



LA-643
TCP/LEB/0051
CVOL: III

TCP/LEB/0051 - 001/AGON
RAPPORT TECHNIQUE

PROGRAMME DE COOPERATION TECHNIQUE



APPUI TECHNIQUE POUR LA PLANIFICATION DU DEVELOPPEMENT AGRICOLE ET RURAL

LIBAN

ETUDE DE MODERNISATION ET DE
REHABILITATION DE L'IRRIGATION
DE LA ZONE LITTORALE DE JBAIL

RAPPORT TECHNIQUE

PLAN DIRECTEUR DE LA
MODERNISATION DE L'IRRIGATION
ET ETUDE DE L'A.P.S.
DE LA SOLUTION RETENUE
VOLUME III

ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE
ROME - 1991

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

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.)

TCP/LEB - 0051 - 001-AGON
Rapport technique

PROGRAMME DE COOPERATION TECHNIQUE

APPUI TECHNIQUE POUR LA PLANIFICATION DU DEVELOPPEMENT
AGRICOLE ET RURAL

LIBAN

ETUDE DE MODERNISATION ET DE REHABILITATION
DE L'IRRIGATION DE LA ZONE LITTORALE DE JBAIL

Rapport technique

PLAN DIRECTEUR DE LA MODERNISATION DE L'IRRIGATION
ET ETUDE DE L'A.P.S DE LA SOLUTION RETENUE

VOLUME III

Rapport préparé pour
le Gouvernement du LIBAN
par

L'Organisation des Nations Unies
pour l'Alimentation et l'Agriculture

Sur la base des travaux du

B.T.D.

ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE

ROME, 1991

TABLE DES MATIERES

	<u>Page</u>
<u>VOLUME III</u>	
INTRODUCTION	1
<u>Chapitre 1</u> : ETUDE DE MODERNISATION DE L'IRRIGATION DANS LE PERIMETRE IRRIGUE ACTUELLEMENT, SANS TENIR COMPTE DES EXTENSIONS FUTURES	2
I.1 - Micro-irrigation par goutteur ou goutte à goutte	2
I.1.1- Calcul des besoins en eau et schéma directeur du réseau	4
I.1.2- Etude de dimensionnement	7
I.1.3- Conclusion	22
I.2- irrigation combinée : traditionnelle et moderne	27
I.2.1- Irrigation traditionnelle dans tout le périmètre actuel	27
I.2.2- Irrigation moderne d'une partie du périmètre et irrigation tradi- tionnelle du restant du périmètre	34
I.2.3- Dimensionnement du réseau tertiaire	34
I.2.4- Etude comparative et conclusion	35
<u>Chapitre 2</u> : ETUDE DE MODERNISATION DE L'IRRIGATION DANS L'ENSEMBLE DES PARCELLES ACTUELLEMENT IRRIGUEES ET DANS LES EVENTUELLES ZONES IRRIGABLES	37
II.1- Première partie - Irrigation des zones cultivables	37
II.1.1- Détermination des superficies	37
II.1.2- Calcul des besoins en eau des zones d'extension	39
II.1.3- Dimensionnement et tracé des éléments secondaires et tertiaires	40
II.1.4- Récapitulation - Conclusion	56

TABLE DES MATIERES (Suite)

	<u>Page</u>
II.2- Deuxième partie - Irrigation des zones cultivées et cultivables	57
II.2.1- Calcul des besoins	57
II.2.2- Dimensionnement	61
<u>Chapitre 3</u> : CONCLUSION	65
III.1- Dimensionnement des organes du réseau du périmètre actuellement irrigué	68
III.1.1- Elément adducteur principal - Conduite gravitaire	68
III.1.2- Elément secondaire de TABARJA	69
III.1.3- Elément secondaire de AMCHIT	69
III.1.4- Conduites secondaires connectant la conduite primaire aux canaux secondaires de TABARJA et AMCHIT	69
III.1.5- Réseau tertiaire	70
III.1.6- Mode de distribution	70
III.2- Dimensionnement des organes des réseaux des périmètres irigables - Extensions	72
III.2.1- Périmètre de NAHR IBRAHIM - TABARJA	72
III.2.2- Périmètre de HALAT-EL FIDAR	72
III.2.3- Périmètre de MASTITA - HAI MAR JERIOS	73
III.2.4- Périmètre de AMCHIT	73
III.2.5- Périmètre situé au Nord de AMCHIT	74
III.2.6- Coût d'un hectare d'extension	74
III.2.7- Micro-irrigation au niveau de la parcelle	75
III.2.8- Coût total	77

ANNEXE

LISTE DES FIGURES

VOLUME III

	<u>Page</u>
Fig.1 : SCHEMA DIRECTEUR ENVISAGE DES NOUVEAUX RESEAUX	6- 7
Fig.2 : DEBIT USUEL ET DEBIT MAXIMAL DANS UN AQUEDUC A SECTION CIRCULAIRE	8- 9
Fig.3 : VARIANTE CANAL-CONDUITE EN CHARGE - AMCHIT	12-13
Fig.4 : VARIANTE DEUX CONDUITES AMIANTE-CIMENT AMCHIT	12-13
Fig.5 : VARIANTE CANAL - CONDUITE EN CHARGE - TABARJA	12-13
Fig.6 : VARIANTE DEUX CONDUITES AMINATE-CIMENT - TABARJA	12-13
Fig.7 : STATION DE POMPAGE	14-15
Fig.8 : PROFIL REDUIT DE LA CONDUITE PRINCIPALE SEPEREE DE 400 mm	16-17
Fig.9 : SCHEMA DU RESEAU EN CHARGE	16-17
Fig.10 : CANAL PRINCIPAL - ALTERNATIVE AVEC STATION DE POMPAGE	18-19
Fig.11 : CONDUITE PRINCIPALE - ALTERNATIVE AVEC STATION DE POMPAGE	18-19
Fig.12 : SCHEMA DE LA VARIANTE STATION DE POMPAGE	20-21
Fig.13 : CANAL PRINCIPAL - ALTERNATIVE DEUX ELEMENTS PRIMAIRES	20-21
Fig.14 : CONDUITE PRINCIPALE - ALTERNATIVE DEUX CONDUITES PRINCIPALES	20-21
Fig.15 : SCHEMA DE LA VARIANTE - DEUX ELEMENTS PRINCIPAUX	22-23
Fig.16 : SCHEMA RECAPITULATIF DE LA VARIANTE SELECTIONNEE AVEC STATION DE POMPAGE	26-27
Fig.17 : SCHEMA RECAPITULATIF DE LA VARIANTE SELECTIONNEE SANS STATION DE POMPAGE	26-27

LISTE DES FIGURES (Suite)

	<u>Page</u>
Fig.18 : CANAL PRINCIPAL - IRRIGATION TRADITIONNELLE	30-31
Fig.19 : CONDUITE PRINCIPALE - IRRIGATION TRADITIONNELLE	30-31
Fig.20 : CANAL SECONDAIRE DE AMCHIT-IRRIGATION TRADITIONNELLE	32-33
Fig.21 : CONDUITE SECONDAIRE DE AMCHIT - IRRIGATION TRADITIONNELLE	32-33
Fig.22 : CANAL SECONDAIRE DE TABARJA - IRRIGATION TRADITIONNELLE	34-35
Fig.23 : CONDUITE SECONDAIRE DE TABARJA - IRRIGATION TRADITIONNELLE	34-35
Fig.24 : EVOLUTION DES DENSITES DES SUPERFICIES IRRIGUEES ET IRRIGABLES	40-41
Fig.25 ; PROFIL EN LONG - CONDUITE EN CHARGE DE 250 mm - EXTENSION NAHR IBRAHIM - TABARJA	44-45
Fig.26 : SCHEMA DE LA SOLUTION ADOPTEE	68-69
Fig.27 : BRANCHEMENT D'UNE CONDUITE TERTIAIRE A UN CANAL SECONDAIRE	70-71
Fig.28 : SCHEMA TYPE ET EQUIPEMENTS D'UN RESEAU DE MICRO-IRRIGATION	76-77

LISTE DES PLANS

Pochette N°1

A.1 à A.8 LEVE TOPOGRAPHIQUE DU RESEAU D'IRRIGATION -
PLANS ET PROFILS EN LONG DES CANAUX SECON-
DAIRES - INVENTAIRE DES EQUIPEMENTS ET
CONSTAT DES DEGATS
CANAL DE NAHR IBRAHIM - AMCHIT

A.T.1 à A.T.47 LEVE TOPOGRAPHIQUE DU RESEAU D'IRRIGATION -
PLANS ET PROFILS EN LONG DES CANAUX TERTI-
AIRES - INVENTAIRE DES EQUIPEMENTS ET CONSTAT
DES DEGATS -
CANAUX DERIVANT DU CANAL SECONDAIRE DE
NAHR IBRAHIM - AMCHIT

Pochette N°2

C.G CARTE GEOLOGIQUE DU LITTORAL DE TABARJA -
AMCHIT

C.O.S.1 à C.O.S.10 CARTE D'OCCUPATION DES SOLS

C.P.1 à C.P.7 LEVE TOPOGRAPHIQUE DU RESEAU D'IRRIGATION -
PLANS ET PROFILS EN LONG DU CANAL PRIMAIRE -
INVENTAIRE DES EQUIPEMENTS ET CONSTAT DES
DEGATS.

C.R.S.1 à C.R.S.10 CARTE DES RESSOURCES EN SOLS

Pochette N°3

C.V.A CARTE D'IMPLANTATION DE LA VARIANTE ADOPTEE

C.V.P CARTE D'IMPLANTATION DE TOUTES LES VARIANTES
RELATIVES A L'IRRIGATION DES ZONES ACTUELLES
ET DES EXTENSIONS

P.P.C LEVE TOPOGRAPHIQUE DU RESEAU D'IRRIGATION -
PLAN COTE DE LA PRISE DE CAPTAGE DU CANAL
PRIMAIRE SUR LA RIVIERE DE NAHR IBRAHIM.

LISTE DES PLANS (suite)

- R.I.1 à R.I.10 TRACE DU RESEAU D'IRRIGATION -
EMPLACEMENT DES STATIONS DE JAUGEAGE -
ET LIMITES DES SOUS-PERIMETRES IRRIGUES
- T.I.1 à T.I.4 LEVE TOPOGRAPHIQUE DU RESEAU D'IRRIGATION -
PLANS ET PROFILS EN LONG DES CANAUX SECON-
DAIRES - INVENTAIRE DES EQUIPEMENTS ET
CONSTAT DES DEGATS -
CANAL INFERIEUR DE NAHR IBRAHIM - TABARJA
- T.I.T.1 à T.I.T.10 LEVE TOPOGRAPHIQUE DU RESEAU D'IRRIGATION -
PLANS ET PROFILS EN LONG DES CANAUX TERTI-
AIRES - INVENTAIRE DES EQUIPEMENTS ET CONSTAT
DES DEGATS -
CANAUX DERIVANT DU CANAL SECONDAIRE
INFERIEUR DE NAHR IBRAHIM - TABARJA
- T.S.1 à T.S.4 LEVE TOPOGRAPHIQUE DU RESEAU D'IRRIGATION
PLANS ET PROFILS EN LONG DES CANAUX SECON-
DAIRES - INVENTAIRE DES EQUIPEMENTS ET
CONSTAT DES DEGATS -
CANAL SUPERIEUR DE NAHR IBRAHIM - TABARJA
- T.S.T.1 à T.S.T.10 LEVE TOPOGRAPHIQUE DU RESEAU D'IRRIGATION -
PLANS ET PROFILS EN LONG DES CANAUX TERTI-
AIRES - INVENTAIRE DES EQUIPEMENTS ET CONSTAT
DES DEGATS -
CANAUX DERIVANT DU CANAL SECONDAIRE
SUPERIEUR DE NAHR IBRAHIM - TABARJA

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE I : DETAILS DE DESCRIPTION ET DE CALCUL DES ASPECTS DE L'IRRIGATION.

ANNEXE II : PROFILS DE SOL, ANALYSES AU LABORATOIRE ET ESSAIS DE PERMEABILITE.

ANNEXE III: RECUEIL DES PAPIERS LIMNIGRAPHIQUES.

ANNEXE IV : DETERMINATION DE L'E.T.P. PAR CALCUL.

ANNEXE V : PROGRAMME DE CALCUL AUTOMATIQUE PAR ORDINATEUR POUR ETABLIR LE CALENDRIER D'IRRIGATION.

ANNEXE VI : RESULTATS DES ESSAIS AU SCLEROMETRE.

ANNEXE VII: INVENTAIRE DES DEGATS.

INTRODUCTION

Le volume N°3 du rapport final de l'Etude de modernisation et de réhabilitation de l'irrigation de la zone littorale de Jbail traite, au niveau de l'Avant-Projet-Sommaire, les modifications à entreprendre à long terme, sur le système d'irrigation.

En effet, tenant compte des résultats du modèle d'évolution des besoins agricoles en eau, de l'inventaire des espaces cultivables au-dessus des réseaux actuels d'irrigation et de leur extension vers le Nord, de l'évolution des espèces cultivées avec le temps, de la configuration topographique des périmètres recensés et des résultats de l'étude du réseau actuel, nous avons effectué l'étude, au stade de l'A.P.S., de modernisation de l'irrigation des périmètres actuellement irrigués et des périmètres irrigables.

Cette étude est donc divisée en trois parties distinctes :

Chapitre 1: Etude de modernisation de l'irrigation dans le périmètre actuellement irrigué sans tenir compte des extensions futures.

Chapitre 2: Etude de modernisation de l'irrigation dans les périmètres irrigués et irrigables tenant compte des extensions futures.

Chapitre 3: Conclusion

Dans chacune des deux premières parties nous avons déterminé les besoins, planifié le système d'irrigation le plus approprié, dimensionné les ouvrages de tête et de transport ainsi que les réseaux de distribution, et finalement établi une étude économique montrant les coûts respectifs des variantes.

CHAPITRE 1

ETUDE DE MODERNISATION DE L'IRRIGATION DANS LE PERIMETRE IRRIGUE ACTUELLEMENT, SANS TENIR COMPTE DES EXTENSIONS FUTURES

L'étude des modifications à entreprendre dans le cadre de l'Avant-Projet Sommaire, envisage pour les superficies actuellement cultivées et irriguées, deux modes d'irrigation : Le premier est celui d'une modernisation de l'irrigation par application du système du goutte à goutte et le second est celui d'une conservation des méthodes traditionnelles d'irrigation par canaux mais en remplaçant uniquement les canaux tertiaires par des conduites. L'étude de cette seconde alternative a pour but de comparer le coût de son exécution à celui d'une modernisation réelle et de montrer les gains en eau qui pourraient être réalisés tout en irriguant 65% de ce périmètre par les méthodes modernes.

Dans les deux cas, les critères de base qui ont été sélectionnés sont les suivants :

- Superficie des terres actuellement cultivées et irriguées : 485 hectares.
- Cote de départ du réseau primaire : soit à :
 - . 80 m, juste à l'aval de la station hydro-électrique N°3 d'EL KHDEIRA.
 - . ou à 150 m, juste à l'aval de la station hydro-électrique N°2 de YAHCHOUCH.
- Débit disponible moyen au niveau de l'ouvrage de prise, à la cote 80 m : 1000 l/sec.
- Les surfaces agricoles vont diminuer progressivement, aux dépens de l'urbanisation et la superficie cultivée correspondra à 45% de sa valeur actuelle en l'an 2015. Les besoins théoriques en eau vont diminuer par conséquent, dans les mêmes proportions.
- Eviter au mieux les expropriations.
- Minimiser au mieux les dépenses en énergie.
- Utiliser au mieux, les gros ouvrages existants.

I.1- Micro-irrigation par goutteur ou Goutte à Goutte

Nous envisageons dans ce qui suit, le dimensionnement du réseau d'adduction du périmètre actuel, mais dans l'optique d'une irrigation des parcelles cultivées par le système de "goutte à goutte".

L'irrigation par goutteur ou goutte à goutte représente envers les autres systèmes d'irrigation une série d'avantages dont on cite :

* Sur le plan du rendement des quantités d'eau utilisées :

- Peu de perte par évaporation
- Limitation de la croissance des mauvaises herbes
- Pas de perte par percolation dans le sol
- La répartition de l'eau n'est pas affectée par le vent

Donc un rendement excellent des quantités d'eau déversées.

* Sur le plan agronomique :

- L'humidité au voisinage des racines est permanente
- Une bonne aération du sol est conservée.
- La fertilisation est aisée et efficace
- L'atmosphère au voisinage des plantes reste sèche, donc moins d'insectes et de maladies cryptogamiques.

* Sur le plan cultural :

- Les activités culturales sont réduites
- Compatibilité avec toute sorte de cultures, spécialement celles faites sous paillage plastique.

Cependant le système d'irrigation par goutteur représente quelques inconvénients dont il faut chercher à éliminer :

- L'obstruction des goutteurs qui impose une filtration soignée de l'eau.
- Accumulation des sels à la périphérie du bulbe humide autour de la zone radiculaire.
- Un coût élevé du réseau au niveau de la parcelle dans le cas d'une culture dense.
- Un entretien sérieux des équipements et un suivi continu de leur état.

Notons que nous n'avons pas pris en considération dans la modernisation de l'irrigation le système d'irrigation par aspersion car ce système n'est pas applicable pour toutes les cultures en particulier celles sous-serres. (Ce genre représente le tiers du périmètre étudié). L'inconvénient majeur de ce système est qu'il occasionne un climat humide qui favorise la propagation des mauvaises herbes et des maladies cryptogamiques.

1.1.1- Calcul des besoins en eau et schéma directeur du réseau

1.1.1.1- Besoins en eau

Les besoins en eau correspondent à l'évapotranspiration réelle de la culture (ETR) qui s'exprime en mm de hauteur d'eau, selon la relation :

$$ETR = K_e \times r \times ETP \quad \text{avec :}$$

ETP : Evapotranspiration potentielle en mm de hauteur d'eau calculée (Voir Volume I) (6.35 mm/jour au mois de Juillet)

K_e : Coefficient cultural, fonction de l'espèce cultivée déjà adopté égal à 1. (Voir Volume I)

r : Le taux de rationnement égal ou inférieur à 1, fonction de la technique d'apport.

Les valeurs de r adoptées pour les différents types de cultures existantes et leur pourcentage respectif par rapport à la surface totale irriguée sont :

TYPE DE CULTURE	POURCENTAGE	r
Cultures maraîchères en plein champs	32.3%	0.85
Cultures maraîchères en serres	31.6%	0.75
Bananiers	24.3%	0.8
Orangeraias	6.2%	0.8
Cultures mixtes	5.6%	0.8
Moyenne pondérée		0.8

L'évapotranspiration réelle serait donc égale à :

$$ETR = 6.35 \times 1 \times 0.8 = 5.08 \text{ mm/jour.}$$

En admettant un rendement global du réseau de 0.8, les besoins à assurer en tête du réseau seront :

$$\frac{5.08}{0.8} = 6.35 \text{ mm/jour.}$$

Le rendement de 0.9 est le rendement normal généralement adopté pour les réseaux d'irrigation équipés de goutteurs. Nous avons adopté un rendement de 0.8 pour être plus proche de la réalité et des habitudes de l'agriculteur libanais.

L'irrigation de la surface actuellement cultivée (485 ha) requiert un débit instantané (maximal) en tête du réseau de :

$$\frac{(485 \times 10000) \text{ m}^2 \times (6.35 \times 10^{-3}) \text{ m}}{86400 \text{ sec}} = 0.356 \text{ m}^3/\text{sec} \text{ ou } 356 \text{ l/sec; soit } 355 \text{ l/s}$$

Or, cette superficie irriguée est répartie de part et d'autre de la rivière de NAHR IBRAHIM comme suit :

- a) Zone située au Nord de NAHR IBRAHIM = 325 ha.
- b) Zone située au Sud de NAHR IBRAHIM = 160 ha.

Les besoins en eau de ces zones seraient de :

- a) Nord de N. IBRAHIM = $\frac{325 \text{ ha} \times 355 \text{ l/sec}}{485 \text{ ha}}$ = 238 l/sec soit 240 l/sec
- b) Sud de N. IBRAHIM = $\frac{160 \text{ ha} \times 355 \text{ l/sec}}{485 \text{ ha}}$ = 117 l/sec soit 115 l/sec

L'adduction gravitaire de l'eau à partir de la prise située à la cote 80 m et en suivant les tracés des canaux secondaires existants dans le but d'éliminer les frais d'expropriation, (limite supérieure de leur cote aux extrémités aval ne pouvant dépasser 70 m) ne peut irriguer donc sous pression, que les parcelles situées au-dessous de la cote 40 m.

En effet, en adoptant le système d'irrigation du goutte à goutte, la pression nominale nécessaire pour faire fonctionner les goutteurs est de 1 bar à laquelle il faut ajouter les pertes de charge au niveau de l'installation de tête (filtre, fertilisateur, compteur, etc...) qui est de 2 bars, soit au total une charge disponible à la parcelle de 3 bars.

Les parcelles situées entre les cotes 40 et 70 m ne peuvent donc être irriguées par goutteurs avec le système actuel par manque de pression disponible. Il faut donc envisager un système où l'adduction de l'eau, le long des tracés des canaux secondaires existants, se fait en charge. Il y aura par conséquent, le long des tracés des canaux secondaires existants d'AMCHIT et de TABARJA supérieur deux systèmes parallèles. Dans le premier, l'écoulement se fera gravitairement et assurera l'irrigation par goutteurs des parcelles situées au-dessous de la cote 40 m. Le réseau de distribution sera constitué par un système de conduites tertiaires en charge.

Dans le second, l'écoulement se fera en charge et assurera l'irrigation des parcelles (par goutteurs) situées entre les cotes 40 et 70 m. Le réseau de distribution sera également constitué par un système de conduites tertiaires en charge mais différent du premier.

La proportion des superficies cultivées entre les cotes 40 et 70 m correspond approximativement à 35% de la surface totale du périmètre irrigué. Les 65% restants sont situés au-dessous de la cote 40 m.

