niveau R.N., une hauteur de barrage de 60,0 m au-dessus du terrain.

Nous étudions également une variante du barrage qui permet de créer une retenue alimentée par les seuls apports d'el Kasfour et dont le volume total correspondant à la cote 305,00 est de 18,2 millions de m<sup>3</sup>. Dans ce cas, la hauteur du barrage avec la crête à la cote 310,00 est de 53,0 m au-dessus du sol.

Le volume de la retenue et, par là, la taille du barrage ne pourront être définitivement fixés qu'après l'achèvement des études en cours sur l'exploitation agricole de la retenue. Celles-ci sont liées de leur côté aux analyses de rentabilité et à l'adoption du schéma définitif d'irrigation.

#### 4.2 - Schémas de fonctionnement de l'aménagement (voir plan N°1.4)

On peut imaginer plusieurs solutions pour le remplissage et l'exploitation de la retenue. Les schémas de fonctionnement qui en résultent sont les suivants :

a) La retenue est alimentée par les apports d'el Aasfour seul. Ce cas correspond à un barrage de hauteur réduite et la retenue est limitée par le volume d'eau disponible.

La dérivation des eaux vers le périmètre peut se faire par le pompage ou, de préférence, par gravité étant donné la hauteur de refoulement trop importante. Dans ce dernier cas, une galerie d'environ 4 km restituant les eaux à la cote 278,00 à proximité d'Anioun amènerait les eaux vers le périmètre d'irrigation.

b) En plus des propres apports d'el Aasfour, les eaux excédentaires d'hiver du Nahr Abou Aali (non turbinables par l'usine hydroélectrique existante) sont dirigées vers la retenue. Une galerie de 3,5 km prend son départ dans Abou Aali à 3 km environ à l'amont de l'usine hydroélectrique de Kouba. En cas de pénuries, l'adduction des eaux turbinables peut également être envisagée.

Le périmètre d'irrigation est desservi de la même façon que dans le cas précédent, encore que cette fois le pompage devient moins onéreux à cause du niveau plus élevé de la retenue normale.

c) Le principe du remplissage et de l'exploitation de la retenue sont les mêmes que dans le cas b) à la différence près que les eaux d'appoint sont prises dans le Nahr el Jaouz à proximité du pont de Esâtine el Aossi. Une galerie d'environ 1,5 km amène les eaux vers la retenue. Etant donné que pendant des années de faible hydraulité presque la totalité des apports du Nahr el Jaouz est utilisée par l'usine hydroélectrique de Kaftoum et par l'agriculture à l'amont et à l'aval de la prise, nous n'avons pas étudié en détail cette possibilité. Elle serait cependant envisageable dans le cas où l'on pourrait démontrer que la réduction de production énergétique qui en résulte est compensée par les bénéfices dans le secteur agricole ou autre.



d) Un autre schéma suppose la nécessité d'accumulation du plus grand volume d'eau que permet le site. Pour cela, on a besoin des apports conjugués des trois rivières : Aasfour, Abou Aali et Jaous. Deux galeries d'amenées sont donc nécessaires. On peut réserver cette solution pour l'avenir quand de tels besoins pourront être économiquement justifiés. Les besoins envisagés par le Projet ne nécessitant pas cette solution extrême, celle-ci n'est pas examinée dans le présent dossier. La décision sur la nécessité d'application de ce schéma serait facilitée surtout dans le cas d'une construction du barrage en deux phases, dont la première correspondrait au schéma a), la deuxième à la solution b), c) ou d).

Les variantes de l'aménagement étudiées et présentées dans ce dossier correspondent aux schémas a) et b). Elles sont caractérisées comme suit :

- Variante masque amont - retenue 20 M<sup>3</sup>. La retenue est alimentée par les apports d'eau Aasfour seul. Le barrage dont la crête est arasée provisoirement à la cote 310,00 est conçu, avec ses ouvrages annexes, comme une première phase du barrage définitif qui doit permettre le stockage d'un volume d'eau plus important. L'étanchéité du barrage est constituée par un masque amont en béton bitumineux. L'évacuateur de crues en puits permet une surélévation facile.

Une estimation du coût est faite pour cette variante, aussi bien que pour une sous-variante (non dessinée) correspondant à un ouvrage définitif de la même taille.

- Variante masque amont - retenue 40 M<sup>3</sup>. Le barrage et l'évacuateur de crues étudiés précédemment sont surélevés de 15,0 m pour créer une retenue d'environ 40 millions de m<sup>3</sup>. Une estimation du coût est établie également pour le cas où le barrage et l'évacuateur seraient construits en une seule phase.

- Variante noyau incliné - retenue 40 M<sup>3</sup>. Crête du barrage à la cote 325,00, étanchéité réalisée par un noyau en argile incliné. Evacuateur de crues de surface avec le seuil déversant libre parallèle à un canal de réception et étudié en variante, quoique la solution adoptée pour les variantes à masque amont puisse également être admise. La construction en deux phases étant très difficile à réaliser avec la conception envisagée des ouvrages, l'estimation du coût n'est faite que pour la solution en une seule phase.

4.3 - Tableau comparatif des variantes étudiées.

Caractéristiques		V A R I A N T E		
		masque amont 20 M <sup>3</sup>	masque amont 40 M <sup>3</sup>	noyau incliné 40 M <sup>3</sup>
Retenue	Cote de la retenue normale	305,00	320,00	320,00
	Cote des plus hautes eaux	300,00	323,00	323,00
	Volume total (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	10,2	41,5	40,5
	Volume utile (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	15,4	39,7	30,9
	Tranche morte (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	1,5	1,0	1,6
	Surface submergée (ha)	215	206	204
Barrage	Cote du couronnement	310,00	325,00	325,00
	Hauteur hors sol (m)	53,00	60,00	65,00
	Longueur en crête (m)	550,0	620,0	570,0
	Volume des remblais (m <sup>3</sup> )	630.000	1100.000	1063.000
	Volume des bétons (m <sup>3</sup> )	24.200	27.400	31.300
Ouvrages annexes	Type d'évacuateur de crues	en puits	en puits	de surface
	Capacité de l'évacuateur de crues	600,0	600,0	600,0
	Capacité de la vidange de fond	147,0	171,0	173,0
	Capacité de la dérivation provisoire	170,0	147,0	225,0
	Cote de la prise d'eau	280,0	280,0	280,0
Coûts en millions de LL.	Barrage on une seule phase (on deux phases)	15,20 (16,50)	22,16 (23,37)	22,50 ( - )
	Ouvrages d'adduction d'eau	-	6,30	6,30
	Expropriations	2,23	4,23	4,23
	Aménagement complet	17,43 (18,73)	32,69 (33,90)	40,03

## 5 - CONCEPTION DES OUVRAGES

---

### 5.1 - Barrage.

Pour la même cote de la retenue normale nous étudions deux types du barrage : variante à masque amont et variante à noyau d'argile incliné.

5.1.1 - Variante à masque amont. L'avantage de cette solution consiste dans la possibilité de construire le barrage en deux phases. Aussi, l'étude est faite pour examiner cette éventualité. L'axe du barrage est choisi de telle façon que le pied amont du barrage et les éléments d'étanchéité se raccordent sur les marnes sénoniennes, à l'amont du contact marnes-calcaires. La plus grande partie du remblai du barrage repose cependant sur les calcaires résistants mais perméables.

En l'absence des couches alluvionnaires importantes dans le lit de la rivière, des éboulis et d'autres terrains peu résistants sur les flancs de la vallée, les pentes de la digue peuvent être déterminées uniquement en fonction des propriétés mécaniques des matériaux utilisés pour le remblai. Ceux-ci sont formés par des enrochements de carrière de bonne qualité, nous avons donc choisi pour le talus aval un fruit de 1,4 : 1 et pour le talus amont 1,5 : 1. La pente amont moins forte résulte des conditions de la mise en place et du bon fonctionnement du masque en béton bitumineux. Pour éviter un tracé irrégulier ou trop enfoncé de la galerie de pied une zone de raccordement du masque à la galerie est prévue dans la partie inférieure du talus amont. La pente y varie de 1,5 : 1 à 3 : 1.

Le masque mince en béton bitumineux repose sur une couche de réglage formant filtre composée d'éléments dont la granulométrie s'étend de 0 à 200 mm. Elle peut être constituée par les matériaux alluvionnaires de la rivière soigneusement compactés et réglés.