Les débits requis en tête du réseau seront donc de :

a) Pour la partie Nord de NAHR IBRAHIM

Zone située au-dessous de la cote 40 m :

$$240 \text{ l/sec} \times 0.65 = 156 \text{ l/sec.}$$

Zone située entre les cotes 40 et 70 m :

$$240 - 156 = 84 \text{ l/sec.}$$

b) Pour la partie Sud de NAHR IBRAHIM

Zone située au-dessus de la cote 40 m :

$$115 \text{ l/sec} \times 0.65 = 75 \text{ l/sec.}$$

Zone située entre les cotes 40 et 70 m :

$$115 - 75 = 40 \text{ l/sec.}$$

I.1.1.2- Schéma directeur

Le schéma directeur auquel nous avons abouti après avoir analysé et évalué plusieurs scénarios possibles tout en respectant les critères de base mentionnés précédemment, contient deux alternatives :

Première alternative (Fig.1 - Alternative 1)

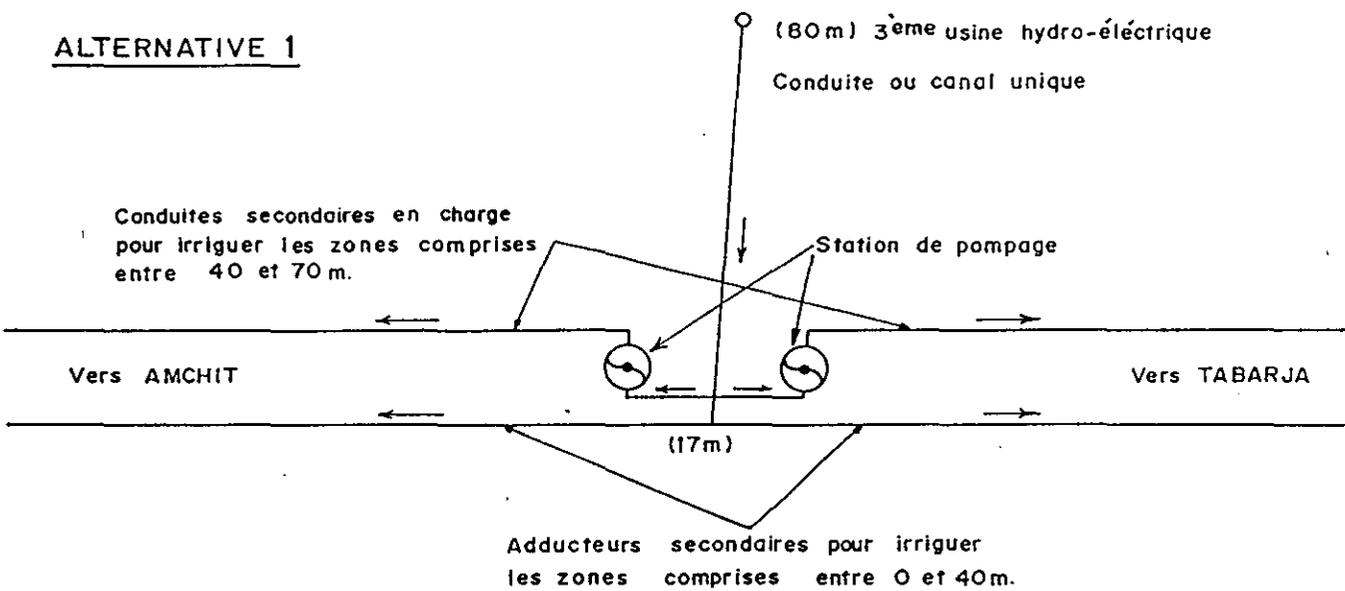
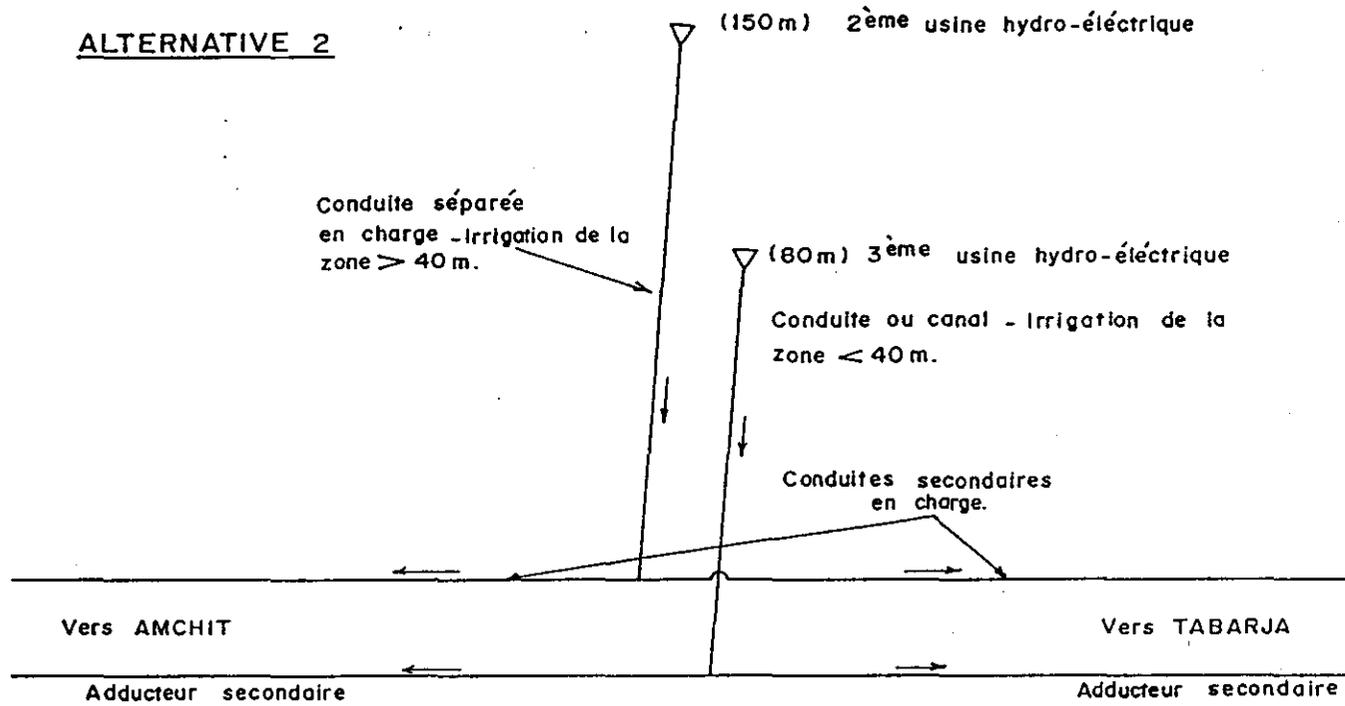
- Construire un adducteur (canal ou conduite) parallèlement au tracé du canal principal existant et conduire une partie de l'eau (124 l/s) vers une station de pompage pour la refouler ensuite par des groupes moto-pompes dans deux conduites :

a) une conduite posée parallèlement au tracé du canal d'AMCHIT pour irriguer la zone située entre les cotes 40 et 70 mètres. (Q = 84 l/s)

b) une conduite posée parallèlement au tracé du canal supérieur de TABARJA pour irriguer la zone située entre les cotes 40 et 70 mètres. (Q = 40 l/s)

SCHEMA DIRECTEUR ENVISAGE DES
NOUVEAUX RESEAUX

Fig.1



- Amener le restant de l'eau (346 l/s) pour la véhiculer dans deux autres adducteurs secondaires posés :

a) le premier, le long du tracé du canal existant d'AMCHIT pour irriguer les parcelles situées au-dessous de la cote 40 m.

b) le second, le long du tracé du canal existant de TABARJA supérieur pour irriguer les parcelles situées au-dessous de la cote 40 m.

Deuxième alternative : (Fig. 1 - Alternative 2)

Conserver le même système hydraulique mais remplacer la station de pompage par une conduite en charge partant de la cote 150 m (2ème usine hydroélectrique) pour irriguer les parcelles situées entre les cotes 40 et 70 m.

Le restant de l'eau véhiculera dans un adducteur primaire (conduite ou canal) posé le long du tracé du canal primaire existant pour irriguer la zone comprise entre 0 et 40 m.

Les parcelles cultivées étant plus ou moins uniformément réparties le long des tracés des canaux secondaires, ces débits seront donc uniformément répartis sur la totalité de la longueur des systèmes d'adduction adoptés.

I.1.2- Etude de dimensionnement

A- Dimensionnement des ouvrages secondaires pour couvrir les besoins actuels de la zone située au-dessous de la cote 40 m

Le débit requis pour couvrir les besoins en eau des parcelles situées au-dessous de la cote 40 m, sera véhiculé par gravité, puisque la cote de la prise principale en tête du système le permet, et puisqu'il est possible d'utiliser le tracé des canaux existants.

A.1 Zone située au Nord de NAHR IBRAHIM, au-dessous de la cote 40 m

Les besoins de cette zone sont de 156 l/s. Deux variantes sont envisageables :

- a) Canal à ciel ouvert
- b) Conduite à écoulement libre.

a) Canal à ciel ouvert :

Ce canal suivra le tracé du canal existant d'AMCHIT dont la pente moyenne est de 0.4 % .

Une section de 70 cm de largeur et de 70 cm de hauteur a la capacité de véhiculer un débit de 156 l/s, avec une hauteur mouillée de 53 cm, pour un coefficient de STRICKLER égal à 60. (Voir Volume I - Chapitre 4).

Le devis estimatif de la construction de ce canal est de:

DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE U.S.\$	PRIX TOTAL U.S.\$
Canal 70 x 70 cm ²	m.l	14800	86	1 272 800

b) Conduite à écoulement libre :

L'avantage principal de cette solution est d'arrêter les vols, de réduire les fuites et d'éliminer la pollution de l'eau durant son transport.

D'après l'étude des écoulements dans les aqueducs et en appliquant la théorie pré-citée à un aqueduc de section circulaire de rayon "r", on trouve que le débit maximal (Q_m), dans une conduite à écoulement libre, dépasse de 5% celui donné par l'aqueduc plein et non en charge (Q_1) soit donc : (Fig.2)

$$Q_m = 1.05 Q_1$$

Autrement dit, l'angle au centre, correspondant au périmètre mouillé θ , est égal à 308° et $f = 0.1 r$ ou $0.05 D$ (Fig.2). Mais pratiquement on doit conserver une revanche encore supérieure pour éviter que l'aqueduc circulaire ne soit jamais en charge; en effet, on donne généralement, pour l'aqueduc circulaire considéré, à la flèche de la zone non mouillée une valeur égale à $r/2$ ou $D/4$, c'est à dire que le tirant d'eau est égal à 75% de diamètre, ce qui correspond à $\theta = 240^\circ$. Le débit (Q) dans ces conditions, est égal à 85% du débit maximal Q_m .

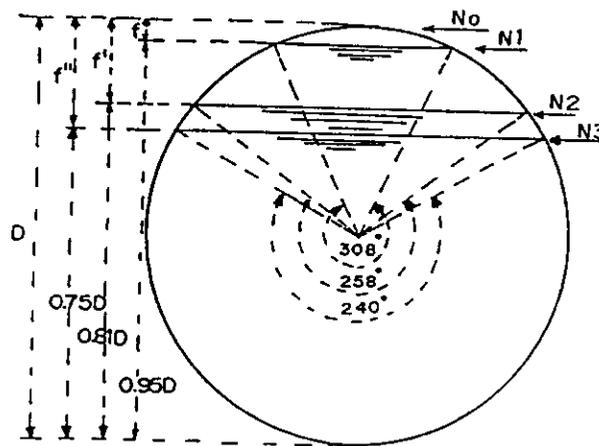
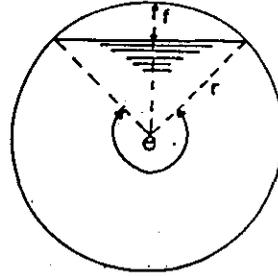
$$Q = 0.85 Q_m$$

$$\text{Donc, } Q = 0.85 \times 1.05 \times Q_1$$

Or, le débit qu'on voudrait véhiculer est un débit correspondant aux besoins de la zone en question, soit donc $Q = 156 \text{ l/sec}$.

DEBIT USUEL ET DEBIT MAXIMAL
DANS UN AQUEDUC A SECTION CIRCULAIRE

Fig.2



N_0 = Aqueduc plein non en charge ($Q = Q_1$).
 N_1 = Niveau correspondant au debit maximal $Q_m = 1.05 Q_1$.
 N_2 = Niveau correspondant à la vitesse moyenne maximale.
 N_3 = Niveau usuel ($Q = 0.85 Q_m$).

Le débit maximal qui pourra véhiculer dans cette conduite à écoulement libre sera de :

$$Q_1 = \frac{Q}{0,85 \times 1,05} = \frac{156}{0,85 \times 1,05} = 174 \text{ l/sec}$$

En se référant à la formule de PRANDTL-COLEBROOK et aux abaques donnant les débits en fonction des pertes de charge et des diamètres (Voir Annexe à la fin de ce volume), on constate qu'une conduite en amiante-ciment ($k = 0,025 \text{ mm}$) de 600 mm ne pourra faire passer qu'un débit maximal de 157 l/sec environ pour des pertes de charge de 0,4 %, correspondant à la pente du canal.

Il faut donc opter pour une conduite de 700 mm. Le débit maximal que pourra véhiculer cette conduite, sous les mêmes conditions mentionnées ci-dessus est de 235 l/sec. (d'après les abaques).

Le débit maximal qui pourra passer, à écoulement libre sera donc de :

$$Q = 235 \times 0,85 \times 1,05 = 209 \text{ l/sec.}$$

Ce débit est donc celui de la conduite à écoulement libre, usuel (Safe yield).

Dans le but de calculer le périmètre mouillé de cette conduite ou le niveau d'eau dans cette conduite, correspondant au débit requis, il faudrait se référer à la courbe type figurant dans l'annexe à ce chapitre.

L'utilisation de cette courbe type requiert la connaissance du diamètre de la conduite et le rapport du débit quand la conduite est à écoulement libre (156 l/sec) et du débit maximal de cette même conduite, quand elle est pleine (235 l/sec).

$$\text{Donc, } \frac{Q}{Q_m} = \frac{156}{235} = 0,66$$

D'après cette courbe type, pour un rapport des débits égal à 0.66, la hauteur de remplissage de la conduite sera égale à :

$$h/D = 0,59 \text{ et } h = 700 \text{ mm} \times 0,59 = 413 \text{ mm; soit } 41,3 \text{ cm} \\ \text{ou } 41 \text{ cm}$$

Le coût de cette conduite de 700 mm serait de :

DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE U.S.\$	PRIX TOTAL U.S.\$.
Conduite 700 mm A.C. Classe 12 bars	m.l	14800	235	3 478 000

A.2 Zone située au Sud de NAHR IBRAHIM au dessous de la cote 40 m

Les besoins de la zone située au-dessous de la cote 40 m sont de 75 l/s; deux variantes pour véhiculer l'eau, sont envisageables :

- canal à ciel ouvert
- conduite à écoulement libre

a- Canal à ciel ouvert

Ce canal suivra le tracé du canal supérieur de TABARJA existant dont la pente moyenne est de 0.4 %.

Une section de 50 cm de largeur et de 50 cm de hauteur a la capacité de véhiculer un débit de 75 l/s, avec une hauteur mouillée de 39 cm pour un coefficient de STRICKLER égal à 60.

Le devis estimatif de la pose entière de ce canal est de:

DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE U.S.\$	PRIX TOTAL U.S.\$.
Canal 50 x 50 cm2	m.l	8000	75	600 000

b- Conduite à écoulement libre

En répétant le même procédé de calcul tel que mentionné précédemment dans le paragraphe A.1.b, on constate que le débit maximal à écoulement libre qui pourra couler dans la conduite est de :

$$Q_1 = \frac{Q}{0.85 \times 1.05} = \frac{75}{0.85 \times 1.05} = 84 \text{ l/s}$$

Or, une conduite de 500 mm de diamètre intérieur, en amiante-ciment, suffit pour acheminer un débit maximal de 95 l/s, avec une perte de charge linéaire de 4%.

Le débit nominal sera donc de :

$$95 \times 0.85 \times 1.05 = 85 \text{ l/s}$$

D'après l'abaque figurant dans l'annexe, la hauteur de remplissage dans la conduite sera de :

$$\frac{Q}{Q_m} = \frac{75}{95} = 0.79 \text{ et } h/D = 0.67. \text{ Donc } h = 500 \text{ mm} \times 0.67 = 335 \text{ mm}$$

ou $h = 34 \text{ cm environ}$

Le devis estimatif de la fourniture et de la pose de cette conduite sera de :

DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE U.S.\$	PRIX TOTAL U.S.\$
Conduite 500 mm A.C. Classe 12 bars	m.l	8000	125	1 000 000

B- Dimensionnement des ouvrages secondaires pour couvrir les besoins actuels de la zone située au-dessus de la cote 40 m

Les besoins actuels des zones situées au-dessus de la cote 40 sont de :

- . Zone de AMCHIT : 84 l/sec
- . Zone de TABARJA : 40 l/sec

Les débits requis pour couvrir les besoins en eau des parcelles situées au-dessus de la cote 40 m seront véhiculés dans deux conduites à écoulement forcé, avec une pression de 3 bars en fin de chaque conduite. Ces conduites, en amiante-ciment, seront posées comme suit :

La première suivra le tracé du canal d'AMCHIT ou de la conduite d'AMCHIT à écoulement libre pour alimenter les parcelles situées au Nord de NAHR IBRAHIM.

La deuxième suivra le tracé du canal supérieur de TABARJA ou de la conduite de TABARJA à écoulement libre pour alimenter les parcelles situées au Sud de NAHR IBRAHIM.

Le diamètre de la première conduite sera de 350 mm. Elle aura une longueur de 14800 m et l'écoulement d'un débit de 84 l/sec créera des pertes de charges 31.3 mètres pour une pression de 3 bars assurée à son extrémité aval (conduite en amiante-ciment-classe 40) (Fig. 3 et 4)

La deuxième conduite aura un diamètre de 250 mm pour un débit de 40 l/sec, une longueur de 8000 m et une perte de charge totale de 22.4 mètres. (conduite en amiante-ciment, classe 40) (Fig.5 et Fig.6)

Le devis estimatif de la fourniture et de la pose de ces conduites sera de :

DESIGNATION	UNITE	QUANTITE m	PRIX UNITAIRE U.S.\$	PRIX TOTAL U.S.\$
Conduite en A.C.(classe 40) de 350 mm	m	14800	70	1.036.800
Conduite en A.C.(classe 40) de 250 mm	m	8000	45	360.000

La pression dans ces deux conduites sera assurée par l'une des deux variantes suivantes :

- a) Une station de pompage assurera la pression nécessaire pour l'irrigation par goutteurs des parcelles situées au-dessus de la cote 40 m. (Fig.1- Alternative 1)
- b) Une conduite principale séparée assurera seulement les besoins de ces parcelles et prenant son origine au niveau de la deuxième usine hydro-électrique, soit à la cote 150 m. (Fig.1 - Alternative 2)

a) Station de pompage

Cette station sera située à proximité du lieu où les deux conduites se sépareront pour véhiculer l'eau respectivement, vers AMCHIT et vers TABARJA (cote 17 m environ). Elle sera alimentée de l'élément primaire, par une conduite de 400 mm de diamètre.

Quelle que-soit la variante adoptée pour l'adducteur primaire (canal ou conduite), la station de pompage doit assurer une pression minimum de 3 bars aux usagers.

Elle sera, à priori, équipée de deux groupes motopompes jouant le rôle de booster assurant chacun le débit requis couvrant les besoins de la zone qu'il irrigue. (Région Nord ou Région Sud)

VARIANTE : CANAL - CONDUITE EN CHARGE

AMCHIT

Ech: 1/10

Fig. 3

Canal

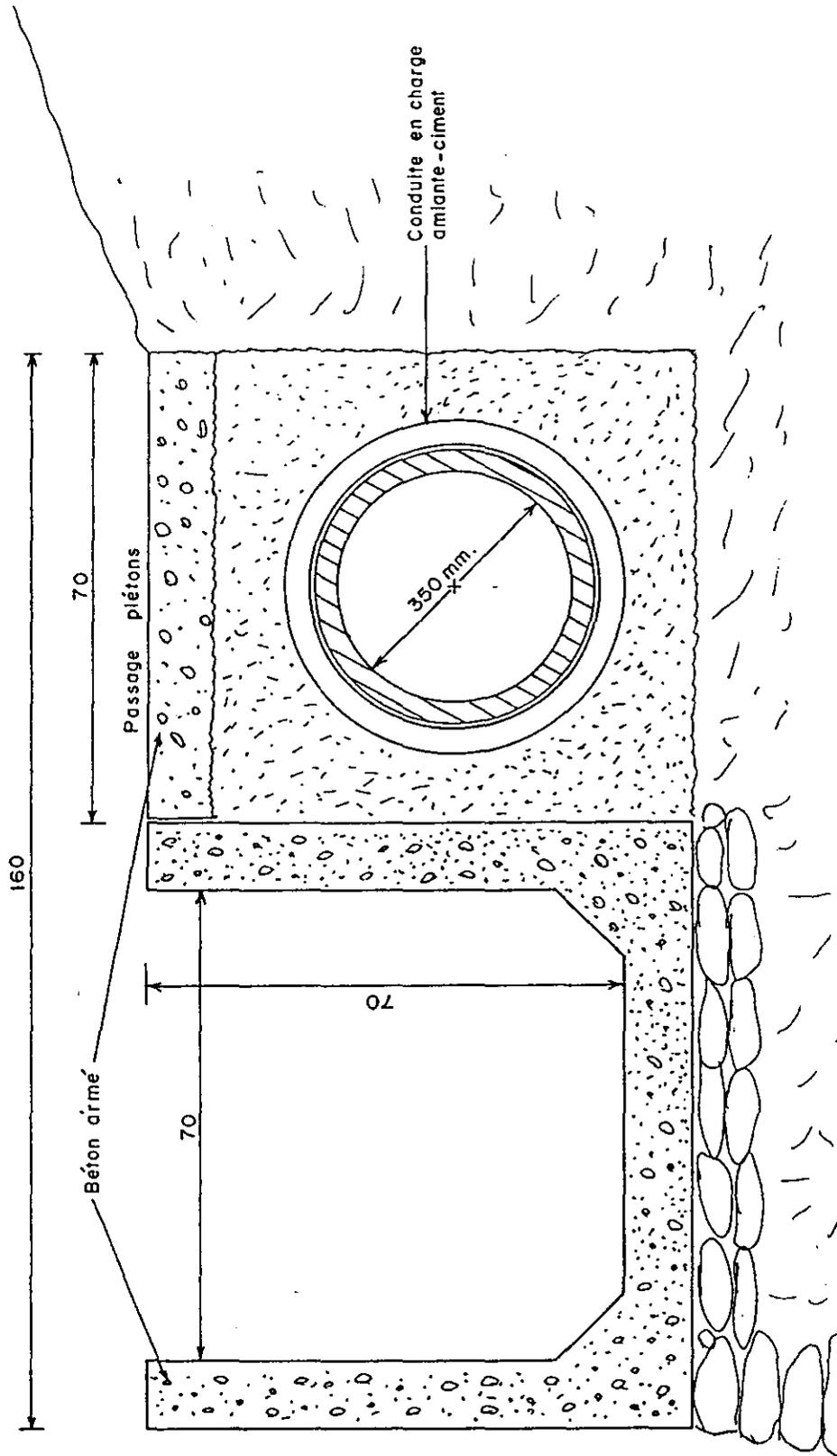
Q = 156 l/s

H = 53 cm.

Conduite 350 mm

Q = 84 l/s

P = 3 bars



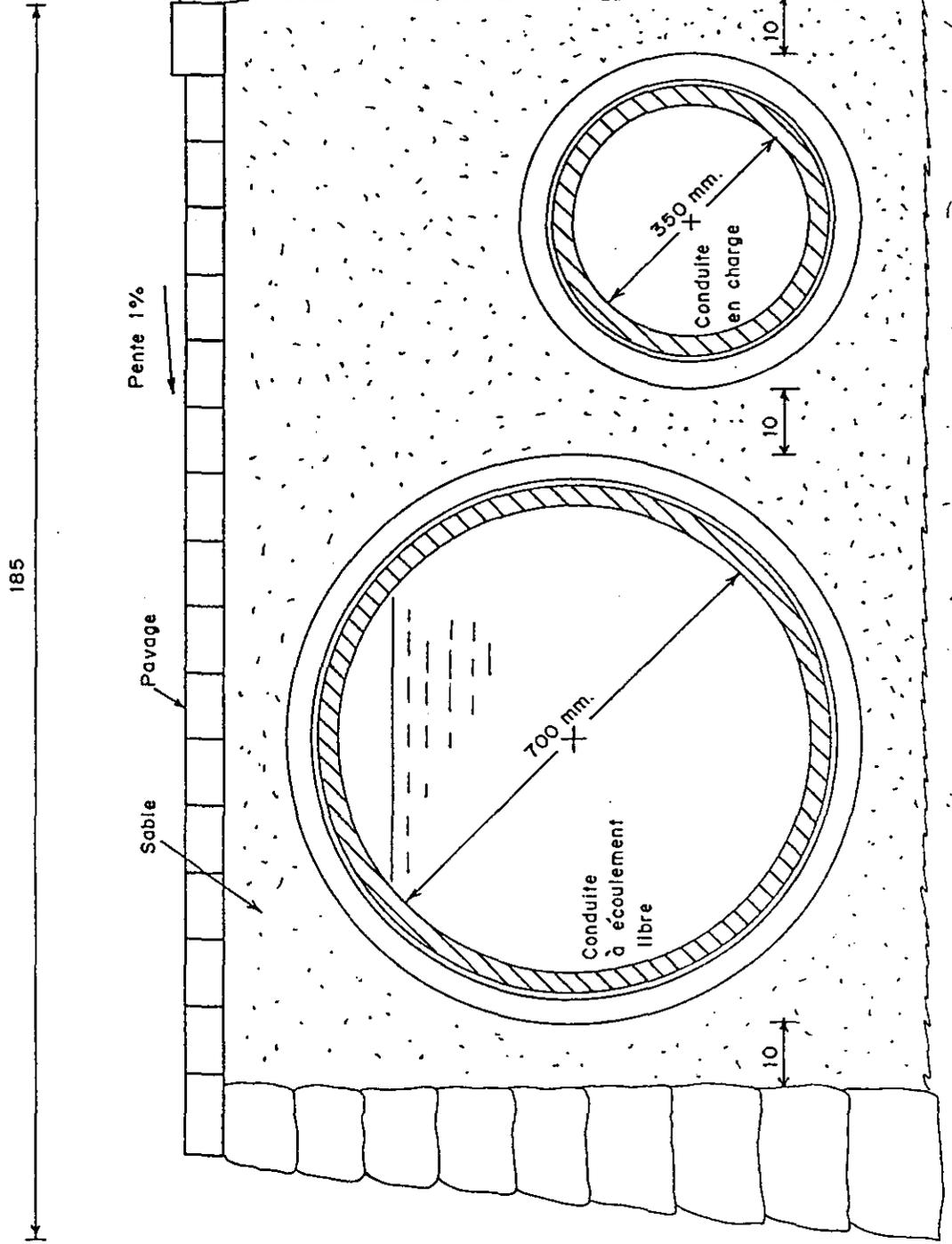
VARIANTE: DEUX CONDUITES AMIANTE - CIMENT

Ech: 1/10

AMCHIT

ϕ 700mm: Q=156 l/s
H= 40 cm.

Fig. 4 ϕ 350mm: Q=84 l/s
P=3 bars



VARIANTE : CANAL-CONDUITE EN CHARGE

TABARJA

Fig. 5

Ech: 1/10

Canal

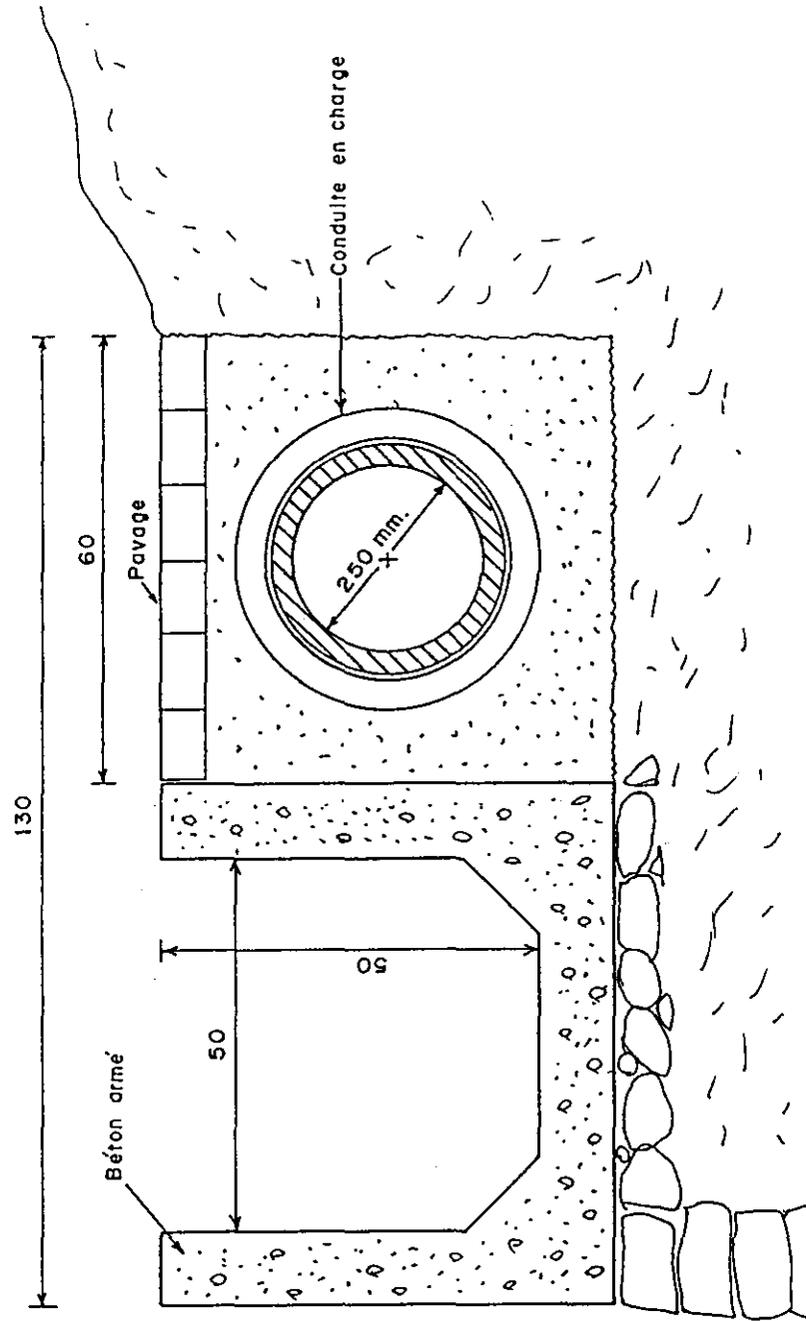
Q = 75 l/s

H = 39 cm.

Conduite 250 mm.

Q = 40 l/s

P = 3 bars



VARIANTE: DEUX CONDUITES

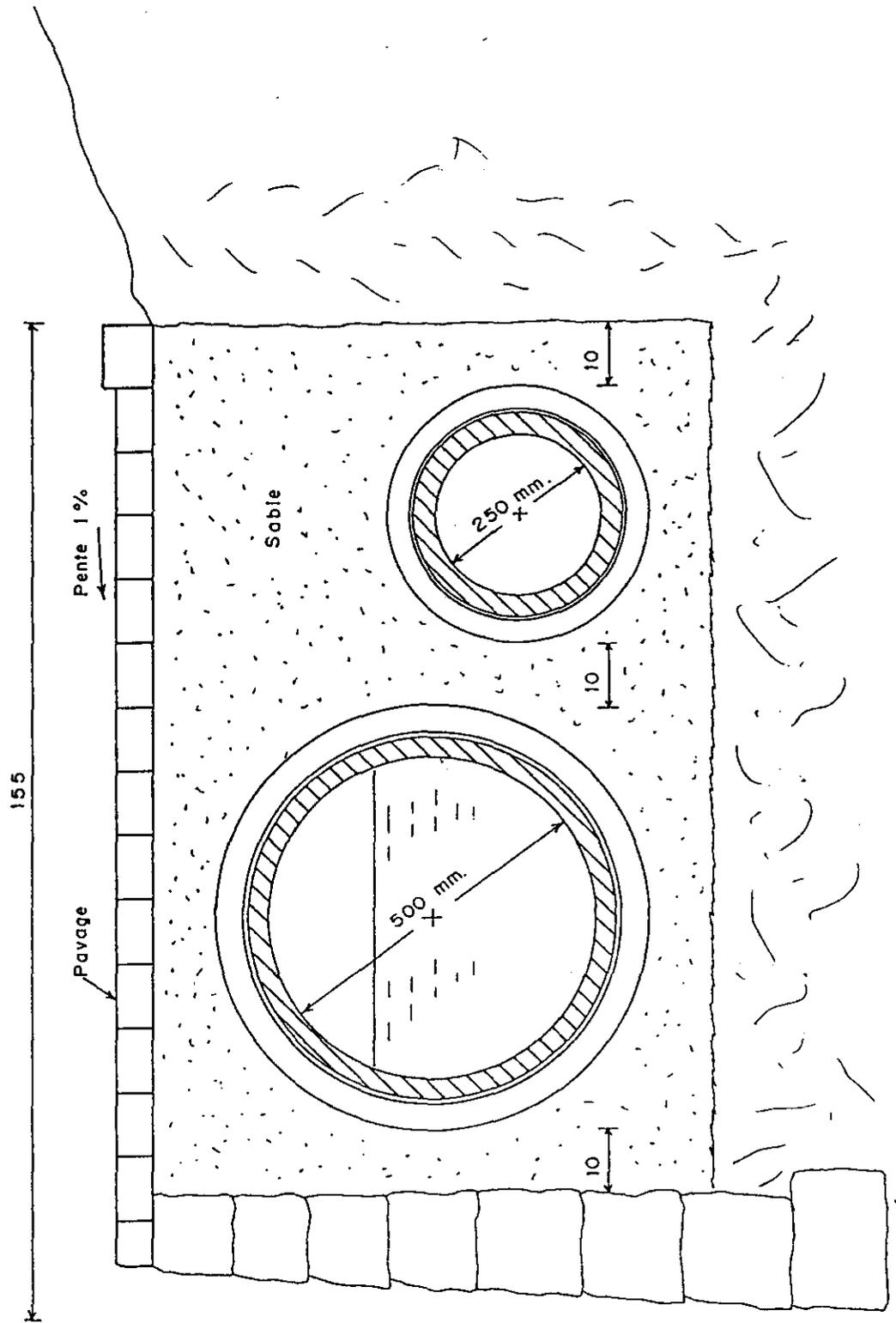
TABARJA

Ech: 1/10

Fig. 6

ϕ 500 mm: Q = 75 ℓ/s
H = 34 cm.

ϕ 250 mm: Q = 40 ℓ/s
P = 3 bars



Le groupe qui alimente la région située au Nord de NAHR IBRAHIM, doit débiter 84 l/s à une pression de sortie de 65 m, le diamètre de la conduite étant de 350 mm. (30 m de pression disponible aux usagers et 35 m de pertes de charge). (1).

La puissance absorbée par ce groupe motopompe est de :

$$\frac{84 \times 65}{102 \times 0.60} = 82.2 \text{ KW Soit } 120 \text{ C.V.}$$

où 0.60 représente le rendement global du groupe.

Le groupe qui alimente la région située au Sud de NAHR IBRAHIM doit débiter 40 l/sec à une pression de sortie de 65 m, le diamètre de la conduite étant de 250 mm. (30 m de pression disponible aux usagers et 35 m de pertes de charge). (1).

La puissance absorbée par ce groupe motopompe est de :

$$\frac{40 \times 65}{102 \times 0.60} = 42.5 \text{ KW soit } 58 \text{ C.V. ou } 60 \text{ C.V.}$$

On remarque que la puissance requise pour le groupe destiné à l'irrigation de la région Nord (AMCHIT) est sensiblement le double de celle du groupe destiné à l'irrigation de la région Sud (TABARJA) et que les hauteurs manométriques sont identiques. Nous avons donc préféré affecter à la région d'AMCHIT deux motopompes de 60 C.V. installés en parallèle (Q = 42 l/s, H = 65 m).

Un troisième groupe identique (60 C.V.) sera installé pour couvrir les besoins des parcelles de la région de TABARJA. Deux autres groupes de secours chacun de 60 C.V., seront branchés en parallèles sur le même collecteur de la station pour remplacer ceux qui seront arrêtés pour effectuer les travaux d'entretien et de maintenance. (Fig.7)

* Système d'Anti béliet :

Chaque conduite de refoulement sera équipée d'un réservoir à air comprimé et d'un groupe compresseur d'air, parceque la surpression h lors de l'arrêt des pompes, calculée d'après les épures de Bergeron n'est pas négligeable. En effet,

$$h = \frac{a V_0}{g} \text{ avec :}$$

a = Célérité de l'onde de pression dans les conduites en amiante-ciment = 1000 m/s.

V₀ = Vitesse dans la conduite avant l'arrêt des pompes (Entre 0.8 et 0.9 m/s dans notre cas)

g = Accélération de la pesanteur = 9.81 m/s²

$$\text{donc } h = 1000 \times 0.9 / 9.81 = 92 \text{ m soit } 9 \text{ bars}$$

(1) L'eau arrivera au groupe moto-pompe dans une conduite en charge à une pression minimale de 40 mètres environ.

Ces réservoirs à air comprimé seront équipés, à leur entrée, de clapets à battants percés et d'électrodes de niveau pour faire démarrer automatiquement les compresseurs en cas de baisse de pression de l'air.

* Poste de transformation

Un transformateur de moyenne tension à basse tension, de 250 KVA assurera l'alimentation de la station en énergie électrique.

* Groupe électrogène :

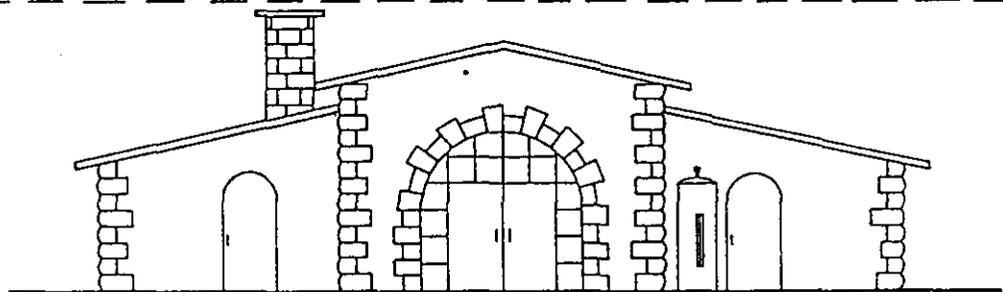
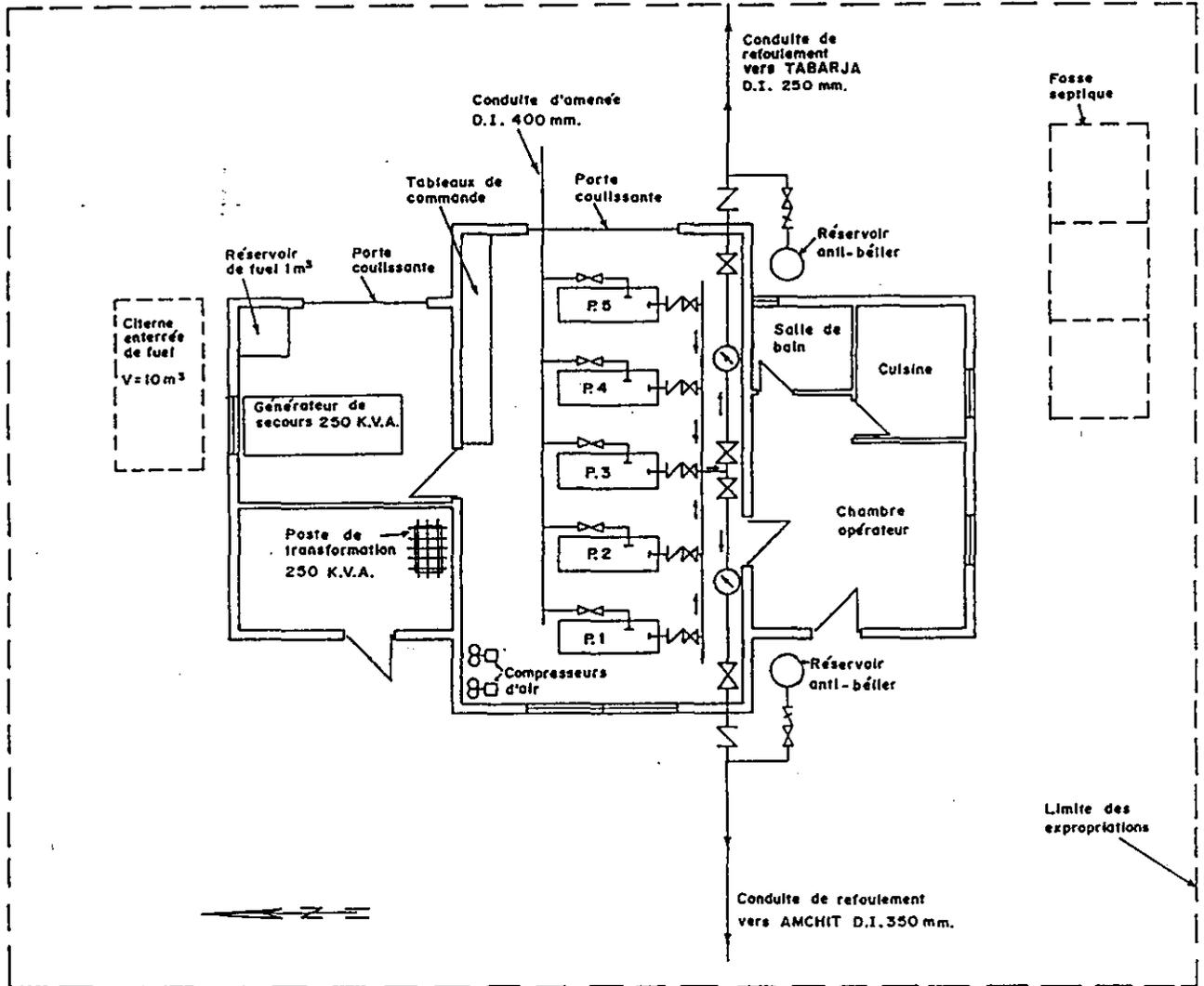
Un groupe électrogène de secours de 250 K.V.A de puissance sera installé dans la station pour l'alimenter en énergie électrique, en cas de panne de secteur. Il sera muni d'une citerne de fuel de 10 m³ assurant une autonomie de 10 à 15 jours.

Le devis estimatif de la construction et de l'équipement de cette station est de :

DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE U.S.\$	PRIX TOTAL U.S.\$
- Expropriation	m2	480	50	24000
- Bâtiment	m2	130	300	39000
- Moto-pompe	Groupe	5	10000	50000
- Compresseur d'air	Groupe	2	3000	6000
- Générateur 250 K.V.A	Groupe	1	50000	50000
- Poste de transformation	Forfait	-	17000	17000
- Equipements hydrauliques	Forfait	-	100000	100000
- Equipements électriques	Forfait	-	30000	30000
- Faux frais	Forfait	-	-	34000
			TOTAL	350000
ENERGIE ET ENTRETIEN SUR 5 ANS				
- Energie électrique sur 5 ans.	KWh	3000000	0.15	450000
- Frais d'amortissement et frais d'entretien et de maintenance.	Forfait	1	50000	50000
			TOTAL	500000

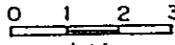
STATION DE POMPAGE

Fig. 7



LEGENDE

-  Robinet vanne
-  Clapet de non retour
-  Clapet à battant percé
-  Compteur de débit
-  P.1 Groupe moto-pompe 60 C.V.

Ech :  (m)

NB: - Les conduites et les accessoires à l'intérieur de la station sont en fonte.

- Expropriation 480 m²

b) Conduite primaire séparée

A la cote 150 m, dans le lit de la rivière de NAHR IBRAHIM, à deux kilomètres à l'amont de la prise du canal primaire d'irrigation, et au niveau de la deuxième usine hydro-électrique, se situe une petite retenue qui alimente en eau, par un canal, la troisième usine située à l'aval.

Il est donc économique sur le plan national du point de vue "dépenses en énergie", de couvrir les besoins, des régions situées au-dessus de la cote 40 m, en eau d'irrigation, à partir de la retenue ci-dessus et d'utiliser l'énergie sous forme de hauteur d'eau sans passer par une série de pertes, telles que :

- Perte dans la turbine et dans le groupe électrogène de l'usine.
- Pertes au niveau des postes de transformation et des lignes de distributions électriques.
- Pertes au niveau des groupes motopompes, dans la station de pompage.

A ajouter à tout cela les frais d'expropriation de construction, d'équipement, d'exploitation et d'entretien de la station de pompage.

L'idée est donc de poser une conduite séparée partant de la cote 150 m, destinée à alimenter en eau les parcelles situées au-dessus de la cote 40 m.

Plus précisément, la prise de cette conduite peut se faire sur le canal qui alimente la 3ème usine, à son point d'intersection avec la route. La conduite suivra ensuite le tracé de cette route et sera connectée, à l'aval, aux conduites destinées à l'irrigation des parcelles situées au Nord et au Sud de la rivière de NAHR IBRAHIM. (cote 17 m)
Le profil de cette ligne est indiqué dans la figure ci-jointe (Fig.8).

Calcul de dimensionnement de cette conduite :

La conduite que nous avons prévue, sera en amiante ciment, mais dont la rugosité a été considérée égale à 0.1 mm au lieu de 0.025 mm (valeur usuelle) pour tenir compte des pertes de charge singulières.

Le calcul a été fait d'après la formule de COLEBROOK.