Le masque se raccorde à sa base à la galerie de pied qui servira plus tard comme galerie de visite et de drainage. Un puisard et une pompe sont prévus pour maintenir la galerie à sec pendant les visites.

Le masque proprement dit comprend une couche de 10 cm d'enrobés ouverts placés sur le support préalablement traité. Viennent ensuite deux couches de 6 cm d'enrobés étanches, la dernière couche recevant un enduit de fermeture sur lequel sera appliquée une peinture antisolaire. Une couche antichoc de 10 cm d'épaisseur peut

éventuellement compléter cet élément d'étanchéité pour protéger le masque contre les dégâts d'origine mécanique.

5.1.2 - Variante à noyau incliné. Cette solution présente, à sécurité égale, l'avantage d'une plus grande simplicité à l'exécution de même qu'à l'exploitation pendant laquelle le principal élément d'étanchéité ne nécessite aucun entretien.

L'axe du barrage a dû être légèrement reculé vers l'amont pour que le noyau puisse reposer dans toute sa longueur sur des terrains imperméables marneux.

Tout en conservant le fruit aval, nous sommes amenés à adoucir la pente de la recharge amont en fonction de la résistance au cisaillement du matériau argileux formant le noyau. La pente est donc de 2,2 : 1 entre les cotes 325,00 et 200,00, plus bas elle est de 2,5 : 1. Ceci conduit à une augmentation du volume total du remblai, en partie seulement contrebalancée par la réduction du prix unitaire de la recharge amont qui peut être constituée par les alluvions de la rivière, tant que les conditions d'exploitation des ballastières le permettent.

La disposition des différents matériaux constituant le corps du barrage est donnée par le plan N°4.2 : coupe-type de la digue.

## 5.2 - Traitement des fondations.

Pour les deux types de barrage, le système d'étanchéité est complété par un traitement par injections des couches supérieures du substratum. Ce traitement consiste en une rangée de forages pour injection de profondeur moyenne de 15 m et de deux rangées disposées de part et d'autre du voile principal, de forages de 6m environ. Les injections proprement dites se feront avec un coulis de ciment surmoulu et de bentonite. L'espacement moyen des forages est prévu à 2 mètres.

Le système de drainage comporte une rangée de forages inclinés équipés en drains dont l'espacement est de 5 m. Ils débouchent dans la galerie de pied, à partir de laquelle ils peuvent facilement être contrôlés.

./.

### 5.3 - Dérivation provisoire.

Les travaux de fondation du barrage pourront se faire, en principe, à sec, étant donné l'absence de l'écoulement dans le lit de la rivière au droit du site, pendant les mois d'été. Il faut cependant compter sur deux saisons d'hiver au moins, pendant lesquelles la protection du chantier contre les crues sera nécessaire.

La dérivation provisoire se fera par une galerie de 5,0 m de diamètre creusée dans le flanc de la rive droite de la vallée.

Un batardeau dont la crête est arasée à la cote 270,00 est nécessaire dans le cas du barrage à masque amont, étant donné que le masque ne sera exécuté qu'à la fin des travaux, après le tassement partiel du massif d'enrochements.

Pour la variante à noyau étanche nous supposons qu'à l'arrivée des premières pluies, la digue avec son élément étanche, sera suffisamment avancée pour que la partie exécutée du barrage puisse servir de batardeau.

Dans le cas où un évacuateur en puits est prévu, la partie aval de la galerie de dérivation provisoire pourra être exécutée en pleine section définitive de la galerie d'évacuation des crues.

Pour les deux variantes on prévoit l'aménagement ultérieur de la dérivation provisoire en vidange de fond.

La capacité de la dérivation provisoire ainsi conçue est d'environ 180 m<sup>3</sup>/s ce qui correspond à une crue de probabilité de retour de 3 à 6 ans.

Notons cependant que pendant les travaux de surélévation du barrage (dans le cas de construction en deux phases), on ne peut évacuer que 150 m<sup>3</sup>/s environ par le pertuis de la vidange de fond équipée à ce stade de vannes. Ceci ne présente cependant aucun danger, car les travaux peuvent facilement être exécutés en période sèche.

Pour le barrage à noyau incliné la capacité de la dérivation croît avec l'état d'avancement du remblai de la digue.

./.

#### 5.4 - Evacuateur de crues.

Deux variantes de l'évacuateur de crues sont étudiées dans le présent dossier :

- Evacuateur en puits qui peut bien s'adapter à une construction en deux phases,
- Evacuateur de surface avec un seuil déversant libre parallèle à un canal de réception suivi d'un courcier et d'une cuillère de dispersion.

Les deux types de l'évacuateur peuvent être associés à n'importe quelle solution du barrage, soit à masque amont ou à noyau étanche, à condition que le barrage soit construit en une seule phase pour le cas de l'évacuateur de surface.

Sur la base d'une étude préliminaire sur les crues (voir : Note de calculs-pièce 1.2), le débit maximum à évacuer a été fixé à 600 m<sup>3</sup>/s. Ce débit correspondrait à une crue décennillénaire qui donne pour le bassin versant de 56,5 km<sup>2</sup> un débit spécifique de 10,6 m<sup>3</sup>/s.

Faute d'observations de longue durée aucune estimation des volumes des crues n'a pu être faite. On peut s'attendre toutefois que par l'effet de laminage sur la tranche correspondante à la hauteur de la lame déversante (3,0 m - 4 m<sup>3</sup>) pourront être évacuées les crues dont le débit de pointe sera supérieur à 600 m<sup>3</sup>/s.

##### 5.4.1 - Evacuateur en puits.

L'évacuateur comporte un seuil déversant libre circulaire de 22,6 m de diamètre calé à la cote 320,00 qui permet d'évacuer la plus forte crue sous une charge de 3,0 m au-dessus du seuil.

Le débit est déversé dans un puits circulaire de 6,2 m par l'intermédiaire d'un tronçon de raccordement dont la forme en tulipe est étudiée pour éviter les dépressions dans le puits. (Note de calculs - § 2.13).

La saturation du puits se produira pour une charge de 3,28m dans le cas de l'évacuateur calé à la cote 305,00 (première étape) et pour une charge de 3,64m dans le cas du seuil après la surélévation (cote 320,00). Les débits correspondants de 690 et 805 m<sup>3</sup>/s sont supérieurs à la capacité de la galerie d'évacuation.

./.

Le puits se raccorde à une galerie subhorizontale de section à fer à cheval de 6,0 m de diamètre, capable d'évacuer le débit de 600 m<sup>3</sup>/s en écoulement libre à une vitesse de 21 m<sup>3</sup>/s environ.

#### 5.4.2 - Evacuateur de surface.

Pour la sécurité de fonctionnement, cet évacuateur est également conçu sans vannes. Pour une charge donnée de 3,0 m, une longueur de seuil de 60,0 m environ est alors nécessaire. Cette longueur est développée dans une direction sensiblement perpendiculaire à l'axe du barrage afin de réduire le volume des déblais et des bétons de l'ouvrage.

Parallèlement au seuil, un canal de réception est aménagé permettant l'évacuation des eaux vers l'aval. Le coursier incliné à 50% est étudié en plan et en élévation de telle façon qu'il permette la meilleure adaptation de l'ouvrage au terrain sans avoir recours à des travaux de terrassement trop importants. Un tracé rectiligne peut cependant être adopté à condition d'augmenter le volume des déblais et des bétons.

L'extrémité aval du coursier est aménagée en saut de ski dont la forme en cuillère assure la dispersion de l'énergie de la masse d'eau déversée.

#### 5.4.3 - Comparaison des deux solutions.

Les avantages et les inconvénients des deux types d'évacuateur de crues peuvent se résumer brièvement ainsi :

- L'évacuateur en puits permet une surélévation peu coûteuse, la construction du barrage en deux phases est donc possible. Son coût, toutes conditions d'évacuation des crues étant égales, est inférieur au coût de l'évacuateur de surface. Dans le cas, toutefois, où le débit de la plus grande crue pris en compte serait dépassé, une saturation du puits peut se produire avec les conséquences néfastes pour la sécurité du barrage.

- L'évacuateur de surface est applicable seulement à la solution du barrage construit en une seule phase. Il permet d'évacuer même les crues imprévues par le calcul sans que la sécurité du barrage soit mise en cause. Ce type d'évacuateur implique la réalisation d'un ouvrage spécial pour la dérivation provisoire et la vidange de fond. La comparaison des coûts doit se faire donc pour

l'ensemble de ces ouvrages. Le fonctionnement séparé de l'évacuateur et de la vidange de fond représente une réserve supplémentaire de capacité d'évacuation, donc une sécurité accrue pour le barrage.

Comparaison des coûts de l'évacuateur de crues.  
(construction en une seule phase)

Ouvrage	Evacuateur en puits	Evacuateur de surface
Evacuateur de crues	2,94	5,28
Dérivation provisoire (sans batardeau)	0,55	1,56
Vidange de fond	0,76	1,57
Réutilisation du déblai	-	- 04,350 x 4 = - 0,34
Coût total	4,25	6,07

La différence de 1,82 millions de LL. est donc à la charge de l'évacuateur de surface.

En conclusion, on peut dire que les deux types de l'évacuateur sont largement dimensionnés pour évacuer les crues qui peuvent atteindre le site. Une solution plus économique pourra éventuellement être envisagée dès que les études des crues, basées sur une période d'observation de longue durée, seront plus avancées.

#### 5.5 - Vidange de fond.

Pour les deux solutions étudiées, on prévoit que la vidange de fond sera aménagée dans la galerie de dérivation provisoire en rétrécissant progressivement son profil sur un tronçon de 10 m jusqu'à un étranglement de forme rectangulaire qui recevra les deux vannes chenilles de 2,5 x 3,0 m, montées en série et desservies à partir d'une chambre de vannes souterraine. L'accès à la chambre sera assuré par un puits vertical comportant un escalier métallique pour l'accès du personnel et un compartiment de montage qui servira



aussi de reniflard et pour l'aération de la chambre des vannos.

La capacité de la vidange de fond varie suivant le niveau du plan d'eau dans la retenue entre 90 et 170 m<sup>3</sup>/s environ.

#### 5.6 - Prise d'eau.

La dérivation des eaux pour irrigation de la retenue vers la station de pompage ou vers l'ouvrage du brise-charge situés à l'aval du barrage se fera par une galerie circulaire de 2 m de diamètre. La galerie sera blindée à l'aval de l'élément d'étanchéité du barrage. L'entrée de la galerie dont le souil est calé à la cote 280,00 sera équipée d'une grille métallique et d'une vanne de garde desservie à partir d'une plate-forme aménagée au niveau de la crête du barrage.

#### 5.7 - Barrage et prise d'eau sur Abou-Aali.

Pour dériver les eaux du Nahr Abou-Aali vers la retenue de Dâr Beachtâr deux ouvrages sont nécessaires :

- le barrage et prise d'eau sur Abou Aali et
- la galerie d'amenée vers la retenue.

5.7.1 - Le barrage situé à 3 km environ à l'amont de l'usine hydroélectrique de Koubsa a des caractéristiques suivantes :

Coordonnées d'implantation :

- coordonnées Lambert approximatives de l'intersection de l'axe du barrage et de la rivière :

$$X = 164,90$$

$$Y = 260,95$$

- en coordonnées stéréographiques :

$$X = - 300,824$$

$$Y = + 14,808$$

Altitude du fond du lit de la rivière est au même point à la cote :

$$Z = 414,00$$

./.

- Cote de la retenue normale (seuil déversant) :	426,50
- Cote des plus hautes eaux .....	430,50
- Cote de la crête du barrage .....	431,50
- Hauteur hors sol .....	14,5 m
- Hauteur au-dessus des fondations .....	19,0 m
- Largeur en crête .....	57,0 m
- Volume du béton .....	6000 m <sup>3</sup>
- Capacité de l'évacuateur de surface .....	522 m <sup>3</sup> /s
- Capacité de la vidange de demi-fond (pertuis de chasse)	74 m <sup>3</sup> /s
- Coût (y compris l'ouvrage de prise) .....	0,8 MLL

Le barrage est implanté dans des dolomies massives ce qui ne posera pas de problèmes particuliers pour la construction et l'exploitation de l'ouvrage. L'étanchéité parfaite n'est toutefois pas exigée étant donné que le rôle du barrage n'est pas de retenir l'eau, mais de relever son plan pour les besoins de dérivation. Un autre problème peut cependant se poser, celui de l'envasement de la retenue. En effet, on peut s'attendre à ce que la cuvette se remplit d'alluvions jusqu'à la cote 420,50.

Le fonctionnement, pendant les crues, des pertuis de chasse dont le radier est arasé à cette cote permettra cependant de maintenir l'entrée de la galerie libre. Les pertuis restent en principe fermés pendant que le débit dans la rivière ne dépasse pas la capacité de la galerie. Les vannes peuvent être desservies à partir d'une chambre aménagée à l'intérieur du plot R.G. du barrage.

5.7.2 - L'ouvrage de prise, formant la tête amont de la galerie, comporte une entrée rectangulaire pourvue, à l'extrémité amont, d'une grille métallique et d'une vanne plate manoeuvrable à partir d'une plate-forme au niveau de la crête du barrage. La plate-forme communique avec la crête du barrage, elle-même étant reliée par une piste de 1,7 km à la route principale Kousba-Les Cèdres.

L'ensemble barrage-prise fonctionne de la façon suivante : en hiver, quand le débit de la rivière est supérieur à la consommation de l'usine de Kousba, l'ouvrage de prise de l'usine, situé à 4 km environ à l'amont, déverse les eaux excédentaires dans le lit de la rivière. Celles-ci peuvent donc être dérivées vers la retenue de Dâr Beachtâr sans toucher aux intérêts de l'usine. Les eaux sont donc transportées par la galerie dans le lit de Ouadi Chaqlâta, affluent R.D. de El Aasfour qui les amène dans la retenue.

Les débits supérieurs à la capacité de la galerie (environ 12,4 m<sup>3</sup>/s) sont déversés par-dessus la crête du barrage ou par les pertuis de chasse. Ce cas sera cependant assez rare et le volume ainsi perdu négligeable.

En été, la retenue sera, en principe, maintenue à sec sauf le cas exceptionnel où une dérivation des eaux turbinables deviendrait nécessaire pour diminuer les pénuries agricoles aiguës. Cette éventualité ne peut cependant être envisagée que sous la réserve de la rentabilité économique et de l'accord préalable de l'usine.

### 5.8 - Galerie Abou-Aali - Aasfour.

La galerie à l'écoulement libre de section en fer à cheval qui relie le Nahr Abou-Aali et El Aasfour est conçue de telle façon qu'elle permette de dériver un débit d'environ 12 m<sup>3</sup>/s sous la retenue normale. Elle a des caractéristiques suivantes :

Diamètre de la section libre :	2,6 m
Longueur :	3,45 km
Pente :	1,2 m/km
Cote départ :	424,14
Cote sortie :	420,00

La solution présentée est établie sur la base des données préliminaires.

La recherche d'une solution optimale pourra être entreprise après la détermination définitive du débit de pointe qui doit être dérivé en tenant compte du débit disponible dans la rivière et des conditions de remplissage de la retenue. Un levé topographique exact des zones du départ et de la sortie de la galerie est également indispensable. Afin de trouver la solution la plus économique pour le débit de pointe donné, on pourra alors faire varier la section et la pente de la galerie. L'augmentation de la pente diminue la section nécessaire mais, pour la même cote de départ, prolonge la galerie. Le déplacement de l'entrée ou de toute la galerie vers le haut diminue sa longueur, mais entraîne une surélévation du barrage de prise. Les différents éléments de calage de la galerie étant liés d'une façon compliquée les uns aux autres, nous avons choisi une solution médiane acceptable qui pourra être améliorée au cours des études ultérieures en apportant quelques économies.

A la sortie de la galerie, les eaux seront transférées dans le lit du Ouadi Chaqlâta qui les transportera sur une longueur d'environ 2,65 km. Pour éviter les pertes dans des zones perméables, un tronçon du lit naturel doit être revêtu sur une longueur de 500 m environ.

## 5.9 - Ouvrages d'adduction d'eau vers le périmètre.

L'alimentation du réseau de distribution du périmètre irrigué à partir du barrage de Dâr Beachtâr peut se faire soit par pompage, soit par gravité. Sans entrer dans les détails de ces solutions qui font l'objet des études séparées, nous rappelons ici brièvement leurs principales caractéristiques.

5.9.1 - La solution pompage est nécessaire si l'on veut irriguer les terres situées au-dessus du niveau des plus basses eaux de la retenue, soit plus haut que 280,00. A partir de cette cote deux variantes sont possibles : irrigation par aspersion ou par ruissellement. La première variante justifie donc la solution pompage même pour les terres entre les cotes 240,00 environ et 280,00.