Le schéma du réseau figure ci-joint (Fig.9). Le calcul hydraulique est indiqué dans le tableau suivant :

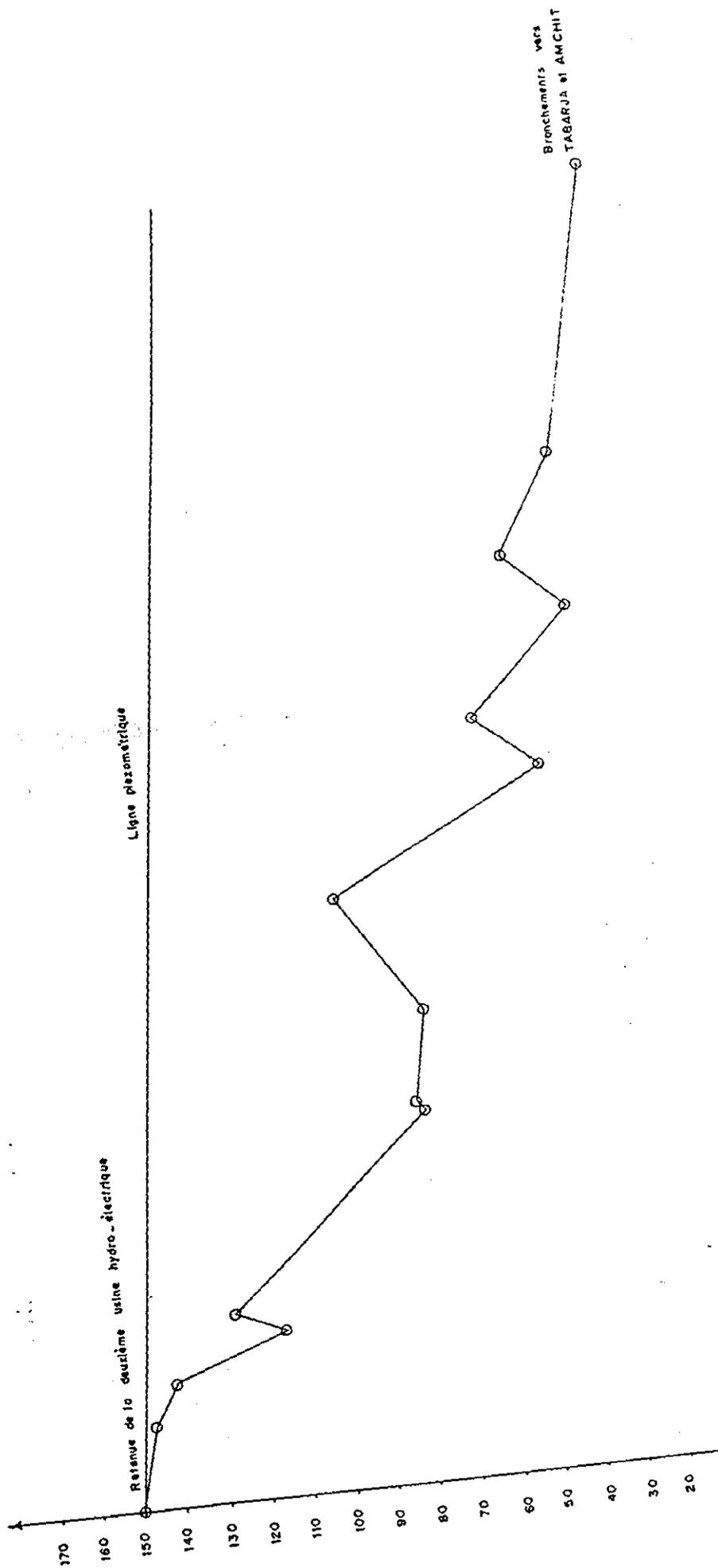
Tronçon	Longueur (m)	Débit (l/s)	Diamètre (mm)	Vitesse m/s	Perte de charge (m)	Cote amont (m)	Cote aval (m)	Pression amont (m)	Pression aval (m)
AB	6200	124	400	0.99	14.06	150	17	0	118.94
BC	14800	84	350	0.87	31.31	17	64	118.94	40.63
BD	8000	40	250	0.81	22.4	17	68	118.94	45.54

Le devis estimatif de cette variante est de :

DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE U.S.\$	PRIX TOTAL U.S.\$
- Conduite AB en A.C. 400 mm Classe 24 bars.	m	6200	145	899000
- Conduite BC en A.C. 350 mm Classe 12 bars.	m	14800	70	1036000
- Conduite BD en A.C. 250 mm Classe 12 bars	m	8000	45	360000

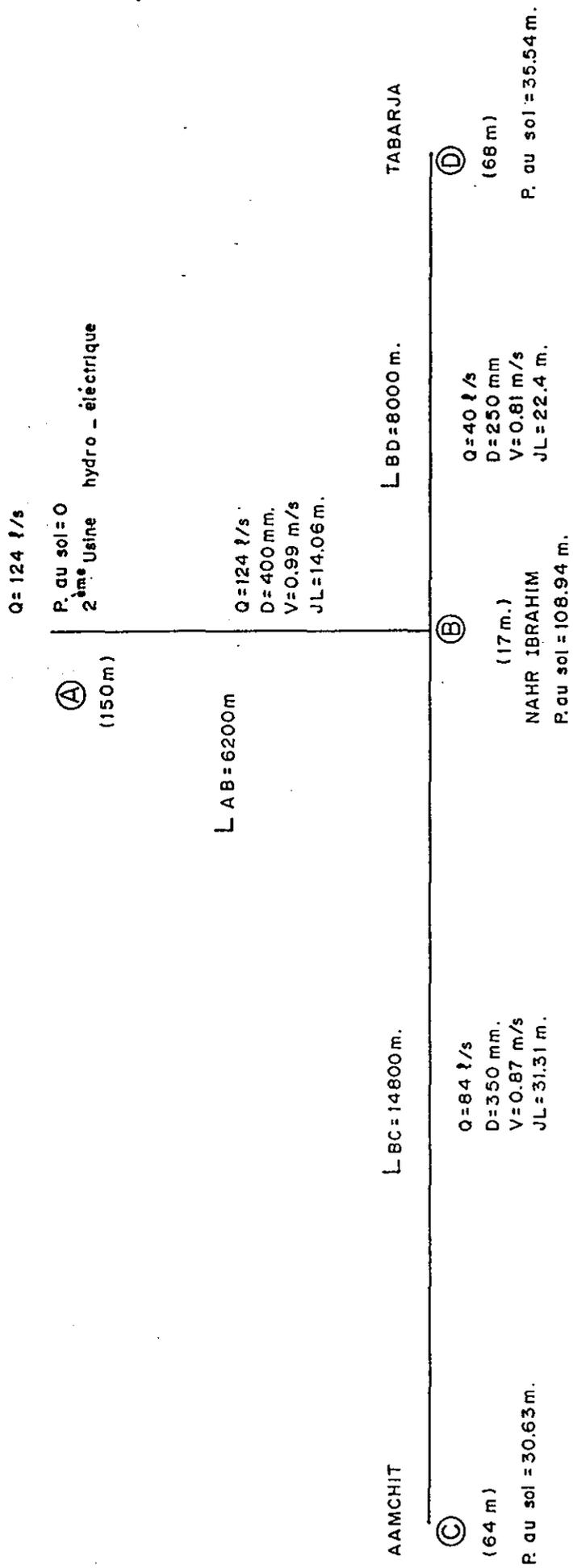
PROFIL REDUIT DE LA CONDUITE
PRINCIPALE SEPARÉE DE 400 M M

Fig. 8



SCHEMA DU RESEAU EN CHARGE

Fig. 9



C- Dimensionnement de l'adducteur primaire du réseau :

Quelles que soient les variantes adoptées pour le réseau secondaire, il faut tenir compte d'un débit de 115 l/s destiné à l'alimentation en eau potable de la ville de JBEIL, qu'il faut ajouter aux besoins totaux d'irrigation. (Projet planifié par le C.D.R. et étudié au stade de l'A.F.D).

Le débit total à assurer sera donc en tête du réseau de :

- $355 + 115 = 470$ l/sec dans le cas d'une station de pompage alimentée par l'adducteur principal et refoulant l'eau dans des conduites vers TABARJA et AMCHIT. (Fig.1 - Alternative 1)
- $156 + 75 + 115 = 346$ l/sec dans le cas d'une conduite principale séparée alimentant les zones situées au-dessous de la cote 40 m. (Fig.1 - Alternative 2)

C.1 Variante prenant en considération la construction et l'utilisation d'une station de pompage à l'aval :

Trois solutions sont possibles pour conduire le débit de 470 l/sec à cette station.

- a) Un canal à ciel ouvert
- b) Une conduite à écoulement libre
- c) Une conduite en charge

a) Canal à ciel ouvert

Le profil en long du canal existant a une pente moyenne de 1 mm/m. Le nouveau canal devra donc suivre le tracé du canal existant et avoir la même pente.

Le coefficient de STRICKLER utilisé dans le calcul a été pris égal à 60 (le même que celui des canaux secondaires).

Un canal de 105 cm de largeur et de 70 cm de hauteur peut véhiculer le débit requis pour couvrir les besoins avec une hauteur mouillée de 57 cm.

Ce canal sera construit à l'intérieur du canal existant sur une longueur de 4460 m, soit jusqu'à la prise d'AMCHIT. (Fig.10)

Le devis estimatif de la construction de ce canal est de :

DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE U.S.\$	PRIX TOTAL U.S.\$
Canal 105 x 70 cm ²	m ^l	4460	125	557500

b) Conduite à écoulement libre

En répétant le même calcul mentionné précédemment dans les variantes déjà étudiées où le choix de pose d'une conduite à écoulement libre a été étudié, nous remarquons qu'une conduite de 800 mm avec une pente moyenne de 1% a la capacité d'assurer un débit maximal de 555 l/sec et un débit nominal à écoulement libre de 495 l/sec, supérieur donc aux besoins qui sont de 470 l/sec. La hauteur de remplissage de la conduite à ce débit sera de 58 cm. Cette conduite sera installée à l'intérieur du canal existant). (Fig.11).

Le devis estimatif de la fourniture et de la pose de cette conduite sera de :

DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE U.S.\$	PRIX TOTAL U.S.\$
Conduite A.C. 800 mm Classe 12 bars	m ^l	4460	300	1338000

c- Conduite en charge

Cette conduite devra alimenter la station de pompage à l'aval ainsi que les deux conduites ou canaux à surface libre qui desserviront les régions de TABARJA et AMCHIT.

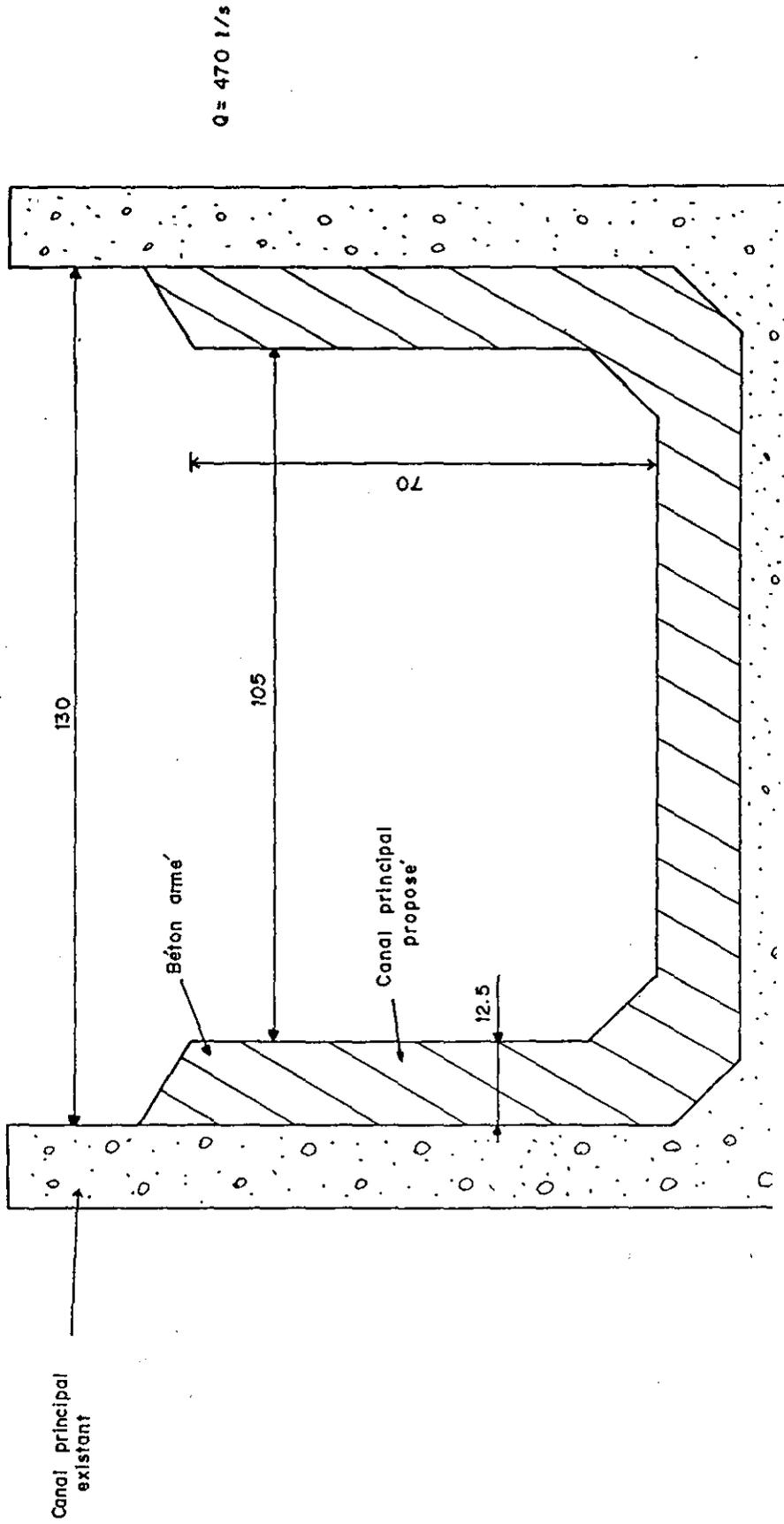
La prise de captage est située à la cote 79.9 m. Le tracé sera celui proposé par le "BUREAU D'ETUDES JEAN SAFA" dans une étude faite pour le compte du Ministère des Ressources Hydrauliques et Electriques et prévoyant de construire parallèlement au cours de la rivière, une route de 7 m de largeur dans laquelle sera posée la conduite.

La longueur de la conduite entre la prise de captage (79.9 m) et le branchement d'AMCHIT est de 4200 m environ.

La perte de charge maximum est de : $\frac{79.9 - 74.8}{4200} = 1.2\%$.

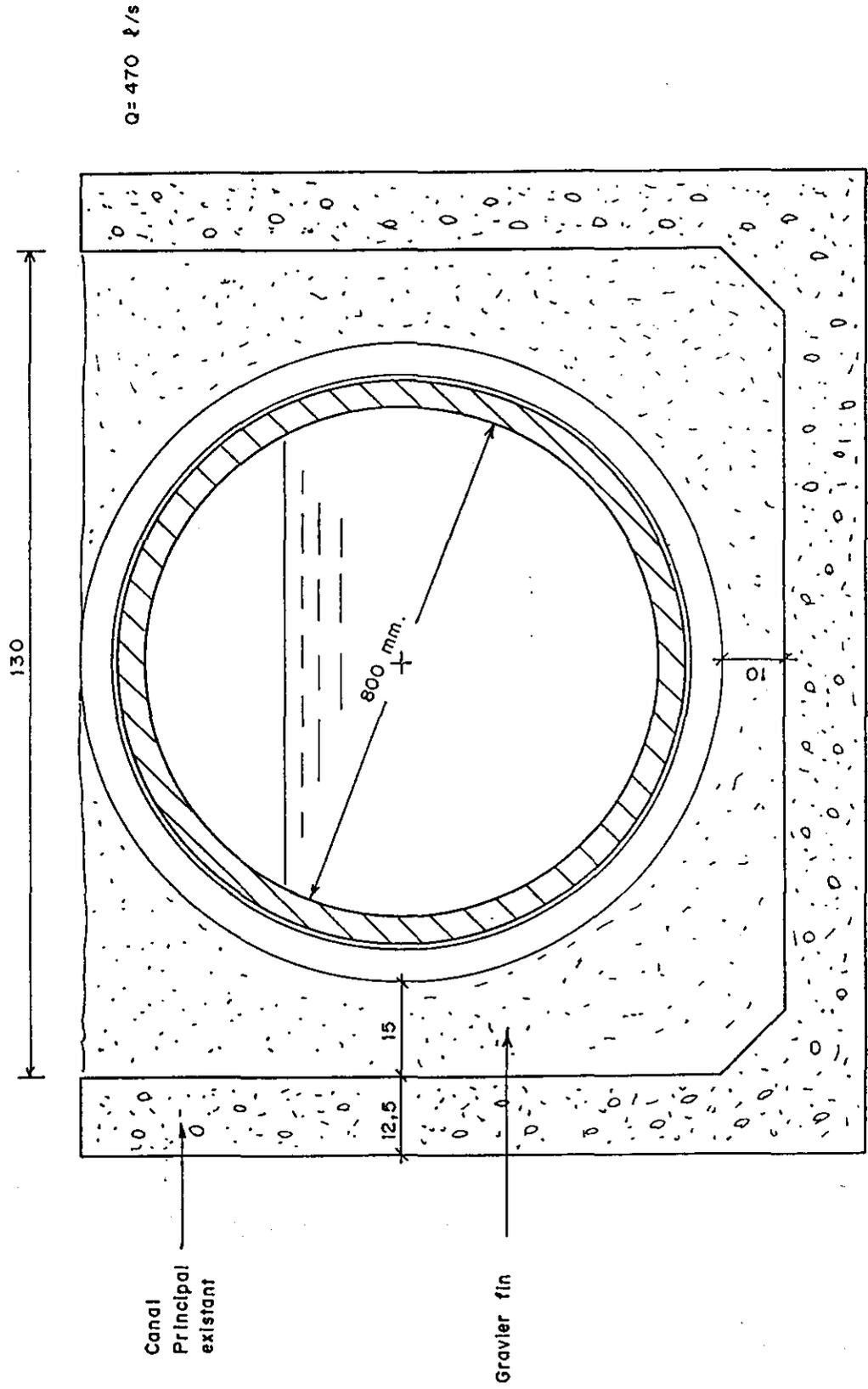
CANAL PRINCIPAL
ALTERNATIVE AVEC STATION DE POMPAGE

Fig.10 Ech: 1/10



CONDUITE PRINCIPALE
ALTERNATIVE AVEC STATION DE POMPAGE

Fig.11 Ech: 1/10



Une conduite de 800 mm répondra aux exigences du projet et pourra véhiculer un débit maximum de 620 l/s

Cette conduite alimentera : (Fig.12)

- La station de pompage, dont la conduite d'aspiration aura 400 mm de diamètre.
- La conduite ou canal à écoulement libre desservant le littoral de NAHR IBRAHIM-AMCHIT, par une conduite de 700 mm de diamètre et de 250 m de longueur.
- La conduite ou canal à écoulement libre desservant le littoral de NAHR IBRAHIM-TABARJA, par une conduite de 500 mm de diamètre et de 600 m environ de longueur.

Le devis estimatif de ces travaux est le suivant :

DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE U.S.\$	PRIX TOTAL U.S.\$
<u>EXECUTION DE LA ROUTE D'ACCES</u>				
- Murs de soutènements en béton armé.	m3	4500	185	832500
- Déblais et fouilles	m3	50000	20	1000000
- Remblais	m3	20000	10	200000
- Asphaltage	m2	30000	15	450000
- Expropriations	m2	35000	20	700000
- <u>FOURNITURE ET POSE D'UNE CONDUITE EN A.C. de 800 mm, CLASSE 12 BARS</u>	m1	4200	300	1260000
			TOTAL	4442500

C.2 Variante sans station de pompage

Les conduites secondaires qui alimenteront les zones situées à une cote supérieure à 40 m seront alimentées par une conduite principale séparée amenant l'eau de la cote 150 m (Voir précédemment).
Le débit de cette conduite séparée doit couvrir les besoins qui sont de 124 l/s.

La deuxième conduite ou canal primaire prendra son départ à la cote 80 m et devra assurer un débit total de :

$$470 - 124 = 346 \text{ l/s}$$

Comme dans le cas précédent, trois solutions ont été envisagées :

- a) Canal à ciel ouvert
- b) Conduite à écoulement libre
- c) Conduite en charge

a- Canal à ciel ouvert

$$Q = 346 \text{ l/s} \quad I = 1 \% \quad K = 60$$

Un canal de 105 cm de largeur et de 60 cm de hauteur assurera le débit requis avec une hauteur mouillée de 45 cm. Ce canal sera construit à l'intérieur du canal existant sur une longueur de 4460 m (Fig.13).

Le coût estimatif de ce canal est de :

DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE U.S.\$	PRIX TOTAL U.S.\$
Canal 105 x 60 cm ²	m	4460	115	512900

b- Conduite à écoulement libre

Une conduite de 700 mm fournira un débit maximal de 390 l/s soit donc un débit nominal de :

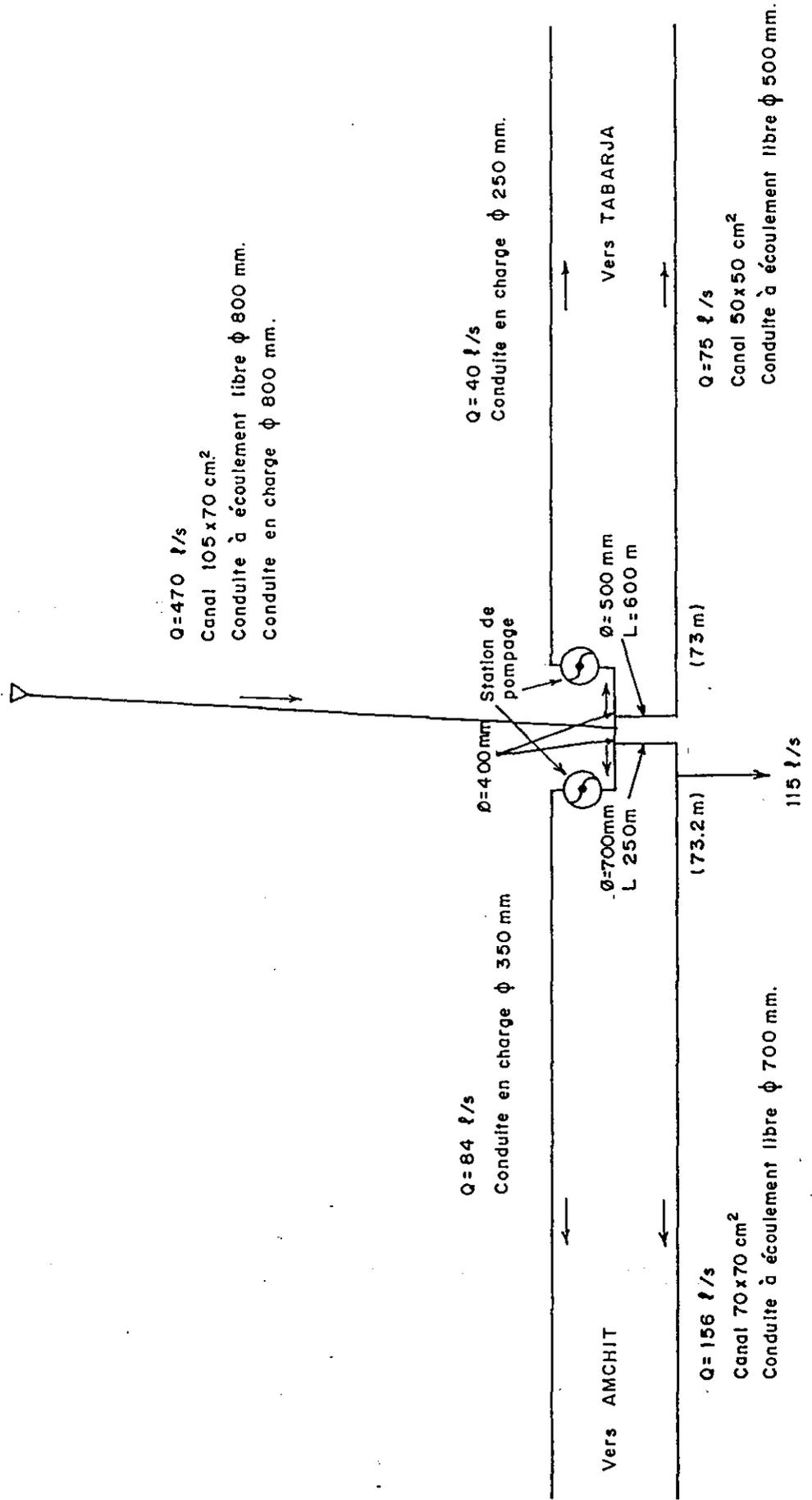
$$390 \times 0.85 \times 1.05 = 348 \text{ l/s}$$

La hauteur d'eau dans cette conduite sera de 53 cm.

Cette conduite sera installée à l'intérieur du canal existant (Fig.14).

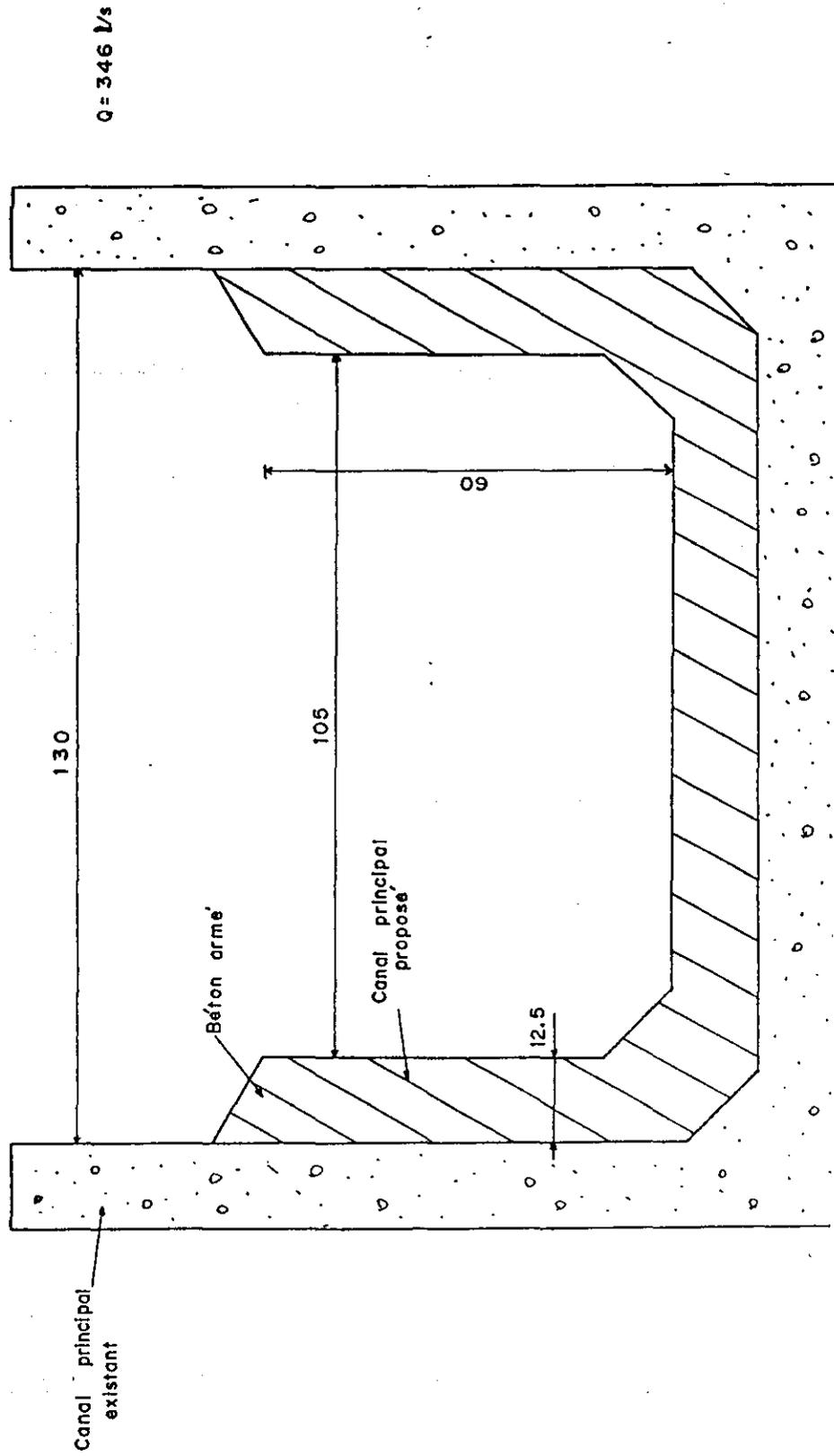
SCHEMA DE LA VARIANTE
STATION DE POMPAGE

Fig.12



CANAL PRINCIPAL
ALTERNATIVE DEUX ELEMENTS PRIMAIRES

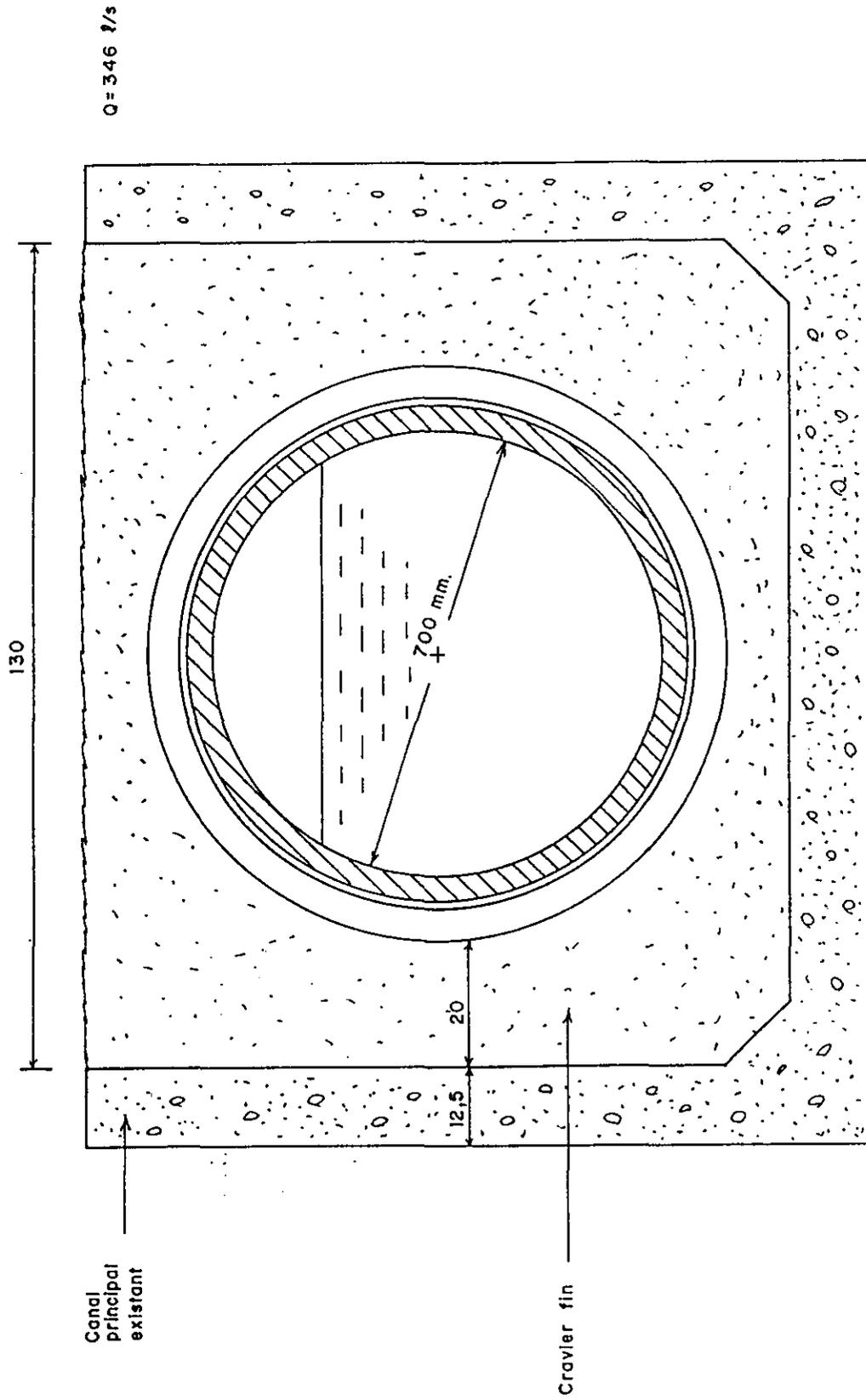
Fig.13 Ech: 1/10



CONDUITE PRINCIPALE

ALTERNATIVE DEUX CONDUITES PRINCIPALES

Fig.14 Ech:1/10



Le coût estimatif de cette conduite est de :

DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE U.S.\$	PRIX TOTAL U.S.\$.
Conduite en A.C. 700 mm Classe 12 bars	m1	4460	235	1048100

c- Conduite en charge

$$Q = 346 \text{ l/s } J = 1.2 \%$$

Une conduite de 700 mm assurera un débit de 430 l/s.

Le tracé de cette conduite et ses connexions avec les éléments secondaires seront identiques à ceux formulés dans le paragraphe C.1.c précédent.

Le coût estimatif de cette conduite est de :

DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE U.S.\$	PRIX TOTAL U.S.\$.
- Exécution de la route proposée.	Forfait	-	-	3182500
- Conduite en A.C. 700 mm Classe 12 bars	m1	4200	235	987000
			TOTAL	4169500

D- Dimensionnement du réseau tertiaire

Quelque soit le système retenu, le dimensionnement du réseau tertiaire demeurera identique dans toutes les variantes. En effet, dans la zone située au-dessous de la cote 40 ou dans celle située entre les cotes 40 et 70 m, il sera continuellement en charge. Il faut donc remplacer les canaux tertiaires existants par des conduites sous-pression dont le dimensionnement devra couvrir les superficies des parcelles qu'ils irrigueront. Le rôle de ces conduites tertiaires est donc de conduire l'eau à un certain lot de parcelles et à une pression minimum de 3 bars.

N'ayant pas le but dans ce rapport d'étudier le dimensionnement de toutes les conduites tertiaires du périmètre, nous nous contenterons de sélectionner un échantillon représentatif, d'étudier son équipement à fond, son coût et d'extrapoler les résultats obtenus sur la totalité du périmètre dans le but de donner une valeur assez proche de la réalité du coût total d'une modernisation de l'irrigation. Cela sera effectué à la suite de l'exposition de toutes les variantes possibles et de la sélection de la solution la plus appropriée. A priori on peut considérer une longueur de canalisations de 100 km de longueur et de 100 mm de diamètre irriguant les parcelles situées entre les cotes 40 et 70 m, et 35 km de conduites de 75 mm de diamètre irriguant les parcelles situées au-dessous de la cote 40.

Le devis estimatif de la fourniture et de la pose de ce réseau tertiaire est de :

100 km x 1000 x 19 U.S.\$/ml	=	1.900.000
35 km x 1000 x 13 U.S.\$/ml	=	<u>455.000</u>
TOTAL	=	2.355.000 U.S.\$

I.1.3-Conclusion

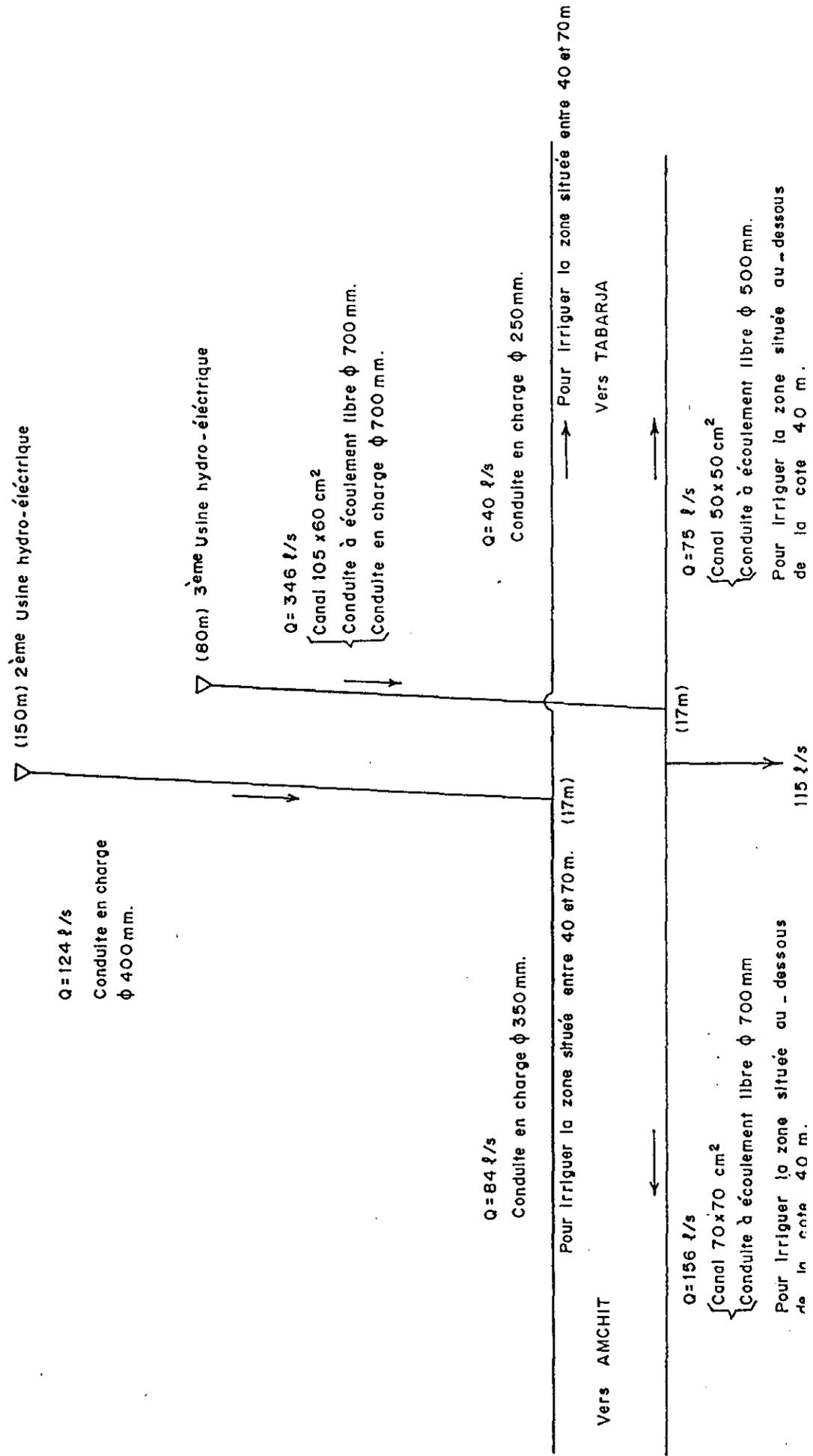
Nous avons groupé dans les deux tableaux ci-dessous toutes les variantes mais en deux catégories :

La première catégorie (A) englobe toutes les variantes étudiées dans le cas de l'implantation d'une station de pompage. (Fig.12)

La deuxième catégorie (B) englobe toutes les variantes étudiées dans le cas de la pose d'une conduite séparée (Fig.15).

SCHEMA DE LA VARIANTE
DEUX ELEMENTS PRINCIPAUX

Fig.15



A- TABLEAU RECAPITULATIF
IRRIGATION GOUTTE A GOUTTE
ALTERNATIVE AVEC STATION DE POMPAGE

DESIGNATION	OUVRAGE PRINCIPAL	ANCHIT ZONE < 40 m	ANCHIT ZONE > 40 m	TABARJA ZONE < 40 m	TABARJA ZONE > 40 m	ELEMENTS TERTIAIRES
Debit l/s	470	156	84	75	40	
CANAL A CIEL OUVERT	105 x 70 cm ² h = 57 cm L = 4460 m I = 1 %	70 x 70 cm ² h = 53 cm L = 14800 m I = 0.4 %	-	50 x 50 cm ² h = 39 cm L = 8000 m I = 0.4 %	-	-
Coût U.S.\$	557500	1272800		600 000		
CONDUITE A ECOULEMENT LIBRE	φ = 800 mm h = 55 cm L = 4460 m I = 1 %	φ = 700 mm h = 40 cm L = 14800 m I = 0.4 %	-	φ = 500 mm h = 34 cm L = 8000 m I = 0.4 %	-	-
Coût U.S.\$	1338000	3478000		1000000		
CONDUITE EN CHARGE	φ = 800 mm L = 4200 m J = 1.2 % (Y compris la route) 3182500 US\$	-	φ = 350 mm L = 14800 m JL = 31.31 m	-	φ = 250 mm L = 8000 m JL = 22.4 m	φ = 100 mm L ₁ = 100 km φ = 75 mm L ₂ = 35 km
Coût U.S.\$	4442500		1036000		360000	2355000

N.B : Il faut ajouter à chaque variante, le coût de la station de pompage qui est de 350000 sachant que les frais d'énergie et d'entretien pour 5 ans de fonctionnement seront de : 500000 U.S.\$.

B- TABLEAU RECAPITULATIF

IRRIGATION GOUTTE A GOUTTE

ALTERNATIVE AVEC DEUX CONDUITES PRINCIPALES SEPARÉES

DESIGNATION	OUVRAGE PRINCIPAL	ANCHIT ZONE < 40 m	ANCHIT ZONE > 40 m	TABARJA ZONE < 40 m	TABARJA ZONE > 40 m	ELEMENTS TERTIAIRES
Debit l/s	346	156	84	75	40	
CANAL A CIEL OUVERT	105 x 60 cm ² h = 45 cm L = 4460 m I = 1 %	170 x 70 cm ² h = 53 cm L = 14800 m I = 0.4 %	-	50 x 50 cm ² h = 39 cm L = 8000 m I = 0.4 %	-	
Coût U.S.\$	512900	1272800		600 000		
CONDUITE A ECOULEMENT LIBRE	φ = 700 mm h = 53 cm L = 4460 m I = 1 %	φ = 700 mm h = 40 cm L = 14800 m I = 0.4 %		φ = 500 mm h = 34 cm L = 8000 m I = 0.4 %		
Coût U.S.\$	1048100	3478000		1000000		
CONDUITE EN CHARGE	φ = 700 mm L = 4200 m J = 1.2 % (Y compris la route) {3182500 US\$}	φ = 350 mm L = 14800 m JL = 31.31m		φ = 250 mm L = 8000 m JL = 22.4 m	φ = 100 mm L ₁ = 100 km φ = 75 mm L ₂ = 35 km	
Coût U.S.\$	4169500		1036000		360000	2355000

N.B : Il faut ajouter à chaque variante, le coût de la conduite principale séparée de 400 mm qui est de : 899 000 U.S.\$ sachant qu'une quantité d'eau de 124 l/s ne sera pas turbinée à l'usine de la cote 80 m.

L'analyse de toutes les variantes que nous avons envisagées ci-dessus et de leur coût, nous permet de sélectionner 2 variantes économiques :

1ère variante : (Fig.16)

- Construire un canal à ciel ouvert le long du tracé du canal primaire existant et conduire une partie de l'eau (124 l/s) vers une station de pompage pour la refouler ensuite par des groupes moto-pompes dans deux conduites:
 - a) une conduite posée parallèlement au tracé du canal d'AMCHIT pour irriguer la zone située entre les cotes 40 et 70 mètres. (Q = 84 l/s)
 - b) une conduite posée parallèlement au tracé du canal supérieur de TABARJA pour irriguer la zone située entre les cotes 40 et 70 mètres. (Q = 40 l/s)
- Amener le restant de l'eau (346 l/s) pour la véhiculer dans deux canaux à ciel ouvert posés :
 - a) le premier, le long du tracé du canal existant d'AAM-CHIT pour véhiculer un débit de 156 l/s + 115 l/s (eau domestique de JBEIL) et irriguer les parcelles situées au-dessous de la cote 40 m, par des conduites tertiaires, sous pression et par des goutteurs.
 - b) le second, le long du tracé du canal existant de TABARJA supérieur pour véhiculer un débit de 75 l/s et irriguer les parcelles situées au-dessous de la cote 40 m, par des conduites tertiaires, sous pression et par des goutteurs.

N.B : La capacité du canal primaire devra donc être de 470 l/s.

Le coût de cette option serait comme suit :

	<u>Avec station de pompage</u>	
- Canal primaire à ciel ouvert.	557.500	
- Station de pompage	350.000	
- Conduite d'AMCHIT.	1.036.000	
- Conduite de TABARJA.	360.000	
- Canal d'AMCHIT.	1.272.800	
- Canal de TABARJA.	600.000	
- Conduites tertiaires.	<u>2.355.000</u>	
TOTAL	6.531.300	U.S.\$

2ème variante : (Fig.17)

Conserver le même système hydraulique mais remplacer la station de pompage par une conduite en charge posée entre les cotes 150 m et 74.8 m véhiculant une partie de l'eau (124 l/s) dans les conduites mentionnées ci-dessus et alimentant les parcelles situées entre les cotes 40 et 70 m. Le restant de l'eau (346 l/s) véhiculera dans le canal primaire à ciel ouvert planifié dans la première variante. Le coût de cette option serait comme suit :

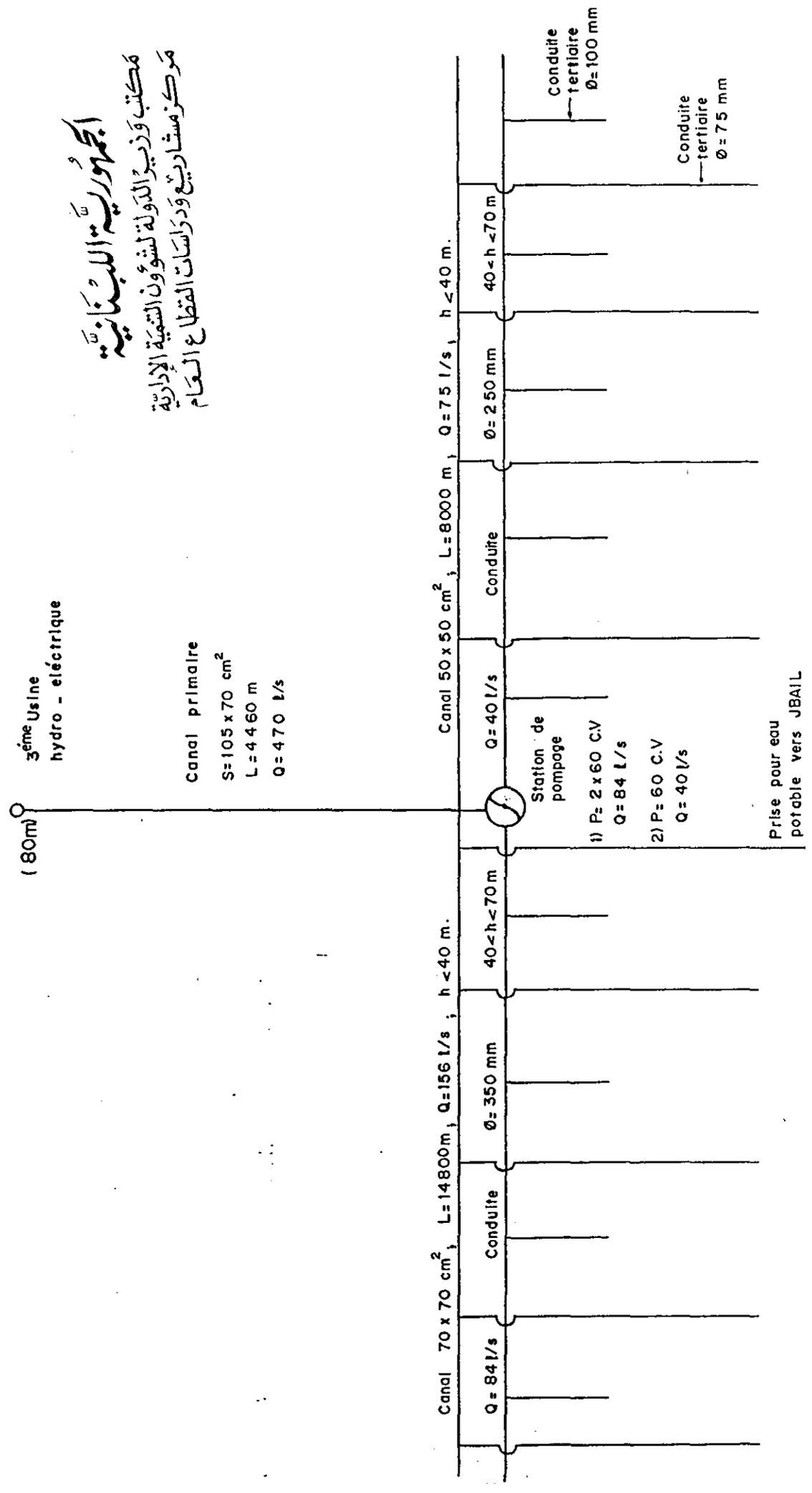
	<u>Avec conduite</u>	
	<u>primaire séparée</u>	
- Canal primaire à ciel ouvert.	512.900	
- Conduite séparée	899.000	
- Conduite d'AMCHIT.	1.036.000	
- Conduite de TABARJA.	360.000	
- Canal d'AMCHIT.	1.272.800	
- Canal de TABARJA.	600.000	
- Conduites tertiaires.	<u>2.355.000</u>	
TOTAL	7.035.700 U.S.\$	

On remarque que la pose d'une conduite de 400 mm véhiculant un débit de 124 l/sec pourrait remplacer avantageusement la solution par station de pompage puisque les coûts sont presque identiques (6.531.300 pour la station et 7.035.000 pour la conduite), mais à condition que les ressources à la cote 150 m soient disponibles. En nous référant au volume 1 et au chapitre des ressources en eau, on constate que le débit de 124 l/sec peut-être assuré sans répercussions sur la production hydro-électrique.

Les frais en énergie n'étant pas pris en considération, ainsi que les frais de maintenance, nous jugeons plus rentable et plus faisable la deuxième solution qui consiste à prélever un débit de 124 l/sec à la cote 150 mètres et la véhiculer par une conduite séparée. En effet, en ajoutant les frais d'énergie et d'entretien pour 5 ans de fonctionnement de la station de pompage au coût de la première variante, ce dernier s'élèvera à 7.031.300 U.S.\$ c.à.d presque égal à celui de la deuxième variante. La durée de vie moyenne de la conduite étant de 30 ans, le coût total sur 30 ans de la 1ère variante est sujet à une augmentation supplémentaire du coût de 2.500.000 U.S.\$ tandis que l'augmentation du coût de la 2ème variante est négligeable.