Pour amener l'eau à la tête du périmètre qui se trouve sur l'autre versant de la crête rocheuse séparant la cuvette du périmètre, il faut passer par le point bas du col à la cote 545,00 environ. D'où la nécessité de refoulement des eaux jusqu'à cette cote au moins. Le passage par tout autre endroit (plus élevé) entraînerait des pertes inutiles de l'énergie de pompage.

La galerie de dérivation, prélevant les eaux dans la retenue, débouche dans une station de pompage souterraine située à l'aval du barrage. De là, les eaux sont refoulées par une double conduite métallique dans le réservoir d'une capacité de 1000 m<sup>3</sup> environ et puis amenées par une conduite enterrée jusqu'à la tête du réseau de distribution.

5.9.2 - La solution gravité consiste à amener les eaux stockées dans la retenue vers le périmètre par une galerie de dérivation d'environ 4 km de longueur. Elle débouche à la cote 270,00 environ d'où la distribution se fait soit par un réseau de canaux (cas irrigation par ruissellement), soit par des conduites avec ou sans la mise en charge par une station de repompage.

Pour éviter les inconvénients d'une galerie en charge, il faut aménager à sa tête amont un ouvrage de brise-charge dont l'emplacement peut être identique à celui de la station de pompage dans la solution précédente.

Puisqu'il s'agit de dériver les débits relativement peu importants (de l'ordre de 5,0 m<sup>3</sup>/s en pointe), la section de la galerie sera déterminée plutôt par les besoins de construction que par les conditions de l'écoulement. On peut donc choisir un diamètre nominal de la section en fer à cheval de 2,0 à 2,3 m.

Le coût des ouvrages d'adduction vers le périmètre n'est pas compris dans le devis estimatif du barrage étant donné que leur conception dépend des hypothèses concernant la technique d'irrigation, la superficie irriguée, la durée de la mise en valeur des terres dépassant le cadre de cette étude.

## 6 - PROBLEMES PARTICULIERS RELATIFS A L'EXECUTION DES TRAVAUX

### 6.1 - Matériaux de construction.

Il est relativement aisé de trouver tous les matériaux nécessaires à la construction du barrage à proximité du site.

Les enrochements pour le remblai du corps de la digue seront assurés, sans doute en très bonne qualité, par l'exploitation de certains niveaux des calcaires turoniens en rive gauche, à l'aval du site. Une carrière ouverte seulement à 300 m environ de l'axe du barrage sera accessible par une piste aménagée à cet effet et dont une partie servira plus tard d'accès à la station de pompage. La cavité créée par les terrassements peut être élargie à sa base et adaptée avec peu de frais pour améliorer les conditions de l'assèchement et de l'évacuation des eaux déversées pendant les crues.

L'utilisation des alluvions de la rivière pour une partie du remblai de la digue peut être envisagée. Cette éventualité conduirait à des économies considérables si le volume exploitable des alluvions s'avérait suffisant.

D'après une première reconnaissance rapide, il ne paraît cependant pas que l'exploitation des dépôts irréguliers soit rentable. En tout cas, ces matériaux peuvent fournir de très bons agrégats pour les bétons et pour la constitution d'une partie des filtres de la solution noyau incliné, aussi bien que de la couche de réglage pour la solution masque amont.

Pour ce qui est des matériaux nécessaires à la construction d'un noyau étanche, deux possibilités se prêtent à un examen plus poussé : les alluvions argileuses en queue de retenue près de Ehabbouh et les gîtes d'argile, actuellement exploités par les cimenteries de Chekka, situés au nord d'Amioûn. La distance de transport n'excède en aucun cas 8 km en empruntant les routes existantes, elle peut être raccourcie à 6,5 km en aménageant une piste à partir du pont sur le Nahr el Aasfour.

./.

La prospection des matériaux et les analyses géotechniques de laboratoire n'ont pas encore été effectuées, ces travaux étant réservés pour le stade ultérieur à la décision de réalisation de l'aménagement.

Les ciments pour les bétons seront fournis par les cimenteries de Chekka. Les sables pour les bétons et les filtres ne se trouvant pas à proximité du chantier, ils doivent être confectionnés sur place ou achetés auprès des fournisseurs libanais. Les produits bitumineux pour le masque étanche peuvent, eux aussi, être trouvés sur le marché local. Seuls les aciers pour béton et quelques produits spécialisés utilisés en petites quantités (ciments spéciaux, joints d'étanchéité en caoutchouc... etc) seront importés de l'étranger.

#### 6.2 - Mise en place des matériaux.

Les enrochements et les autres matériaux de construction du barrage seront mis en place selon les techniques habituelles pour ce genre de travaux. Cependant, quelques problèmes particuliers relatifs aux conditions spéciales du site peuvent être rencontrés durant l'exécution.

La préparation du terrain avant la mise en place des enrochements sera limitée au décapage superficiel et à l'élimination des aspérités rocheuses. Une zone de brèches de pente, cimentées à la surface, se trouve cependant dans le versant rive droite de la vallée sous l'emprise du pied amont du barrage. A la suite de reconnaissance complémentaire prévue au cas de réalisation de l'ouvrage, il sera possible de décider si ces matériaux dont le volume est estimé à 30.000 m<sup>3</sup> environ pourront rester sur place ou être enlevés totalement ou en partie. Dans l'estimation du coût du barrage nous supposons l'enlèvement et le remplacement par le remblai de 15.000 m<sup>3</sup> de brèches de pente.

Une autre question ayant trait, entre autres, à la mise en place des enrochements doit être résolue avant l'exécution des travaux : l'approvisionnement en eau du chantier. En effet, pendant la plus grande partie de l'année le lit de la rivière, au droit du site

./.

se trouve à sec. Cette circonstance particulièrement favorable à l'exécution des fouilles et des fondations des ouvrages, peut sérieusement gêner les travaux de compactage des remblais.

Une solution satisfaisante à ce problème peut cependant être trouvée entre les variantes suivantes :

- Captage du débit résiduel de la rivière à l'endroit dit Mathanet es Saïdé à quelque 4 km à l'amont du site et l'adduction par conduite dans un réservoir aménagé à cet effet derrière le batardeau amont protégeant le chantier contre les crues. Cette solution risque de priver de l'eau les terres actuellement irriguées dans la vallée à l'amont de la cuvette, pendant la période la plus sèche de l'année.

- Emmagasinement, pendant la saison des pluies, derrière le batardeau amont du barrage, d'un volume d'eau suffisant pour suppléer aux besoins des mois secs. Cette solution suppose une imperméabilisation parfaite des assises du batardeau pour empêcher les fuites. Il faut également tenir compte des pertes par évaporation.

- Dérivation, pendant l'été, d'un faible débit à partir de Abou-Aali. Cette variante implique la construction prématurée de l'ensemble barrage sur Abou-Aali - galerie ce qui est contraire aux principes de la rentabilité des investissements qui commandent au contraire de retarder au maximum l'exécution de ces ouvrages, voire même jusqu'au moment où ceux-ci ne deviennent nécessaires en fonction du développement du périmètre irrigué. De plus, cette solution présente des risques de pertes d'eau considérables le long du trajet : sortie de la galerie - chantier, qui ne pourraient être évitées qu'en construisant une canalisation d'une longueur d'environ 6 km.

L'analyse des prix unitaires tient compte de la première solution. En réalité, la deuxième devrait également être envisagée.

### 6.3 - Evacuation des eaux pendant la construction.

Comme nous avons dit plus haut, le problème de protection du chantier contre les crues ne se pose que pendant une courte période d'hiver. Il est résolu par l'exécution de la dérivation provisoire décrite au paragraphe 5.3. Le batardeau amont est nécessaire seulement pour la variante avec le masque d'étanchéité en béton bitumineux qui ne sera exécuté qu'à la fin des travaux, après un tassement partiel du remblai. Les eaux de la saison d'hiver doivent être canalisées par la dérivation provisoire pour éviter le risque de colmatage du remblai.

Cette précaution n'est pas à prendre avec le barrage à noyau d'argile dont la partie inférieure, réalisée pendant la première saison sèche, servira de batardeau pour la suite des travaux.

Dans les deux variantes on peut renoncer au batardeau aval, les risques de la submersion du chantier par l'aval étant minimes.

#### 6.4 - Exécution du masque d'étanchéité.

Pour des raisons de commodité d'exécution et dans l'intérêt de la sécurité du barrage, il est préférable de réaliser le masque d'étanchéité d'un seul trait, à la fin des travaux.

Après la préparation de la surface d'application du masque (couche de réglage en alluvions de 3 m d'épaisseur mesurée horizontalement), on applique une première couche d'enrobés ouverts de 10 cm d'épaisseur. Viennent ensuite deux couches, de 6 cm chacune, d'enrobés étanches. Un enduit de fermeture et une peinture antiso-laire seront appliqués à la surface du masque.

#### 6.5 - Programme d'exécution.

Les travaux de construction du barrage depuis les travaux préparatoires jusqu'à la finition des ouvrages s'étaleront sur quatre années, pour les deux variantes.

- Les travaux préparatoires de la première année comprendront l'installation de la cité ouvrière, la construction des routes et pistes d'accès au chantier, l'établissement de voies de communication internes, la mise en service du système d'alimentation du chantier et de la cité en eau et énergie électrique, la mise au point d'une première partie des installations du chantier et l'exécution de 5% environ des travaux, notamment découverte et préparation des ballastières, décapage des fondations, démarrage des forages et injections pour le voile d'étanchéité etc...

- Le gros des travaux proprement dit sera exécuté en deuxième et troisième année dans l'ordre de priorité approximatif suivant : voile d'étanchéité, batardeau et dérivation provisoire, galerie de pied (variante masque amont seulement), remblais de la digue, évacuateur de crues, ouvrage de prise dans la retenue, vidange de fond et masque d'étanchéité (variante masque amont).



- La quatrième année constitue une réserve pour le cas des retards de certains travaux, des retouches à apporter et pour les derniers travaux de finition. En principe, c'est l'année depuis laquelle l'aménagement devient opérationnel. La retenue peut être mise en eau pendant la dernière saison humide la précédant et l'agriculture peut déjà profiter de la réserve d'eau stockée pendant la période d'été de cette quatrième année.

Les chantiers du barrage sur Abou-Aali et de la galerie Abou-Aali - Asfour étant parfaitement indépendants, on peut entreprendre les travaux correspondant à n'importe quel moment suivant le besoin. Ce moment peut être déterminé à partir de l'accroissement des besoins en eau du périmètre en fonction de son extension soit à l'apparition simple d'une première pénurie due à cette extension, soit à l'apparition d'une pénurie qui entraînerait des pertes en production agricole supérieures aux économies réalisées par l'engagement retardé des capitaux d'investissement correspondants.

Notons enfin que pour la première année il faut tenir compte de la nécessité de l'engagement des crédits supérieurs à ceux qui correspondraient aux travaux mentionnés plus haut. En effet, il faut compter sur la rémunération des travaux de reconnaissances complémentaires et des études, le remboursement d'une avance à l'entrepreneur correspondant à 5% environ du montant des travaux et l'indemnisation des propriétaires de terres touchés par les expropriations.

7 - ESTIMATION DES COUTS

7.1 - Tableaux récapitulatifs des coûts et dépenses annuelles.

7.1.1. - Ouvrage définitif pour env. 20 Mm<sup>3</sup> accumulés.  
(volume utile : 16,4 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>).

Désignation	Coût du 1er investissement (10 <sup>6</sup> LL) *	Durée de vie (ans)	Dépenses annuelles*	
			%	10 <sup>6</sup> LL
Barrage sur Aasfour	7,39	120	0,5	0,0370
Galerie de pied et voile	2,32	100	0,5	0,0116
Dérivation provisoire	0,52	50	0,6	0,0031
Evacuateur de crues	2,10	50	1,5	0,0315
Vidange de fond	0,16	50	0,0	0,0019
Prise d'eau dans la retenue	0,58	50	0,0	0,0047
Matériel hydro-mécanique	0,96	30	2,0	0,0192
Divers (routes etc)	0,44	50	1,5	0,0066
Etudes et reconnaissances	0,73	-	-	-
Expropriations	2,23	-	-	-
<b>Total :</b>	<b>17,43</b>			<b>0,1140</b>
dont les imprévus :	1,74			
la part en devises :	6,70			

\* Dépenses annuelles comprennent : les réparations générales, l'entretien et les frais de fonctionnement (éclairage, ventilation, fonctionnement des vannes, drainage par pompage etc.)

V.1.2 - Variante masque amont en deux phases.

Total pour les deux phases.

(Volume utile : 1° phase 16,4 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> ; 2° phase 39,7 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>)

Désignation	Coût du 1er investissement (10 <sup>6</sup> LL)	Durée de vie (ans)	Dépenses annuelles <sup>*)</sup>	
			%	10 <sup>6</sup> LL
Barrage sur Assfour	14,05	120	0,5	0,0702
Galerie de pied et voile	2,32	100	0,5	0,0116
Dérivation provisoire	0,52	50	0,6	0,0031
Evacuateur de crues	2,91	50	1,5	0,0436
Vilaine de fond	3,10	50	0,0	0,0013
Price d'eau dans la retenue	0,69	50	0,0	0,0055
Barrage sur Abou-Asli	0,61	100	0,7	0,0043
Galerie d'amenée	5,00	100	0,6	0,0300
Matériel hydro-mécanique	1,50	30	2,0	0,0260
Divers (routes, lignes etc)	0,72	50	1,5	0,0100
Etudes et reconnaissances	1,39	-	-	-
Expropriations	4,23	-	-	-
<b>Total</b>	<b>39,90</b>			<b>0,2064<sup>*)</sup></b>

\*) Dépenses annuelles après la surélévation.

Variante rasque amont en deux phases.

Décomposition en deux phases :

(Première phase)				
Désignation	Coût du 1er investissement (10 <sup>6</sup> LL)	Durée de vie (ans)	Dépenses annuelles*	
			%	10 <sup>6</sup> LL
Barrage sur Asfour	0,10	120	1,5	0,0400
Galerie de pied et voile	2,52	100	0,5	0,0116
Dérivation provisoire	0,52	50	0,5	0,0031
Evacuateur de crues	2,33	50	1,5	0,0350
Vidange de fond	0,16	50	0,0	0,0013
Prise d'eau dans la retenue	0,69	50	0,0	0,0055
Matériel hydro-mécanique	1,00	30	2,0	0,0216
Divers (routes etc)	0,44	50	1,5	0,0066
Etudes et reconnaissances	0,00	-	-	-
Expropriations	2,23	-	-	-
<b>Total</b>	<b>10,73</b>			<b>0,1255</b> *
(Deuxième phase)				
Barrage sur Asfour	5,09	120	0,5	0,0294
Evacuateur de crues	0,50	50	1,5	0,0086
Barrage sur Abou Aali	0,61	100	0,7	0,0043
Galerie d'amenée	5,00	100	0,6	0,0300
Matériel hydro-mécanique	0,22	30	2,0	0,0044
Divers	0,23	50	1,5	0,0042
Etudes et reconnaissances	0,59	-	-	-
Expropriations	2,00	-	-	-
<b>Total</b>	<b>15,17</b>			<b>0,0809</b>

\* Chiffre à appliquer pendant la période comprise entre la mise en service 1ère phase et la surélévation.

7.1.3 - Variante masque amont en une seule phase  
(Volume utile :  $39,7 \times 10^6 \text{ m}^3$ )

Désignation	Coût du 1er investissement ( $10^6 \text{ LL}$ )	Durée de vie (ans)	Dépenses annuelles	
			%	$10^6 \text{ LL}$
Barrage sur Aasfour	13,03	120	0,5	0,0651
Galerie de pied et voile	2,32	100	0,5	0,0116
Dérivation provisoire	0,52	50	0,6	0,0031
Evacuateur de crues	2,79	50	1,5	0,0410
Vidange de fond	0,16	50	0,0	0,0013
Prise d'eau dans la retenue	0,69	50	0,0	0,0055
Barrage sur Abou-Aali	0,61	100	0,7	0,0043
Galerie d'amenée	5,00	100	0,6	0,0300
Matériel hydro-mécanique	1,30	30	2,0	0,0260
Divers (routes, lignes etc)	0,72	50	1,5	0,0100
Etudes et reconnaissances	1,32	-	-	-
Expropriations	4,25	-	-	-
Total :				0,1995
dont les imprévus :				2,32
la part en devises :				9,15

7.1.4 - Variante noyau incliné.