SCHEMA RECAPITULATIF DE LA VARIANTE SELECTIONNEE
AVEC STATION DE POMPAGE

Fig.16

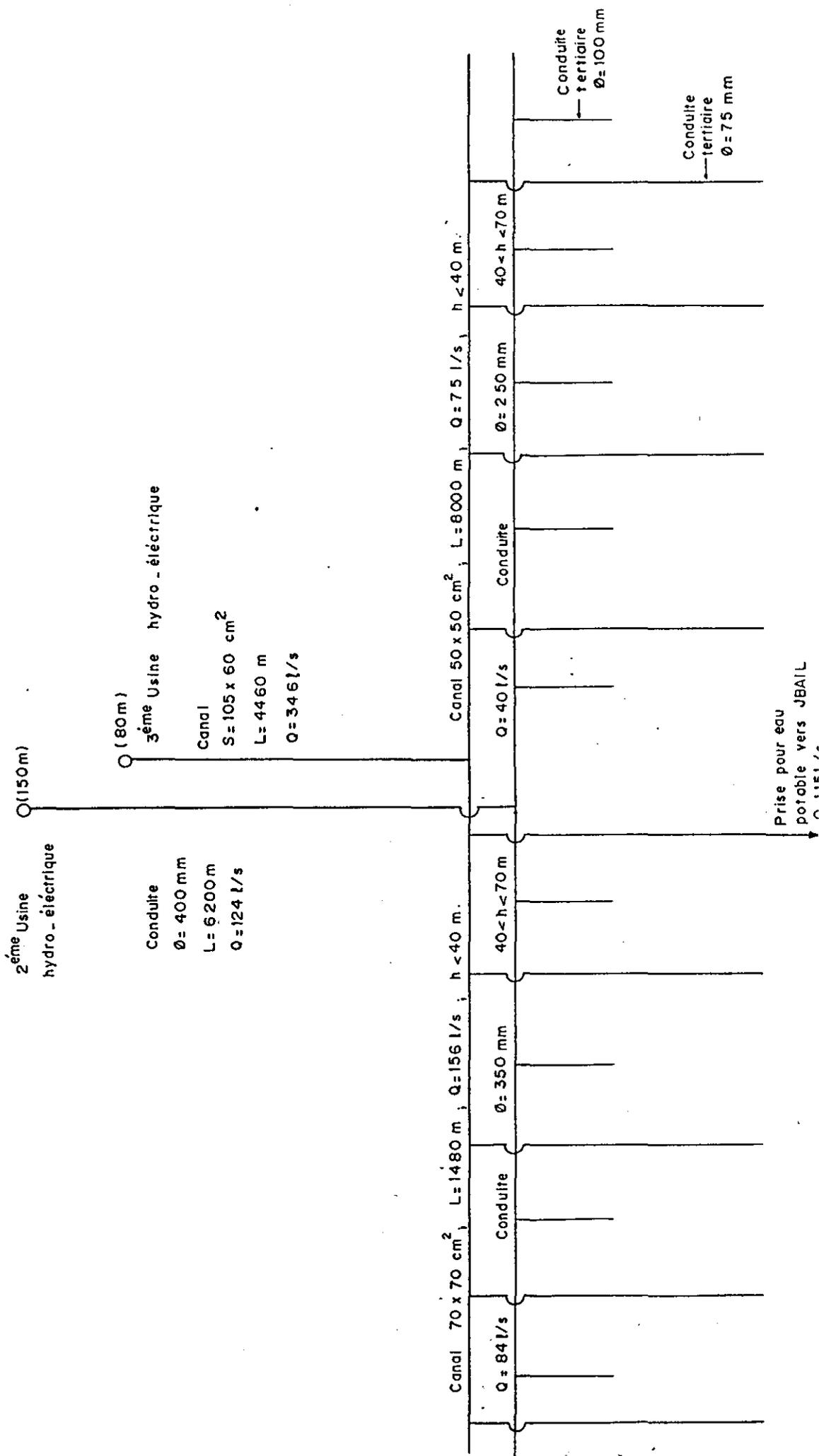


الجمهورية اللبنانية
 مكتب وزير الدولة لشؤون التنمية الإدارية
 مركز مشاريع ودراسات القطاع العام

SCHEMA RECAPITULATIF DE LA VARIANTE SELECTIONNEE

SANS STATION DE POMPAGE

Fig.17



I.2- Irrigation combinée : traditionnelle et moderne

Nous avons intentionnellement voulu inclure cette variante dans le but de montrer :

- a) le gaspillage dans le réseau actuel d'irrigation.
- b) le surdimensionnement du réseau actuel par rapport aux besoins réels.

et de prouver qu'on peut toujours moderniser l'irrigation dans 65% du périmètre actuel et conserver une irrigation traditionnelle dans les 35% restants.

Dans une première étape nous dimensionnerons le réseau pour une irrigation traditionnelle dans l'ensemble du périmètre et dans une deuxième étape nous le dimensionnerons pour une irrigation combinée (moderne et traditionnelle).

I.2.1- Irrigation traditionnelle dans tout le périmètre actuel

I.2.1.1- Calcul des besoins : Débit de la tête morte

A priori il apparaît d'après l'étude des ressources que les volumes d'eau disponibles sont relativement abondants et il est donc inutile de chercher à proportionner le débit de dérivation aux besoins réels des plantes; on dérivera en tête du réseau un débit égal au débit nécessaire pour satisfaire les besoins des plantes dans le mois de besoin maximal.

D'après l'étude des besoins en eau du périmètre irrigué (Volume I- chapitre 7), les débits fictifs continus, en l/sec, nécessaires à un hectare, sont de :

AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	AOUT	SEPTEMBRE	OCTOBRE
0.35	0.50	0.71	0.71	0.71	0.50	0.35

Le débit à dériver sera :

$$\frac{0.71 \text{ l/s} \times 485 \text{ ha}}{0.7} = 492 \text{ l/s} \text{ soit } 500 \text{ l/s}$$

0.7 représente le rendement global du réseau et 485 ha représente la superficie totale des terres irriguées dont 160 ha sont situés au SUD de NAHR IBRAHIM et 325 ha, au Nord de NAHR IBRAHIM.

En comparant ce débit requis au débit moyen disponible en 1991, en tête du réseau, sur le canal principal, durant les mois de Juin, Juillet, Août, qui est de l'ordre de 1000 l/s, on déduit que l'eau est abondante. Le rendement global du réseau est égal à $0.71 \times 485/1000 \approx 0.35$ ce qui n'est pas acceptable.

Tenant compte des superficies cultivées dans le périmètre entier, ce débit de 500 l/s sera réparti comme suit :

165 l/s pour la région située au Sud de NAHR IBRAHIM
335 l/s pour la région située au Nord de NAHR IBRAHIM.

I.2.1.2- Sélection du système de distribution

Avant d'aborder le dimensionnement des éléments du réseau, il est impératif d'adopter un système de distribution bien déterminé.

Le choix de ce système va se faire entre trois options connues mondialement :

a) Distribution continue

Ce système est aussi connu sous le nom de "distribution à la Jauge".

Le principe est d'assurer en tête de chaque parcelle le débit constant et continu qui lui est nécessaire, et l'utilisateur organisera à sa guise ses arrosages sans aucune réglementation.

Cependant, dans notre cas, l'irrigation se faisant, en sa majorité, par les méthodes traditionnelles, l'agriculteur se trouve obligé de construire son propre réservoir, qui est souvent d'un volume immense, pour accumuler son eau et transformer le faible débit qui lui arrive en un débit égal ou supérieur au module d'eau.

Ce mode de distribution sera écarté du fait qu'il diminue les frais d'un nouveau réseau en les répartissant sur les utilisateurs.

b) Distribution à la demande

Elle consiste à livrer l'eau à l'irrigant quand il la demande parce que les plantes en ont besoin.

Le principal inconvénient de cette méthode est qu'elle conduit à un surdimensionnement du réseau. D'autre part, elle nécessite l'installation de compteurs, sinon, les arrosants auront tendance d'abuser de l'eau qui leur est fournie.

Ce système de distribution sera donc également écarté parcequ'il engendre des fluctuations de débits que les ressources disponibles risquent de ne pas pouvoir assurer.

c) Distribution par rotation

Le principe est d'amener l'eau à chaque propriété à des intervalles déterminés mais avec un débit égal au module, c'est à dire en général beaucoup plus important que le débit continu nécessaire.

La rotation peut se faire au niveau de la rigole de distribution, au niveau des canaux tertiaires ou bien au niveau des canaux secondaires.

Dans notre cas, le réseau existant est conçu pour une double rotation, la première au niveau des canaux secondaires et la deuxième au niveau des canaux tertiaires.

Les canaux secondaires alimentent successivement les sous-périmètres à des intervalles de temps proportionnels à leur superficie.

Le mode de distribution de l'eau à partir des canaux tertiaires, est à la responsabilité des utilisateurs qui s'entendent entre eux sur un modèle déterminé.

Ce système de distribution, quoique inévitable, est mal appliqué aujourd'hui du fait que les intervalles de temps affectés à chaque division ne sont pas vraiment proportionnels aux besoins de celle-ci. (Volume I- Chapitre 9)

d) Conclusion

Nous retiendrons pour le dimensionnement du réseau le principe d'une rotation s'effectuant au niveau des canaux ou conduites secondaires, c.à.d. qu'un canal ou une conduite secondaire est censé véhiculer la totalité du débit qu'il reçoit à son départ au moins jusqu'au début de la dernière division asservie.

En fait les canaux ou les conduites secondaires conserveront une même capacité jusqu'à leur fin pour assurer l'évacuation des eaux, durant les heures creuses d'arrosage.

1.2.1.3- Dimensionnement de l'élément principal du réseau

L'élément principal du réseau prend son départ à la cote 79.9 m, c'est à dire au niveau de la prise actuelle. Il véhiculera un débit de 500 l/s auxquels il faut ajouter les 115 l/s destinés à l'eau potable de la ville de JBAIL, dont la prise a été prévue, en tête du canal d'AMCHIT.

Le débit en tête morte sera donc de : 615 l/s

Trois variantes possibles ont été identifiées pour véhiculer l'eau :

- a) canal à ciel ouvert
- b) conduite à écoulement libre
- c) conduite en charge

a) Canal à ciel ouvert

Ce canal sera construit le long du tracé du canal principal, dont la pente moyenne est de 1 %. Le coefficient de STRICKLER retenu est de 60.

Une section de largeur 105 cm et de 85 cm de hauteur véhiculera les 615 l/s avec une hauteur mouillée de 69 cm.

Ce canal pourrait être logé dans le canal principal existant sur toute sa longueur. (Fig.18)

Le coût de la construction de ce canal est de :

DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	PRIX	PRIX
			UNITAIRE	TOTAL
			U.S.\$	U.S.\$.
Canal 105 x 85 cm2	m1	4460	137	611020

b) Conduite à écoulement libre

Cette conduite suivra également le tracé du canal principal existant pour véhiculer un débit de 615 l/s avec une perte de charge de 1 %. (Fig.19)

Elle sera en amiante-ciment, de 900 mm de diamètre et pourra véhiculer un débit maximal de 755 l/s.

Le débit usuel maximum sera de :

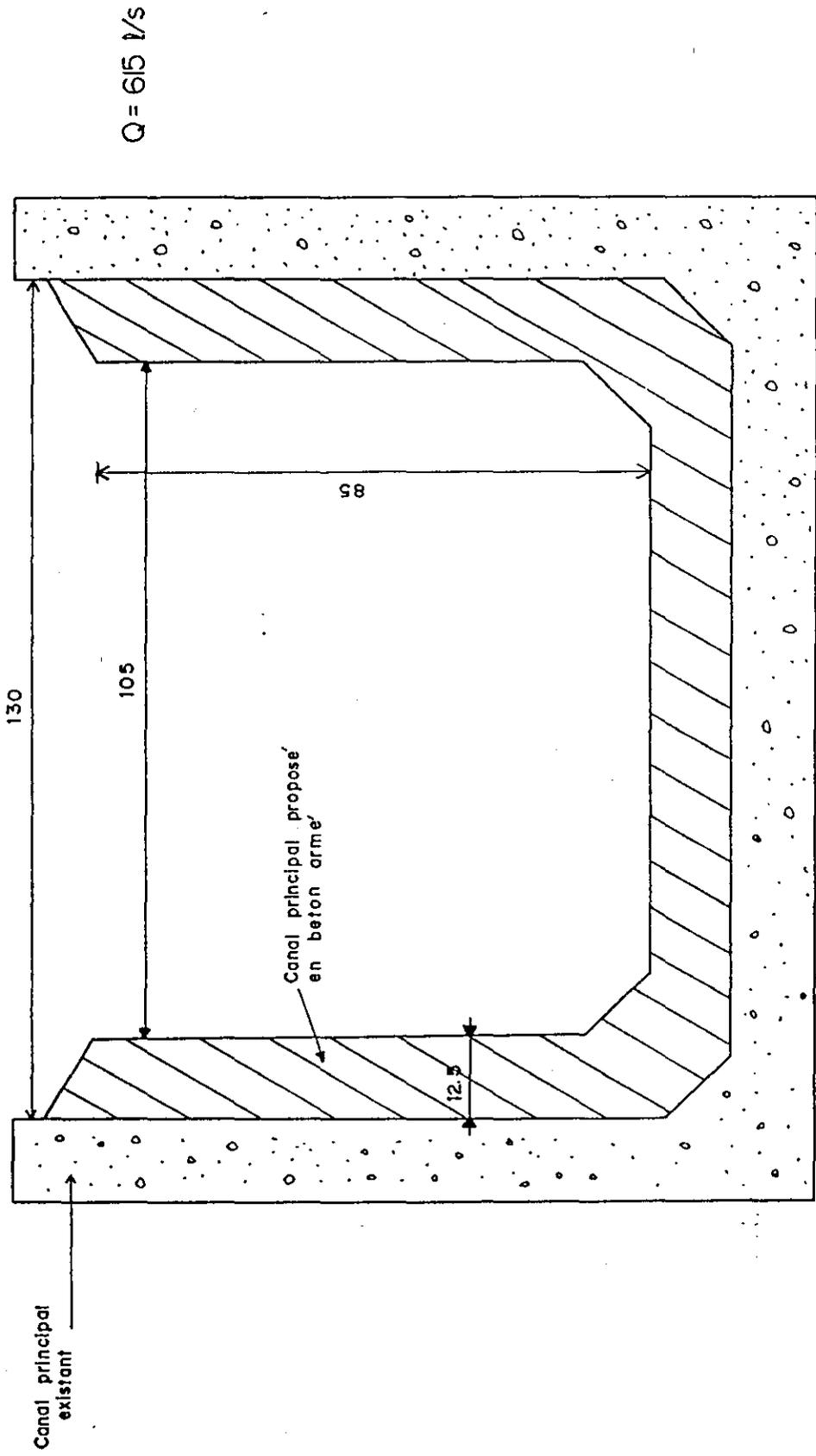
$$755 \times 0.85 \times 1.05 = 674 \text{ l/s}$$

La hauteur de remplissage dans la conduite sera de 63cm

DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	PRIX	PRIX
			UNITAIRE	TOTAL
			U.S.\$	U.S.\$.
Conduite en A.C. 900 mm Classe 12 bars	m1	4460	370	1650200

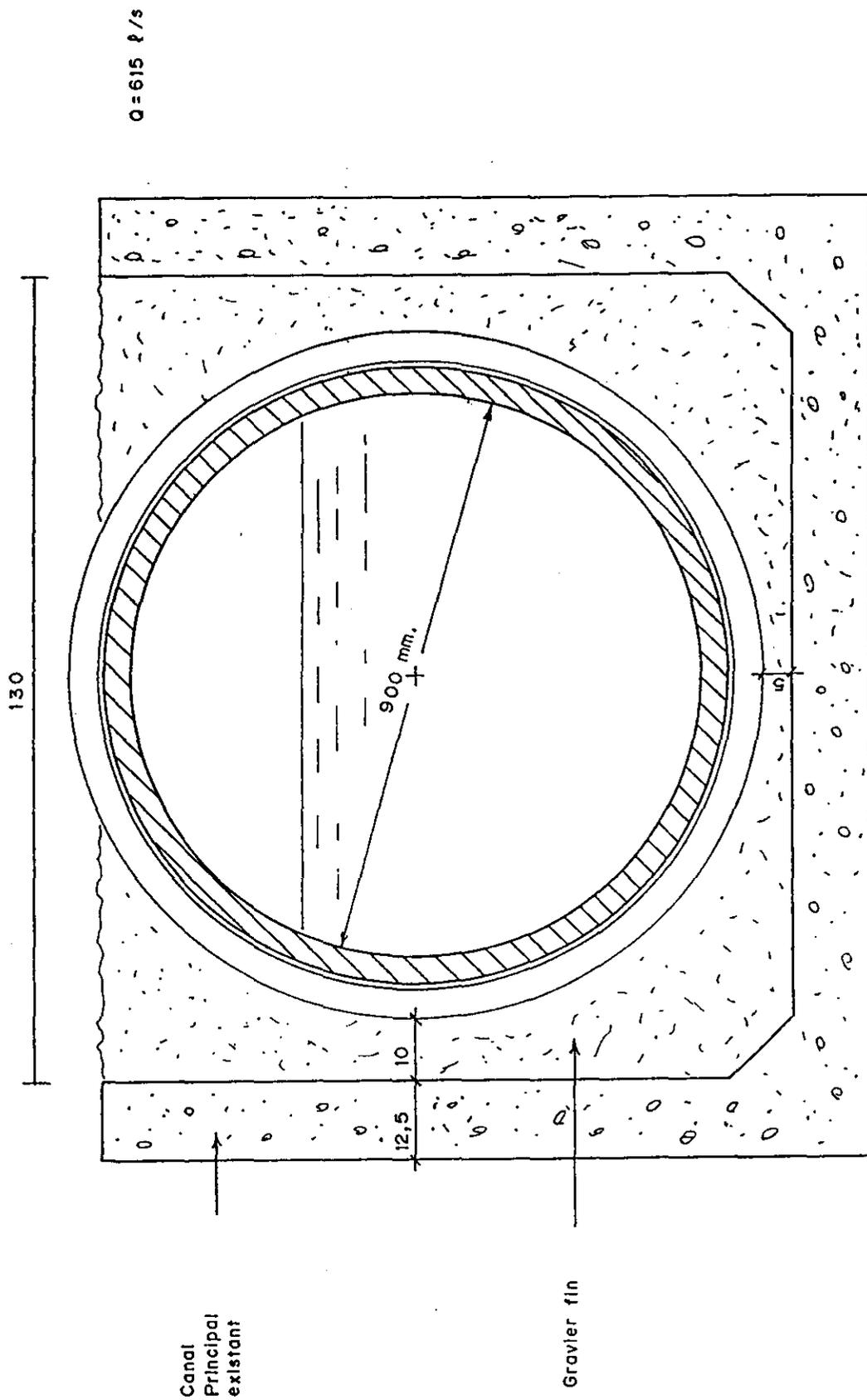
CANAL PRINCIPAL
IRRIGATION TRADITIONNELLE

Fig.18 Ech:1/10



CONDUITE PRINCIPALE
IRRIGATION TRADITIONNELLE

Fig. 19 Ech: 1/10



c) Conduite en charge

Le tracé de cette conduite sera celui sélectionné par le "BUREAU D'ETUDES JEAN SAFA" dans une étude établie pour le Ministère des Ressources Hydrauliques et Electriques et dont les plans et profils sont annexés au présent rapport.

Le tracé exige l'exécution d'une route de 7 m de largeur sur 4 km environ.

La perte de charge linéaire dans la conduite proposée est donnée par : $J = \frac{H_g}{L}$

où : H_g = différence de cote entre l'amont et l'aval.
 L = longueur.

$$J = \frac{79.9 - 74.8}{4200 \text{ m}} = 1.2 \%$$

Une conduite en amiante-ciment de 900 mm de diamètre peut assurer un débit maximal de 830 l/s bien supérieur aux besoins requis (615 l/s). Une conduite de diamètre inférieur sera insuffisante.

Le coût de fourniture et de pose de cette conduite est de :

DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE U.S.\$	PRIX TOTAL U.S.\$
- Exécution de la route d'accès	Forfait	-	-	3182500
- Conduite en A.C. 900 mm Classe 12 bars	m	4200	370	1554000
			TOTAL	4736500

I.2.1.4- Dimensionnement des éléments secondaires du réseau

Les éléments secondaires du réseau dans le cas d'une irrigation par les méthodes traditionnelles seront du type à écoulement libre, et suivront les tracés des canaux actuels pour éviter des expropriations coûteuses et non nécessaires.

A- Zone située au nord de NAHR IBRAHIM :

Les besoins de cette zone sont de 335 l/s. Deux variantes pour faire véhiculer l'eau ont été envisagées :

- a) canal à ciel ouvert
- b) conduite à écoulement libre

a) Canal à ciel ouvert

Ce canal sera construit le long du tracé du canal d'AMCHIT, dont la pente moyenne est de 0.4 %. Le coefficient de STRICKLER K adopté est de 60.

Une section de 100 cm x 80 cm pourra véhiculer les 335 l/s, à une hauteur mouillée de 65 cm et une pente moyenne de 0.4%. (Fig.20)

Ce canal pourrait être logé dans l'ancien canal d'AMCHIT jusqu'au piquet 359, soit sur une longueur de 8670 m ou sur 60% de sa longueur totale.

Le coût de la construction de ce canal est de :

DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE U.S.\$	PRIX TOTAL U.S.\$
- Canal 100 x 80 cm ²	m	14800	114	1687200

b) Conduite à écoulement libre

Cette conduite en amiante-ciment aura un diamètre intérieur de 900 mm, et une capacité maximale de 460 l/s, soit un débit nominal de : (Fig.21)

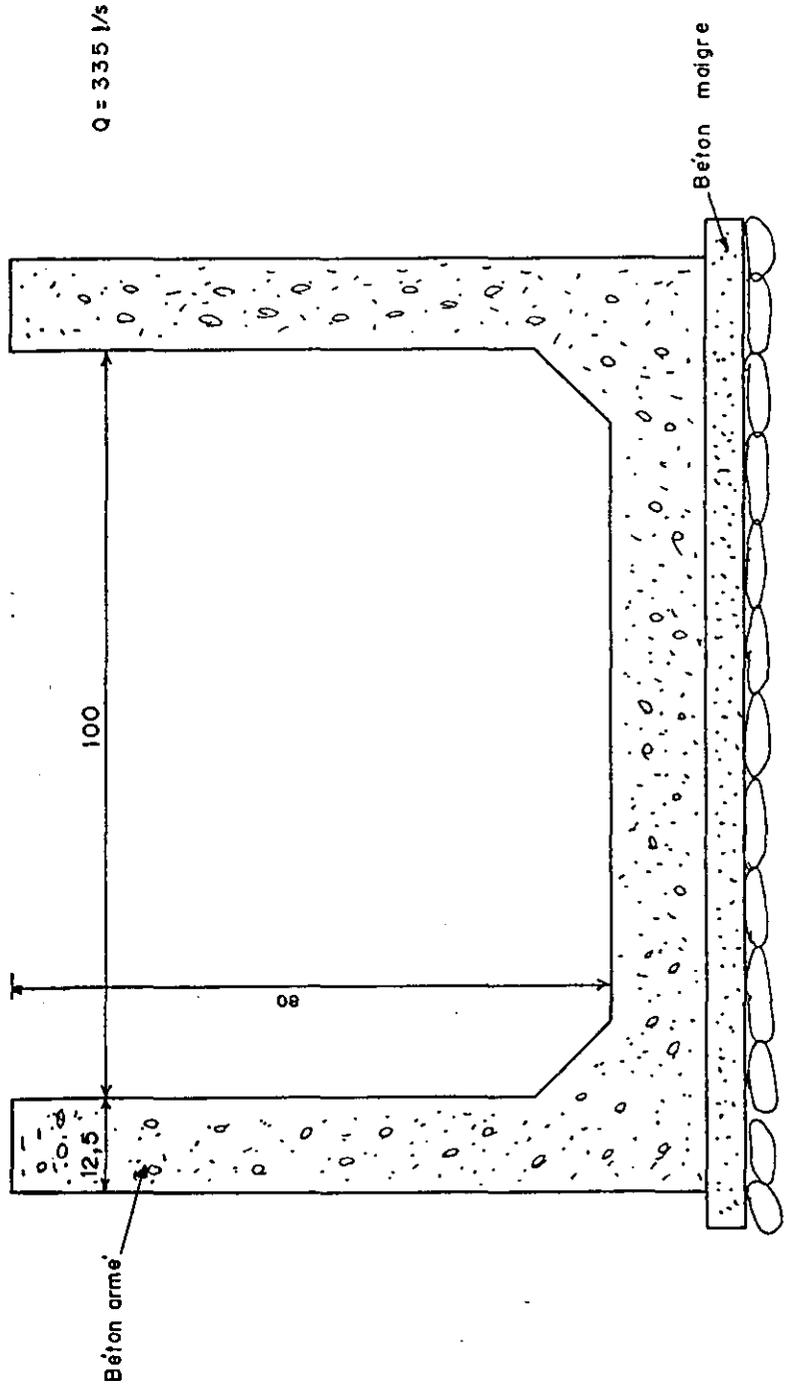
$$460 \times 0.85 \times 1.05 = 410 \text{ l/s}$$

Ce débit est supérieur aux besoins, mais en sélectionnant une conduite de diamètre inférieur, le débit requis ne pourra pas être véhiculé.