(Volume utile : 37,9 x 10<sup>6</sup>m<sup>3</sup>)

Désignation	Coût du 1er investissement (10 <sup>6</sup> LL)	Durée de vie (ans)	Dépenses annuelles	
			%	10 <sup>6</sup> LL
Barrage sur Aacfour	19,72	120	0,4	0,0820
Voile d'étanchéité	0,56	100	0,0	0,0045
Dérivation provisoire	1,40	50	0,6	0,0009
Evacuateur de crues	3,11	50	1,5	0,0433
Vidange de fond	0,39	50	0,0	0,0071
Prise d'eau dans la retenue	0,63	50	0,0	0,0050
Barrage sur Abou Aali	0,61	100	0,7	0,0043
Galerie d'amenée	5,00	100	0,6	0,0300
Matériel hydro-mécanique	1,30	50	2,0	0,0260
Divers (routes etc)	0,72	50	1,5	0,0100
Etudes et reconnaissances	1,70	-	-	-
Expropriations	4,23	-	-	-
<b>Total</b>	<b>40,03</b>			<b>0,2260</b>
<b>dont les imprévus</b>	<b>3,00</b>			

7.2 - Ventilation des coûts par ouvrage.

La ventilation des coûts de différents ouvrages est établie à partir d'une décomposition des prix unitaires en éléments principaux. On a utilisé à cet effet les marchés exécutés au Liban, plus particulièrement celui de la surélévation du barrage de Karoun (avril 1969) et l'analyse des prix unitaires des remblais et des bétons faite par le Bureau d'Etudes "ENHICO" (mai 1970).

On trouve ci-après le tableau de décomposition des prix avec les désignations utilisés au paragraphe 3.6.21. La part des éléments de décomposition est exprimée en pourcentage du prix global. Les prix unitaires non ventilés s'appliquent généralement aux quantités limitées et n'affectent donc pas le bilan total de ventilation d'un ouvrage.

La colonne "matériaux-équipement" comprend la fourniture des matériaux nécessaires à la construction (ciments, sable, bois, acier, explosifs etc) et l'amortissement et l'entretien du matériel de construction y compris les taxes etc. La colonne "énergie" tient compte de la fourniture des carburants et lubrifiants (importés) et de la consommation de l'énergie électrique (locale). "Frais généraux" se rapportent à la position du chantier, Frais de siège, l'amortissement et le fonctionnement de la cité ouvrière et des ateliers. Les bénéfices de l'entrepreneur sont également compris dans cette colonne.

7.2.1 - Ventilation des prix unitaires.

(en % du prix global)

Prix N°	Matériaux - équipement		Energie		Main d'oeuvre	Frais généraux
	importé	local	importé	local		
2	31	28	3	4	12	22
3	35	26	2	4	11	22
4, 5, 6	35	25	2	6	10	22
7	33	25	3	5	12	22
8	30	23	4	6	13	22
9	31	25	3	5	14	22
10	23	25	4	7	14	22
11	33	26	3	4	13	21
12	12	49	1	2	12	24
13, 14, 31	24	30	2	4	20	20
15	44	23	0	1	14	18
16, 17	32	20	0	2	20	18
18, 19	35	20	0,5	5,5	21	18
20, 21, 29	54	11	1	3	13	18
23	40	20	1	2	15	22

./.

7.2.2 - Ventilation des coûts (résumé).

En utilisant le tableau de décomposition des prix unitaires du paragraphe précédent, une ventilation détaillée du coût de chaque ouvrage est effectuée dans les annexes concernant l'estimation du coût des ouvrages. Nous donnons, ci-après, le résumé des résultats obtenus pour la variante du barrage avec masque amont construit en deux phases. Une ventilation des autres variantes étudiées (petit barrage définitif et barrage à masque amont construit en une seule phase) peut être obtenue avec une approximation suffisante en proportion les coûts totaux des ouvrages respectifs.

Barrage de Dâr Bechtâr (1ère phase)

Ouvrage	Matériaux + équipement		Energie		Main d'œuvre	Frais généraux	Non ventilés	Expansions	Total 1954
	Importé	Local	Imp.	Local					
Barrage	2761,61	1963,42	21,52	366,41	213,70	2250,50	57,42	-	1610,00
Galerie de pied	493,00	515,97	15,52	40,06	237,27	474,30	673,71	-	2450,00
Dérivation provisoire	150,91	139,10	10,56	23,11	69,24	135,00	22,00	-	550,00
Evacuateur de crues	762,00	566,10	35,06	00,61	347,45	500,55	70,65	-	2460,00
Vidange de fond	527,70	43,96	3,51	9,27	40,05	134,71	-	-	760,00
Ouvrage de prise	524,79	220,57	12,07	35,61	193,10	276,33	10,65	-	1290,00
Divers							440,00	2230,00	2670,00
<b>Total</b>	<b>5226,96</b>	<b>3457,20</b>	<b>209,62</b>	<b>554,67</b>	<b>1041,83</b>	<b>5839,25</b>	<b>1290,42</b>	<b>2230,00</b>	<b>18730,00</b>

./.



Barrage de Dâr Bechtâr - surélévation  
(retenue env. 40 km<sup>3</sup>)

Ouvrage	Matériaux + équipement		Energie		Main d'oeuvre	Frais généraux	Non ventilés	Expropriations	Total 10 <sup>3</sup> LL
	importé	local	imp.	local					
Barrage	1974,67	1403,06	156,27	269,95	710,22	1597,01	26,02	-	6114,00
Evacuateur de crues	195,90	144,20	4,10	19,40	94,96	143,54	3,02	-	600,00
Divers	-	-	-	-	-	-	190,00	1990,00	2080,00
<b>Total</b>	<b>2170,57</b>	<b>1547,06</b>	<b>160,45</b>	<b>277,35</b>	<b>805,18</b>	<b>1740,55</b>	<b>199,04</b>	<b>1990,00</b>	<b>3000,00</b>

Galerie et prise sur Abou Aali

Ouvrage	Matériaux + équipement		Energie		Main d'oeuvre	Frais généraux	Non ventilés	Expropriations	Total 10 <sup>3</sup> LL
	importé	local	imp.	local					
Barrage sur Abou Aali	241,20	241,00	6,45	14,40	106,90	107,77	1,00	-	600,00
Galerie Abou-Aali	1414,25	1191,07	00,74	221,91	669,90	1204,51	560,44	-	5350,00
-Asfour	-	-	-	-	-	-	150,00	70,00	220,00
Divers	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>1655,45</b>	<b>1432,07</b>	<b>07,19</b>	<b>236,31</b>	<b>776,25</b>	<b>1392,34</b>	<b>720,52</b>	<b>70,00</b>	<b>6370,00</b>

Total général

(Aménagement complet avec barrage construit en deux phases)

Montant	Matériaux + équipement		Energie		Main d'oeuvre	Frais généraux	Non ventilés	Expropriations	Total
	importé	local	imp.	local					
10 <sup>3</sup> LL	9052,96	6437,13	537,26	1060,39	1431,34	6972,14	2170,70	4230,00	33900,00
%	26,7	19,0	1,6	3,1	10,1	20,6	6,4	12,5	100,0

7.3 - Répartition des investissements dans le temps.

Le capital nécessaire à la réalisation de l'aménagement sera investi par étapes en fonction de la rapidité de progression des travaux aussi bien qu'en fonction de la stratégie adoptée pour l'équipement du périmètre.

En accord avec le programme d'exécution proposé au § 6.5 et les hypothèses du développement du périmètre déjà appliqués lors de l'estimation du coût des ouvrages (paragraphe 7.1) nous donnons, ci-dessus, la répartition des investissements dans le temps. Elle est faite suivant ce schéma :

- 1ère année : installation de la cité (env. 1.500.000 LL), routes d'accès, alimentation du chantier en eau et électricité, une moitié environ des installations de chantier dont le montant est fixé à 7% environ du coût des travaux, l'exécution de l'ordre de 5 à 10 % des travaux et l'avance de démarrage de l'ordre de 5 % du montant des travaux.
- 2ème et 3ème années : le solde du montant moins 5 % réservé aux travaux de finition.
- 4ème année : travaux de finition correspondant au 5 % du montant total.

7.3.1 - Barrage définitif pour 20 Mm<sup>3</sup> accumulés  
(sans aduction)

Travaux	Etudes, expropriations avance de démarrage, travaux préparatoires	Principaux travaux d'exécution		Finition et mise en eau	Total
		A + 1	A + 2		
Année *)	A	A + 1	A + 2	A + 3	
Montant en MLL	6,60	5,23	5,00	0,60	17,43

\*) Voir page suivante

2.3.2 - Variante masque amont en deux phases  
(avec adduction en deuxième phase)

Travaux	1ère phase				2ème phase		Total
	Etudes, expropriations, construction : barrage cote 310 avec ses ouvrages annexes				Expropriations, barrage cote 525, adduction		
Année *)	A	A+1	A+2	A+3	A+n-2	A+n-1	
Montant	6,90	6,11	5,20	0,65	6,70	0,47	33,90

2.3.3 - Variante masque amont en une phase - avec adduction

Travaux	Etudes, expropriations, barrage sur Ansfour avec ses ouvrages annexes				Adduction: barrage sur A.Lali, galerie		Total
Année *)	A	A+1	A+2	A+3	A+n-2	A+n-1	
Montant	10,00	0,40	7,30	0,62	2,37	4,00	32,69

2.3.4 - Variante noyau incliné - avec adduction

Travaux	Etudes, expropriations, barrage sur Ansfour avec ses ouvrages annexes				Adduction: barrage sur A.Lali, galerie		Total
Année *)	A	A+1	A+2	A+3	A+n-2	A+n-1	
Montant	13,00	10,50	9,10	1,06	2,37	4,00	43,03

- \*) Année A : début des travaux  
 Année A+3 : mise en eau, début de l'exploitation  
 Année A+n : une première pénurie, due à l'extension du périmètre irrigué, apparaîtrait sans l'adduction des eaux de Abou Lali dans la retenue.

./.

### 3 - CONCLUSIONS

L'étude du site de barrage de Dâr Beachtâr permet de tirer les conclusions suivantes :

- La conception envisagée du barrage avec raccord de l'organe d'étanchéité aux marnes sénoniennes satisfait à la fois les conditions d'une réalisation facile et de fonctionnement sûr des éléments d'étanchéité.

- Parmi les solutions étudiées, la variante du barrage avec masque anont, construit en une seule ou en deux phases, semble être préférable à la variante à noyau incliné, cette dernière étant nettement plus chère.

- La construction en deux phases peut porter sur le barrage proprement dit ou sur l'ouvrage d'adduction d'eau seulement. Celui-ci représente, en effet, un chantier séparé. La décision sur la solution à adopter est liée aux résultats de l'analyse économique, actuellement en cours.

- La comparaison des coûts entre les deux variantes étudiées de l'évacuateur de crues montre que l'évacuateur en puits est plus avantageux que l'évacuateur de surface. Etant donnée l'incertitude qui règne provisoirement sur les débits des crues et tenant compte de la sécurité du barrage, la deuxième solution ne peut cependant pas être définitivement écartée. Le choix ne pourra être fait qu'après l'achèvement des études hydrologiques qui se poursuivent en ce moment.

--- o ---

9 - DOCUMENTS UTILISES

Les rapports, études, publications techniques et autres documents qui sont à la base de ce dossier sont mentionnés dans le texte de ce rapport et dans la note des calculs hydrauliques. Ici, nous donnons un aperçu des plus importants documents consultés et utilisés.

9.1 - Documents établis en dehors du Projet :

- Water Resources Investigations for the Nahr Abou Ali Basin. Reconnaissance Report (Bureau of Reclamation - Denver, Colorado - 1958).

- Aménagement du Nahr Abou Aali, Etude préliminaire (Société Centrale pour l'Équipement du Territoire - SCET - avril 1964).

- Planification des eaux entre Jiskra et le Nahr el Barad (SCET, mars 1967).

- Rapport géologique préliminaire sur le site de Dâr Beachtâr (Direction générale des équipements hydrauliques et électriques - Beyrouth, octobre 1967).

- Hydrométrie des rivières du Nord du Liban. (Office National du Litani - Beyrouth, décembre 1969).

- Catalogue des séismes ressentis au Liban. (Observatoire de Ksara - mars 1968).

9.2 - Documents établis dans le cadre du Projet.

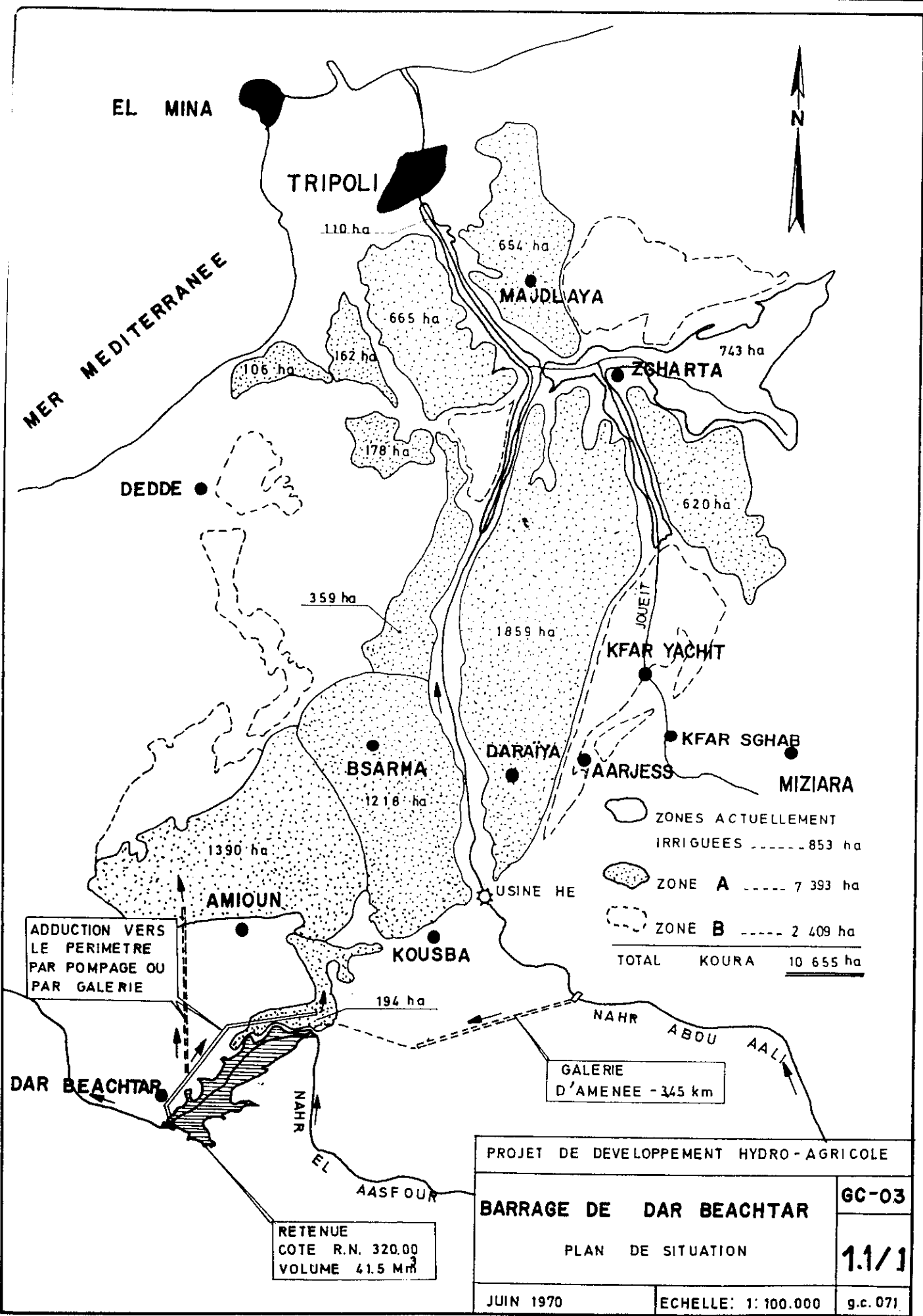
- Etude préliminaire des ouvrages hydrauliques du Liban-Nord (Publication EC 02, décembre 1969).

- Etude géologique du site de barrage de Dâr Beachtâr (Publication EC 09, janvier 1970).

- Etude d'emplacements de barrages dans le Liban-Nord. Rapport de mission (Sofrelec Paris, janvier 1970 et juin 1970).

5.3 - Publications techniques.

- F. Ronenieras : L'hydrologie de l'ingénieur (Eyrolles Paris - 1965).
- A. Lencastre : Manuel d'hydraulique générale (Eyrolles Paris - 1963).
- J. L. Sherard : Earth and Earth-Rock Dams (John Wiley and Sons Inc. New York - 1963).
- Revue Travaux - numéro spécial 390 (Editions Science et Industrie - Paris, septembre 1967).