La hauteur de remplissage de la conduite sera de 57 cm.

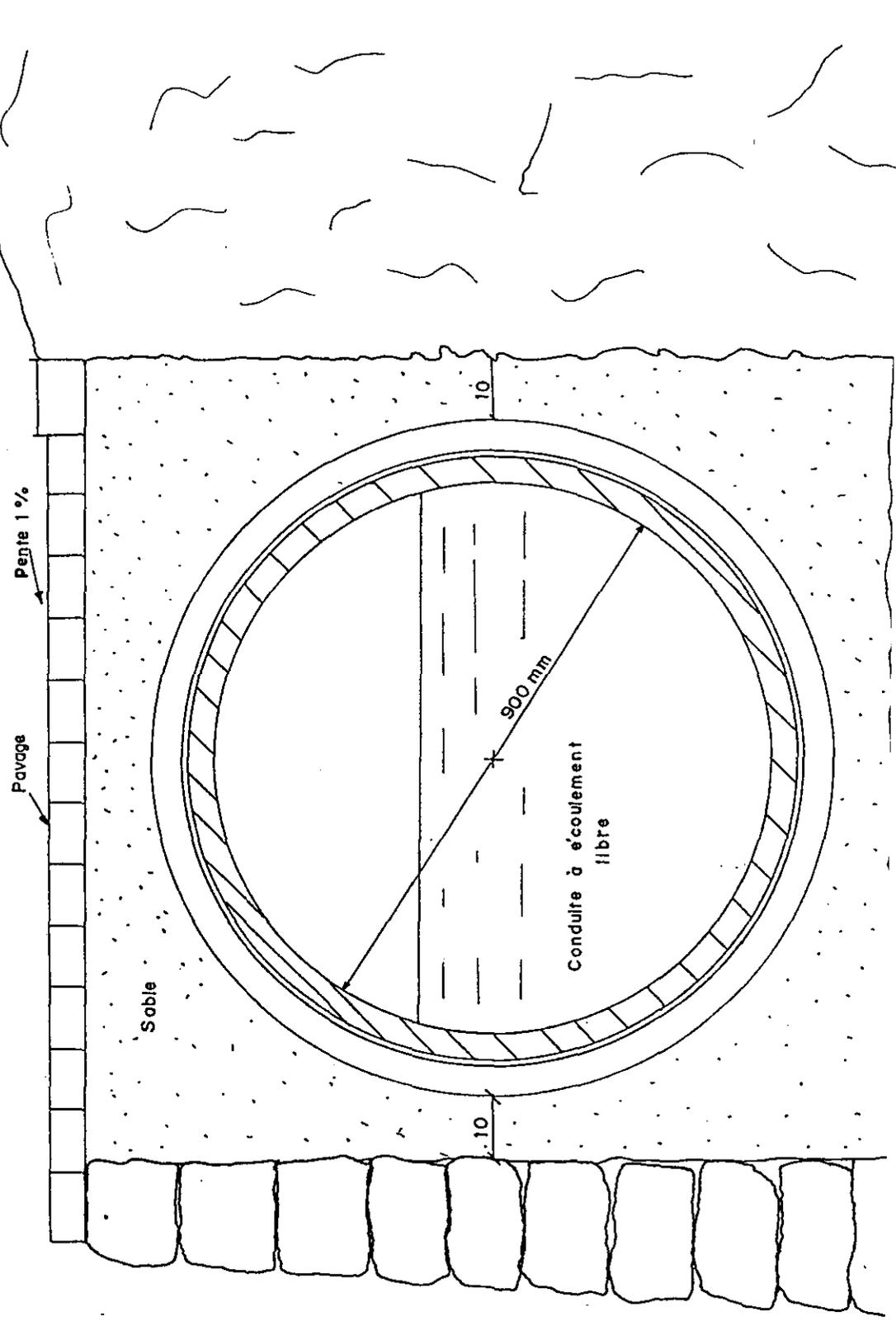
CANAL SECONDAIRE D'AMCHIT
IRRIGATION TRADITIONNELLE

Fig. 20 Ech: 1/10



CONDUITE SECONDAIRE D'AMCHIT
IRRIGATION TRADITIONNELLE

Fig.21



Q = 335 l/s
H = 57 cm

Le coût de fourniture et de pose de cette conduite est de :

DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE U.S.\$	PRIX TOTAL U.S.\$
- Canal en A.C. 900 mm	m1	14800	370	5476000

B- Zone située au sud de NAHR IBRAHIM

Les besoins de cette zone sont de 165 l/s. Deux variantes pour faire véhiculer l'eau ont été envisagées :

- a) canal à ciel ouvert
- b) conduite à écoulement libre .

a) Canal à ciel ouvert

Le canal inférieur n'étant plus utile, le nouveau canal que nous avons étudié, suivra le tracé du canal supérieur de TABARJA, avec une pente moyenne de 0.4 ‰.

En prenant un coefficient de STRICKLER $k = 60$, on aboutit à une section de 70 cm x 70 cm. (Fig.22)

Cette section achemine 165 l/s à une hauteur mouillée de 55 cm.

Le canal ainsi dimensionné pourrait être logé dans l'ancien canal supérieur de TABARJA entre les piquets 1 et 361 soit sur une longueur de 5450 m, donc sur plus de 75% de sa longueur.

Le coût de construction de ce canal est de :

DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE U.S.\$	PRIX TOTAL U.S.\$
- Canal 70 x 70 cm2	m1	8000	86	688000

b) Conduite à écoulement libre

Cette conduite en amiante-ciment aura un diamètre intérieur 700 mm, et pourra acheminer un débit de 235 l/s, soit un débit nomin de : (Fig.23)

$$235 \times 0.85 \times 1.05 = 209 \text{ l/s}$$

La hauteur de remplissage de la conduite sera de 44 cm.

Une conduite de diamètre inférieur restera insuffisante à couvrir les besoins.

Le coût de la fourniture et de pose de ce canal est de :

DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	PRIX	PRIX
			UNITAIRE	TOTAL
			U.S.\$	U.S.\$.
Conduite en A.C. 700 mm Classe 12 bars	ml	8000	235	1880000

I.2.2- Irrigation moderne d'une partie du périmètre et irrigation traditionnelle du restant du périmètre

Cette solution est à envisager puisqu'elle permet une irrigation moderne de toutes les parcelles situées au-dessous de la cote 40 m dont la superficie est égale à 65% de la surface totale du périmètre.

Quant aux parcelles situées entre les cotes 40 et 70 m, dont la superficie constitue les 35% restants de la superficie totale du périmètre, elles seront irriguées par les moyens conventionnels.

Il est certain donc que les besoins en eau seront inférieurs à ceux d'une irrigation complète par les méthodes traditionnelles et supérieurs à ceux d'une irrigation complète par les méthodes modernes. A priori on peut revoir le dimensionnement du réseau primaire et secondaire, mais nous avons jugé ne pas le soumettre dans cette variante étant donné que la transformation d'une irrigation traditionnelle vers une irrigation moderne ne sera pas instantanée mais plutôt progressive. Les besoins en eau seront donc au départ ceux d'une irrigation traditionnelle.

I.2.3- Dimensionnement du réseau tertiaire

Le réseau tertiaire existant est constitué par des canaux dont la longueur totale est de : 96 kms. Il couvre une superficie totale de 1080 ha, soit donc une densité moyenne de 96000/1080 # 90 m/ha.

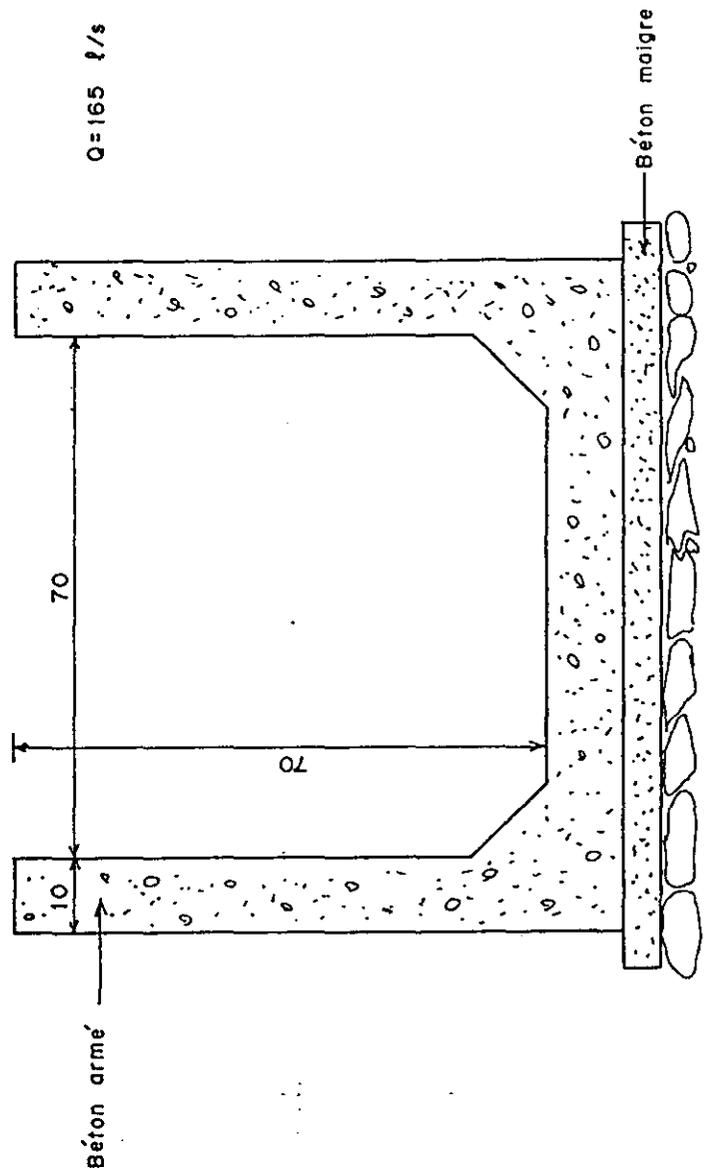
En conservant le principe d'une irrigation traditionnelle, il est inutile de rééquiper tout le périmètre avec un réseau neuf de canaux. Il s'agit simplement de réhabiliter les canaux existants étant donné que le réseau actuel est caractérisé par des pertes énormes en débits.

Or l'étude relative à la réhabilitation des canaux existants (Volume II) a montré qu'il faudrait réhabiliter 40 km de canaux tertiaires. Le coût de la construction de ces canaux serait de :

CANAL SECONDAIRE DE TABARJA

IRRIGATION TRADITIONNELLE

Fig. 22 Ech: 1/10



CONDUITE SECONDAIRE DE TABARJA

IRRIGATION TRADITIONNELLE

Fig. 23

Ech: 1/10

Q = 165 l/s
H = 44 cm

130

Pavage

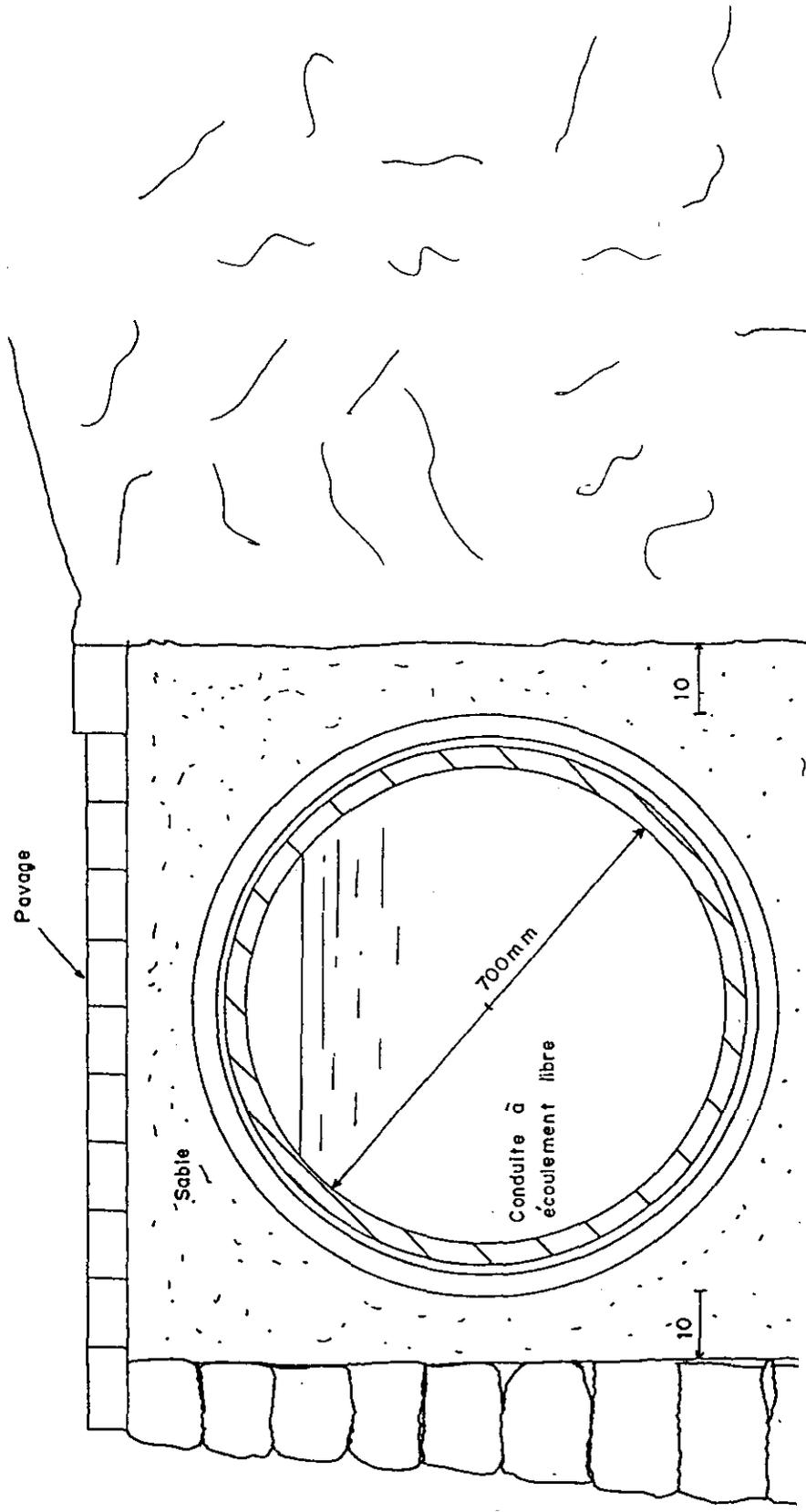
Sable

700mm

Conduite à
écoulement libre

10

10



DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE U.S.\$	PRIX TOTAL U.S.\$
Canaux tertiaires	ml	40000	22	880000

En optant pour une irrigation moderne, tous les canaux tertiaires sont à remplacer par des conduites sous-pression, faites en acier galvanisé.

Comme nous l'avons mentionné précédemment, uniquement une superficie équivalente à 65% du périmètre sera irriguée par cette méthode. Les superficies restantes ne pourront être irriguées que par les méthodes traditionnelles.

Nous avons donc envisagé une seule conduite tertiaire, remplaçant le canal, alimentant à l'amont les parcelles situées au-dessus de la cote 40 m, (qui seront irriguées par les méthodes traditionnelles) et, à l'aval, les parcelles situées entre les cotes 40 et 70 m (qui seront irriguées par les méthodes modernes). La pression de l'eau dans ces conduites augmentera de l'amont à l'aval.

Tenant compte des besoins en eau des parcelles et optant pour un rendement égal à 0.7 le diamètre de ces conduites sera de 100 mm. Il s'agit donc de poser 100 km environ de conduites de 100 mm de diamètre.

Le coût de la fourniture et de la pose de ces conduites est de :

DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE U.S.\$	PRIX TOTAL U.S.\$
Fourniture et pose de conduites en acier galvanisé de 100mm de diamètre	ml	100000	19	1900000

I.2.4- Etude comparative et conclusion

L'analyse de toutes les variantes mentionnées ci-dessous aboutit au tableau suivant et démontre qu'un système composé d'un canal primaire à ciel ouvert connecté à deux canaux secondaires principaux est le plus économique :

DESIGNATION	OUVRAGE PRINCIPAL	AMCHIT	TABARJA	RESEAU TERTIAIRE
Débit l/s	615	335	165	
CANAL A CIEL OUVERT	105 x 85 cm ² h = 69 cm L = 4460 m I = 1%.	100 x 80 cm ² h = 65 cm L = 14800 m I = 0.4%.	70 x 70 cm ² h = 55 cm L = 8000 m I = 0.4%.	Longueur à réhabiliter L = 40000 m
Coût U.S.\$	611020	1687200	688 000	880 000
CONDUITE A ECOULEMENT LIBRE	D = 900 mm h = 63 cm L = 4460 m I = 1%.	D = 900 mm h = 57 cm L = 14800 m I = 0.4%.	D = 700 mm h = 44 cm L = 8000 m I = 0.4%.	-
Coût U.S.\$	1650200	5476000	1880000	
CONDUITE EN CHARGE	D = 900 mm L = 4200 m J = 1.2%. (Y compris la route 3182500 US\$	-	-	D = 100 mm L = 100000 m
Coût U.S.\$	4736500			1 900 000

La zone située au-dessous de la cote 40 m, sera irriguée par des conduites tertiaires sous pression partant des canaux secondaires.

Les 35% restant du périmètre ne pourront être irrigués que par les méthodes conventionnelles et traditionnelles. Toutefois, cette zone également, sera équipée par un système de conduites tertiaires dans le but d'éliminer les pertes et de mieux contrôler la gestion du système.

Le coût global minimum de ce système sera donc de :

- Canal primaire	611.020 U.S.\$
- Canal d'AMCHIT	1.687.200 U.S.\$
- Canal de TABARJA	688.000 U.S.\$
TOTAL	2.986.220 U.S.\$
- Canaux tertiaires	880.000 U.S.\$
TOTAL	3.866.220 U.S.\$

Soit 3900000 U.S.\$ environ. En remplaçant les canaux tertiaires par des conduites tertiaires le devis deviendra :

- Réseau primaire et secondaire	: 2.986.220 U.S.\$
- Conduites tertiaires	: 1.900.000 U.S.\$
TOTAL	: 4.886.220 U.S.\$

CHAPITRE 2

ETUDE DE MODERNISATION DE L'IRRIGATION DANS L'ENSEMBLE DES PARCELLES ACTUELLEMENT IRRIGUEES ET DANS LES EVENTUELLES ZONES IRRIGABLES

II.1- Première partie - Irrigation des zones cultivables

Les besoins en eau des parcelles situées dans le périmètre actuel (485 ha) mais irriguées par un système moderne ont été évaluées à 355 l/sec. (Voir chapitre 1). Par contre, ces mêmes besoins augmentent à 500 l/sec pour une irrigation traditionnelle et pour un rendement du réseau de 0.7 et non pas de 0.35 tel qu'il en est le cas actuellement.

Nous constatons donc que la commission des eaux d'ADONIS pourrait économiser 645 l/sec en adoptant les techniques de l'irrigation moderne et 500 l/sec en réhabilitant uniquement, le réseau actuel de façon que le rendement du réseau passe de 0.35 à 0.7.

Parallèlement, l'étude de l'évolution des besoins en eau pour l'irrigation a montré que la superficie actuellement cultivée sera réduite de 45% environ en l'an 2015, aux dépens d'un développement de l'urbanisation. Elle sera donc réduite à 264 hectares et il y y aura par conséquent obligatoirement une consommation en eau moindre et une augmentation des ressources disponibles qu'il s'agira d'affecter soit à l'irrigation de nouveaux périmètres irrigables situés au-dessus des canaux secondaires, soit à couvrir les besoins domestiques en eau d'une partie du littoral du caza de KESROUANE et/ou de JBEIL. Or, un débit de 115 l/s devra bientôt être prélevé pour alimenter en eau potable la ville de JBAIL, puisque le projet a déjà été étudié et les recherches de son financement sont en cours.

Toutefois avant de sélectionner la solution adéquate, nous allons dans une première étape délimiter la superficie des terres irrigables situées au-dessus des canaux d'irrigation existants dans le but d'évaluer leurs besoins en eau.

II.1.1- Détermination des superficies

Trois régions ont effectivement été repérées :

- . La première, englobe les zones situées au-dessus du canal secondaire de TABARJA, totalisant une superficie de 250 hectares de terrains de pente et de sol acceptables
- . La deuxième, englobe les zones situées entre NAHR IBRAHIM et AMCHIT, au-dessus du canal secondaire, dont la superficie totale est de 600 ha environ et dont les terrains ont une pente et un sol acceptables.
- . La troisième, englobe la zone s'étendant entre AMCHIT et EL MASLOUKH dont la superficie totale est de 380 hectares environ et dont les terrains ont une pente et un sol acceptables.

Les chiffres indiqués ci-dessus représentent une superficie brute de terres irrigables de 1230 hectares environ. Nous définissons le terme "superficie irrigable" comme étant la superficie du périmètre susceptible d'être arrosée avec profit et le terme, "superficie irriguée" comme étant la fraction de la superficie irrigable effectivement arrosée.

Or, pour une superficie irrigable, la superficie irriguée varie au cours des années d'exploitation du réseau d'irrigation; elle commence généralement par n'être qu'une faible partie du périmètre irrigable pour s'accroître au fur et à mesure. Selon une étude américaine le rapport du périmètre irrigué au périmètre irrigable varie comme suit :

Rapport de la superficie irriguée à la superficie irrigable	
5 ans après achèvement du réseau	0.36
10 ans après achèvement du réseau	0.48
15 ans après achèvement du réseau	0.68
20 ans après achèvement du réseau	0.76
30 ans après achèvement du réseau	0.82
40 ans après achèvement du réseau	0.85
50 ans après achèvement du réseau	0.86

Néanmoins avec une action efficace menée auprès des agriculteurs lors de la réalisation du projet, action sous forme d'assistance technique et d'aide pour leur organisation économique on peut arriver à des résultats beaucoup plus rapides.