ADDUCTION VERS  
LE PERIMETRE  
PAR POMPAGE OU  
PAR GALERIE

RETENUE  
COTE R.N. 320.00  
VOLUME 41.5 Mm<sup>3</sup>

GALERIE  
D'AMENEE - 3,45 km

ZONES ACTUELLEMENT  
IRRIGUEES ..... 853 ha  
ZONE A ..... 7 393 ha  
ZONE B ..... 2 409 ha  
TOTAL KOURA 10 655 ha

PROJET DE DEVELOPPEMENT HYDRO - AGRICOLE		
BARRAGE DE DAR BEACHTAR		GC-03
PLAN DE SITUATION		1.1/1
JUIN 1970	ECHELLE: 1: 100.000	g.c. 071

# COUPE CARACTERISTIQUE DU BARRAGE

1:1000

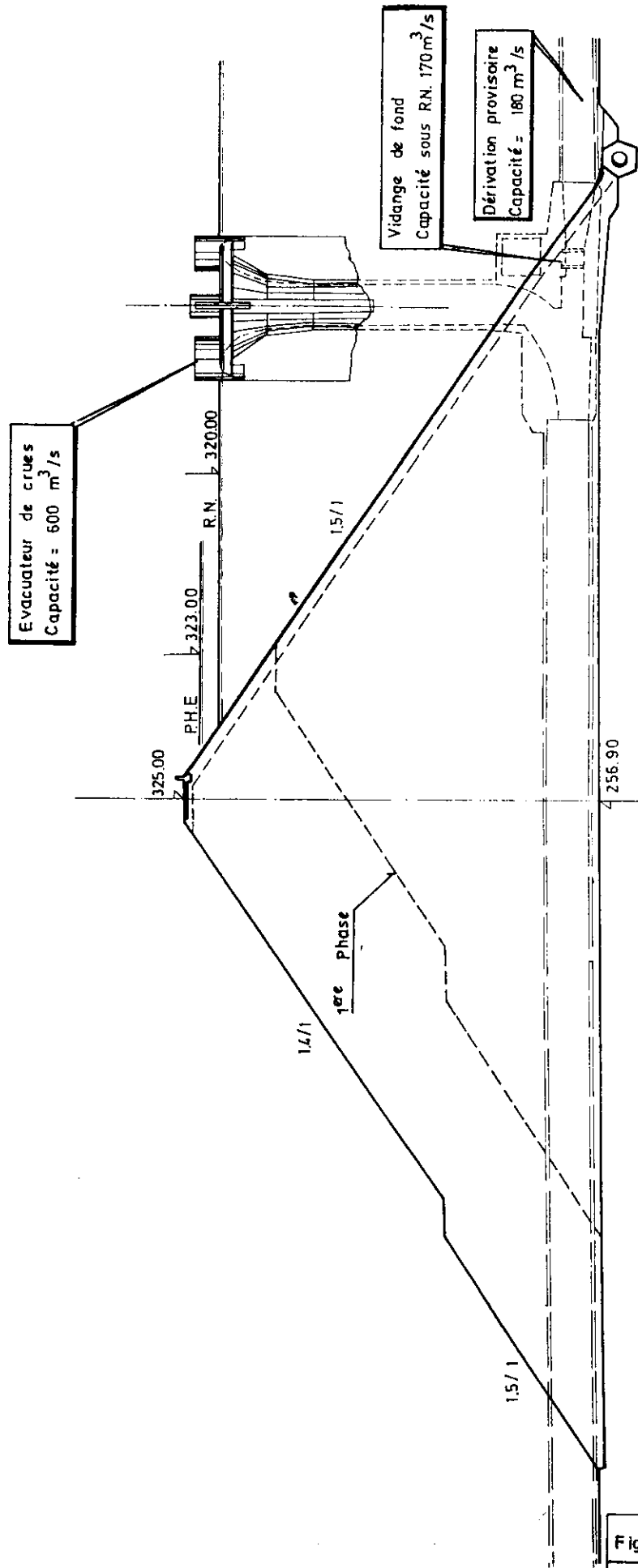
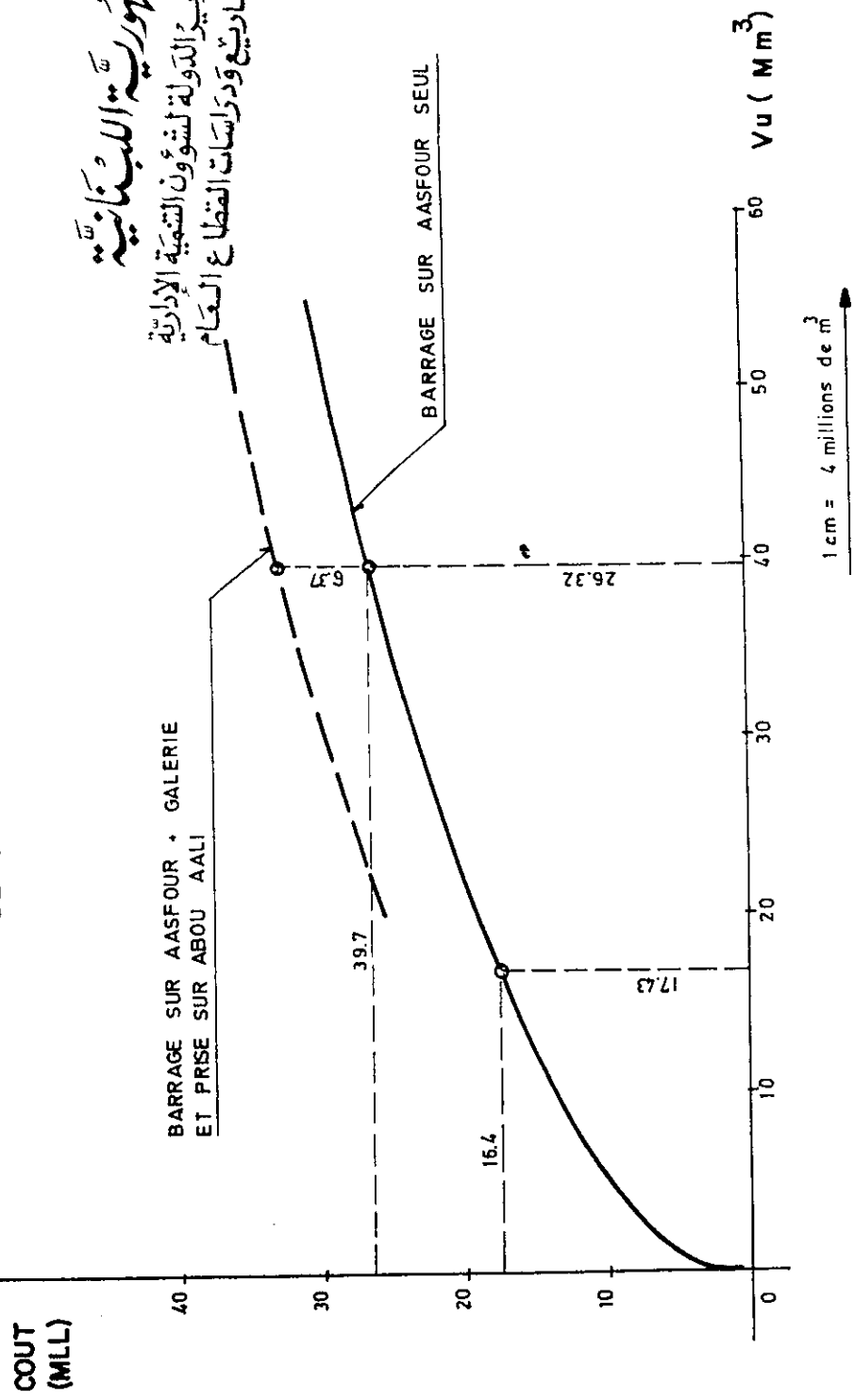


Fig. 1.1/2  
gc 072



# BARRAGE DE D'AR BEACHTAR (VARIANTE MASQUE AMONT)

COUT DU BARRAGE (CONSTRUIT EN UNE SEULE PHASE) EN FONCTION DU VOLUME UTILE DE LA RETENUE



الجمهورية اللبنانية  
مكتب وزير الشؤون التمهية الإدارية  
مركز مشاريع ودراسات القطاع العام

Fig. 1.1/3  
gc 073

République Libanaise  
Bureau du Ministère d'Etat pour la Reforme Administrative  
Centre des Projets et des Etudes du Secteur Public  
(C.P.E.S.P.)

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