D'autre part, l'étude de l'évolution des superficies cultivables en densité par rapport aux superficies totales (Volume I- Chapitre 8) a donné les résultats suivants :

Densité des terres cultivables

Village	Superficie totale en ha	1983	1986	1990	2000	2005	2010	2015
Littoral KESROUAN(1)	325	0.538	0.504	0.459	0.366	0.318	0.272	0.232
Littoral JBEIL (1)	511	0.570	0.526	0.498	0.411	0.367	0.324	0.282
Moyenne	836	0.557	0.518	0.482	0.393	0.348	0.303	0.262

(1) Toute la zone comprise entre les altitudes 0 et 400 mètres.

En admettant que la mise en place d'un nouveau réseau irriguant les zones d'extension sera achevée en 1995, nous pouvons tirer des deux tableaux précédents, l'évolution du rapport des superficies irriguées à la superficie totale.

La densité des terres irriguées dans les zones d'extension est donc comme suit : (Fig.24)

Année	1995	2000	2005	2010	2015
Rapport	0	0.14	0.15	0.20	0.20

Cela signifie que la superficie des terres irriguées en 2015 sera égale à 20% de la superficie totale des terres irrigables. Les 1230 hectares seront donc réduits uniquement à une superficie de parcelles de 246 hectares cultivés et irrigués.

II.1.2- Calcul des besoins en eau des zones d'extension

Les besoins en eau des zones d'extension seront calculés tenant compte d'une micro-irrigation par goutteur, soit sur base de 6.35 mm/jour. (Chapitre 1)

Les débits instantanés maximum requis, pour l'an 2015 seront de :

Première zone :

- Zone située entre NAHR IBRAHIM et TABARJA :

$$\frac{250 \text{ ha} \times 6.35 \text{ mm/jour} \times 0.2}{8.64} = 37 \text{ l/s}$$

Deuxième zone

- Zone située entre NAHR IBRAHIM et AMCHIT :

$$\frac{600 \text{ ha} \times 6.35 \text{ mm/jour} \times 0.2}{8.64} = 88 \text{ l/s}$$

Troisième zone

- Zone située au Nord d'AMCHIT :

$$\frac{380 \text{ ha} \times 6.35 \text{ mm/jour} \times 0.2}{8.64} = 56 \text{ l/s}$$

Soit un débit total de : 181 l/s

Ce débit est disponible mais son adduction jusqu'à l'utilisateur requiert la construction d'un nouveau réseau secondaire, des modifications dans le dimensionnement de l'élément primaire et de la station de pompage tel qu'envisagées précédemment. (Chapitre 1)

II.1.3- Dimensionnement et tracé des éléments secondaires et tertiaires :

Les adducteurs secondaires du réseau seront divisés en trois tronçons alimentant respectivement :

- La zone localisée entre NAHR IBRAHIM et TABARJA dont les besoins sont de 37 l/s pour l'an 2015.
- La zone située entre NAHR IBRAHIM et AMCHIT dont les besoins sont de 88 l/s.
- La zone située au Nord d'AMCHIT dont les besoins sont de 56 l/s.

II.1.3.1- Méthode suivie dans le dimensionnement :

Pour les deux premières zones mentionnées ci-dessus, nous avons envisagé pour l'élément secondaire du réseau trois variantes :

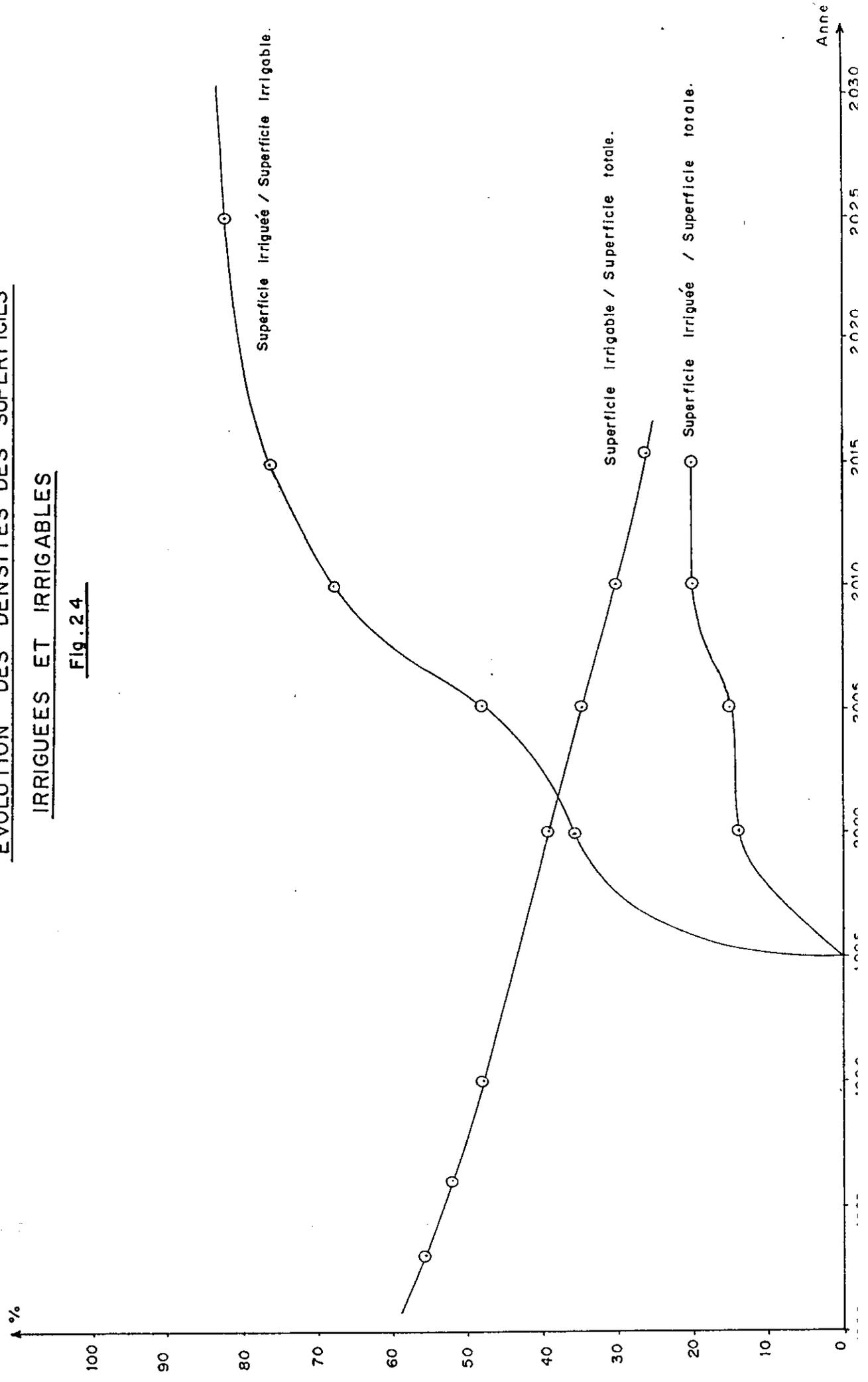
- Adduction d'eau par canal à ciel ouvert.
- Adduction d'eau par conduite à écoulement libre.
- Adduction d'eau par conduite en charge.

et nous avons également calculé la puissance de la station de pompage requise pour refouler l'eau de l'élément primaire à l'élément secondaire envisagé.

Pour la zone de NAHR IBRAHIM-AMCHIT, le raisonnement a été différent étant donné que la situation topographique des zones irrigables impose une contrainte rendant inéxecutable du point de vue économique, la construction d'un adducteur longeant la cote 200 m environ et dominant toute la zone, parcequ'il donne naissance à une "tête morte" de 4 km de longueur environ. D'autre part, les régions irrigables de cette zone étant séparées par des vallées profondes, imposent la construction de siphons qui augmenteront considérablement par conséquent le coût du projet. (Plan C.V.P)

EVOLUTION DES DENSITES DES SUPERFICIES
IRRIGUEES ET IRRIGABLES

Fig. 24



Nous avons donc adopté, pour chaque région irrigable :

- 1) le refoulement par pompage de l'eau de l'adducteur secondaire qui sera construit le long du tracé de celui qui existe actuellement vers un réservoir de stockage et de régulation implanté à l'amont des régions.
- 2) la construction d'un réseau de distribution ramifié partant du réservoir vers les bornes de distribution irriguant les parcelles.

La méthode suivie dans le dimensionnement du canal primaire est identique à celle suivie dans les variantes précédentes (Chapitre 1). Nous avons donc jugé inutile de les rementionner (canal à ciel ouvert, conduite à écoulement libre, et conduite en charge), mais nous avons toutefois indiqué le dimensionnement du canal primaire dans le tableau final récapitulatif pour chacune des variantes envisagées.

Notons que l'irrigation des extensions ne pourra pas se faire à partir de la 2ème usine hydroélectrique (150 m) pour éviter la construction d'une station de pompage parce que les zones à irriguer se situent à des altitudes de 200 m. Par conséquent l'eau sera acheminée à partir de la 2ème usine hydroélectrique (80 m) et la construction d'une station de pompage est impérative.

II.1.3.2- Dimensionnement des réseaux :

A-Zone située entre NAHR IBRAHIM et TABARJA

Trois variantes ont été envisagées :

- canal à ciel ouvert
- conduite à surface libre
- conduite en charge

A.1-Canal à ciel ouvert

Ce canal sera alimenté en eau par une station de pompage construite dans la vallée (cote 17 m). Il suivra la cote 230 m pour assurer une pression minimale de 3 bars aux usagers de la cote 200 m.

Le tracé de ce canal est indiqué sur le plan annexe. (Plan C.V.P) Sa longueur est de 6000 m environ.

Pour une pente de 0.4%, une section de 50 cm de largeur et de 35 cm de hauteur, assurera les 37 l/s avec une hauteur mouillée de 25 cm.

Le tronçon qui reliera le canal à la station de pompage sera constitué par des conduites en amiante-ciment, classe 40 bars, de 200 mm de diamètre, et de 1000 m environ de longueur.

Le réseau tertiaire branché à ce canal aura une densité moyenne de 50 m/ha et un diamètre moyen de 100 mm. Les conduites seront en acier galvanisé et auront une longueur totale de :

$$50 \text{ m/ha} \times 250 \text{ ha} = 12500 \text{ mètres.}$$

Cette valeur devra être majorée de 15% pour tenir compte des longueurs supplémentaires requises pour brancher le réseau tertiaire au canal secondaire.

$$L = 12500 \times 1,15 = 14375 \text{ m ou } 14400 \text{ m.}$$

Le devis estimatif de cette variante est donc de :

DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE U.S.\$	PRIX TOTAL U.S.\$
- Canal 50 x 35 cm	m1	6000	34	204000
- Expropriation	m2	12000	50	600000
- Conduite en acier, classe 40, 200 mm	m1	1000	62	62000
- Conduites A.G. de 100 mm de diamètre	m1	14400	19	273600
			TOTAL	1139600

A.2-Conduite à écoulement libre

Cette conduite suivra le tracé du canal proposé ci-dessus et prendra son départ à la cote 230 m. Elle aura une longueur de 8000 m environ et une pente moyenne de 0.4%. Une conduite de 400 mm en amiante-ciment, assurera le débit de 37 l/s avec une hauteur mouillée de 25 cm.

Le réseau tertiaire relatif à la conduite ci-dessus, sera identique à celui du canal.

Le devis estimatif de cette variante est de :

DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE U.S.\$	PRIX TOTAL U.S.\$
- Conduite A.C. 400 mm classe 12 bars	m1	6000	91	546000
- Expropriation	m2	12000	50	600000
- Conduite A.C. 200 mm classe 40 bars	m1	1000	62	62000
- Réseau tertiaire, conduites 100 mm acier galvanise	m1	14400	19	273600
			TOTAL	1481600

A.3-Conduite en charge

L'avantage principal de la pose d'une telle conduite est la réduction de la longueur totale des canaux tertiaires étant donné que son tracé sera proche du centre de gravité des terres à irriguer. Son tracé sera par conséquent parallèle à celui du canal mais à une cote inférieure (100 m environ).

Une conduite de 250 mm pourra véhiculer les 37 l/s avec une vitesse de 0.76 m/s et une perte de charge $J = 2.039$ m/km soit une perte de charge totale de 12.2 m.

Le tracé de cette conduite est indiqué sur le plan annexe (Plan C.V.P.) et le profil en long réduit est donné par la figure ci-jointe (Fig.25). Le réseau tertiaire sera constitué par des conduites en acier galvanisé en charge de 100 mm de diamètre, de densité moyenne 50 m/ha, soit une longueur totale de 12500 m environ.

Le devis estimatif de cette variante est de :

DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE U.S.\$	PRIX TOTAL U.S.\$
- Conduite A.C. 250 mm classe 24 bars	m1	6000	63	378000
- Expropriation	m2	3000	50	150000
- Réseau tertiaire, conduites 100 mm acier galvanisé	m1	12500	19	237500
			TOTAL	765500

A.4-Station de pompage

Cette station alimentera soit les éléments à écoulement libre (canal ou conduite) soit la conduite en charge. Elle sera alimentée de l'élément primaire par une conduite de 400 mm de diamètre et ne pourra être construite qu'à la cote 17 m (exiguïté des lieux). Tenant compte de l'évolution des besoins, le dimensionnement des motopompes se fera en fonction des besoins de l'an 2005 qui représentent 75% des besoins de l'an 2015, soit donc un débit de : $37 \text{ l/s} \times 0.75 = 28 \text{ l/s}$. La hauteur manométrique de refoulement sera de 190 m.

- Moto pompes :

La puissance requise est de 80 KW, soit 109 C.V.

Nous adopterons 3 groupes de 40 KW, dont l'un fonctionne en secours.

- Groupe électrogène :

Un groupe diesel électrogène de 200 K.V.A. alimente la station en cas de panne de courant.

- Poste de transformation

Un transformateur de tension de 200 K.V.A. sera installé à l'intérieur de la station.

- Anti-bélier

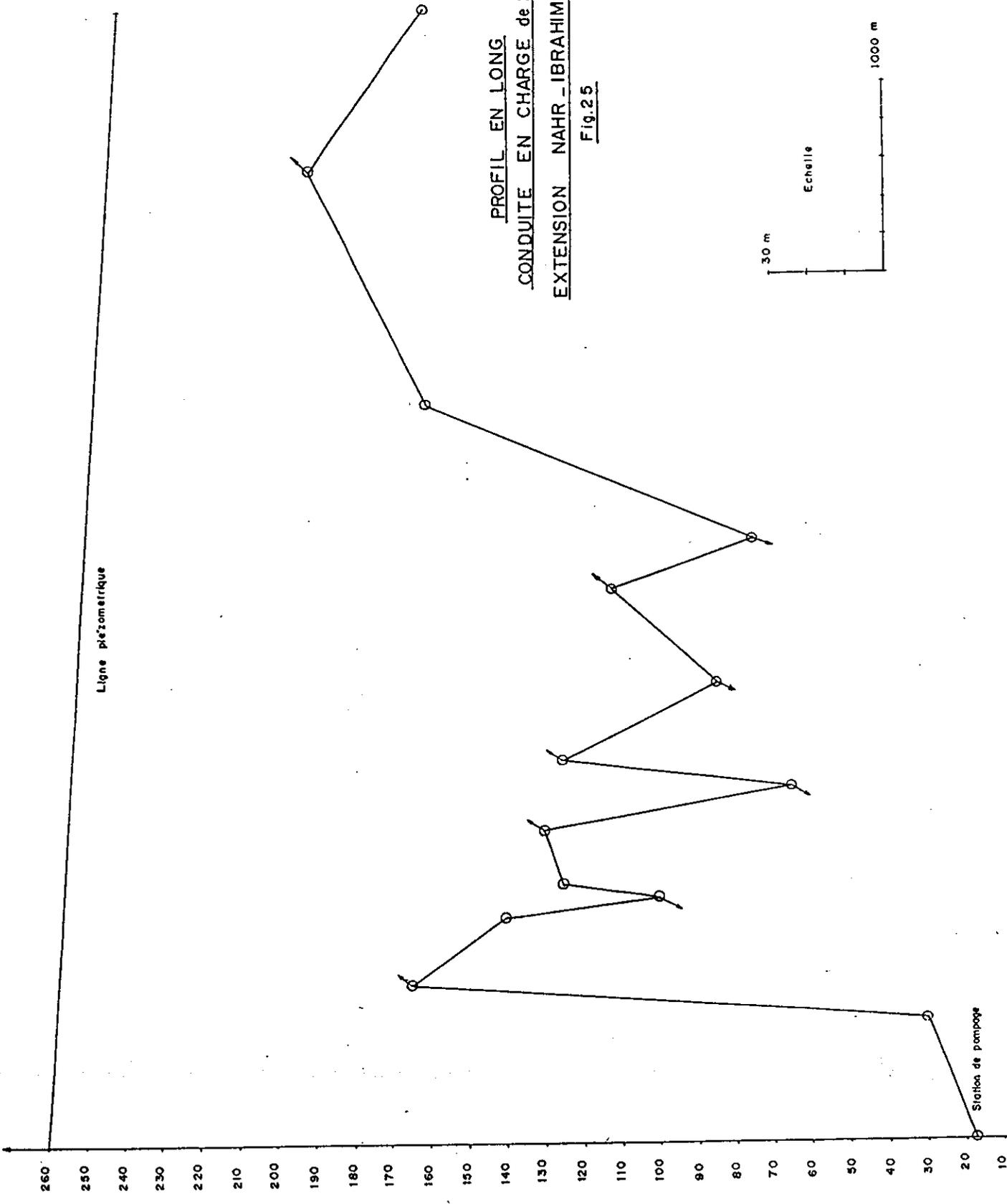
La conduite de refoulement sera équipée d'un réservoir à air comprimé et d'un groupe compresseur d'air pour protéger les installations contre les coups de bélier.

Le devis estimatif relatif à la construction et à l'équipement de cette station sera de :

DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE U.S.\$	PRIX TOTAL U.S.\$
- Expropriation	m ²	400	50	20000
- Bâtiment	m ²	100	300	30000
- Moto-pompe	groupe	3	12000	36000
- Compression d'air	groupe	1	3000	3000
- Générateur 200 K.V.A.	groupe	1	40000	40000
- Poste de transformation	Forfait	-	16000	16000
- Equipements hydrauliques	Forfait	-	80000	80000
- Equipements électriques	Forfait	-	25000	25000
			TOTAL	250 000

ENERGIE ET ENTRETIEN SUR 5 ANS

- Energie électrique sur 5 ans.	KW.h	1750000	0.15	262500
- Remplacement des moto-pompes dans 5 ans	fois	61	26000	26000
			TOTAL	288500



B- Zone située au Nord d'AMCHIT

La majorité de cette zone est située au-dessous de la cote 100m. Sa superficie est de 380 ha et ses besoins sont de 56 l/s. L'alimentation de cette zone s'effectuera par l'un des éléments secondaires suivants :

- canal à ciel ouvert
- conduite à écoulement libre
- conduite en charge

B.1-Canal à ciel ouvert

Ce canal sera alimenté de l'extrémité aval de l'élément secondaire qui irriguera la zone de NAHR IBRAHIM à AM-CHIT par l'intermédiaire d'une station de pompage qui refoulera les 56 l/s de la cote 30 m à la cote 130 m, cote de départ du canal.

La longueur approximative de ce canal est de 600m; son tracé est indiqué sur le plan N°C.V.P. Pour une pente de 0.4%, une section de 55 cm de largeur et de 50 cm de hauteur assurera les 56 l/s avec une hauteur mouillée de 31 cm.

La conduite de refoulement qui reliera la station de pompage au canal secondaire sera en amiante-ciment, classe 24 bars, de 300 mm de diamètre. Le tracé de cette conduite est indiqué sur le plan N°C.V.P. Le réseau tertiaire aura une densité de 50 m/ha environ; il sera constitué par des conduites en acier galvanisé de 100 mm de diamètre moyen, et dont la longueur totale sera de :

$50 \text{ m/ha} \times 380 \text{ ha} = 19000 \text{ m}$. Ce chiffre devra être majoré de 10% pour tenir compte de la longueur supplémentaire requise pour connecter le réseau tertiaire au canal secondaire, soit alors $(9000 \times 1.15 = 21850 \text{ m}$ ou 22000 m).

Le devis estimatif de cette variante est de :

DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE U.S.\$	PRIX TOTAL U.S.\$
- Canal 55 x 50 cm ²	m	6000	72	432000
- Conduite AC 300 mm Classe 24 bars	m	1000	90	90000
- Expropriation	m ²	12000	50	600000
- Réseau tertiaire, conduites 100 mm en acier galvanisé	m	22000	19	418000
			TOTAL	1540000

B.2- Conduite à écoulement libre

Le tracé de cette conduite sera identique à celui du canal proposé. Sa longueur est de 6000 m environ et les pertes de 0.4 m/km.

Une conduite en amiante-ciment, de 450 mm, assurera les 56 l/s avec une hauteur de remplissage de 31 cm.

Une conduite de 300 mm de diamètre assurera le refoulement de l'eau entre la station de pompage et la conduite à écoulement libre de 450 mm. Le réseau tertiaire sera identique à celui planifié dans la solution à canal.

Le devis estimatif de cette variante est de :

DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE U.S.\$	PRIX TOTAL U.S.\$
- Conduite AC 450 mm Classe 12 bars	m1	6000	107	642000
- Conduite AC 300 mm Classe 24 bars	m1	1000	90	90000
- Expropriation	m2	12000	50	600000
- Réseau tertiaire, conduites 100 mm en acier galvanise	m1	22000	19	418000
			TOTAL	1750000

B.3- Conduite en charge :

Cette conduite sera posée sur la rive droite de l'auto-route, entre AMCHIT et EL MASLOUKH dans le sens de TRIPOLI.

Une conduite de 300 mm en amiante ciment classe 24 bars assurera le débit de 56 l/s à une vitesse de 0.78 m/s et une perte de charge $J = 1.69$ m/km soit une perte de charge totale de 12m environ. La longueur du réseau tertiaire dans ce cas sera de 19000 m environ.

Le devis estimatif de cette variante est de :

DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE U.S.\$	PRIX TOTAL U.S.\$
- Conduite Ac 300 mm Classe 24 bars	m1	6000	90	540000
- Réseau tertiaire, conduites 100 mm en acier galvanisé	m1	19000	19	361000
			TOTAL	901000

B.4-Station de pompage

Cette station sera construite à la cote 30 m environ aux coordonnées (X = 141800, Y = 246600). Elle sera alimentée de l'élément secondaire à écoulement libre, du réseau d'AMCHIT, (P600-601) par une conduite de 300 m de longueur et de 300 mm de diamètre en amiante-ciment, classe 12 bars. Une conduite de refoulement de 1000 m de longueur et de 300 mm de diamètre en amiante-ciment classe 24 bars, assurera le refoulement de l'eau à un débit de 56 l/s, vers l'élément secondaire à écoulement libre, qui prendra son départ à la cote 130m. La longueur de la conduite de refoulement sera réduite à 100 m dans le cas où l'élément secondaire du réseau sera constitué par une conduite en charge.

* Moto-pompes :

Le groupe moto-pompe aura les caractéristiques suivantes :

- Hauteur manométrique : 80 m
- Débit : $56 \text{ l/s} \times 0.75 = 42 \text{ l/s}$

Sa puissance est de 50 KW environ soit 68 C.V. Nous optons pour 3 groupes moto-pompes de 25 KW chacun, et dont l'un jouera le rôle de secours. Ces motopompes graderont la même puissance jusqu'à l'an 2005.

Un groupe diesel électrogène de 150 KVA assurera l'alimentation des pompes en cas de panne de courant, avec une autonomie de fonctionnement de 10 à 15 jours.

* Poste de transformation

Un transformateur de tension de 150 KVA alimentera la station en courant basse tension.

* Anti-bélier

Le système anti-bélier sera constitué d'un réservoir d'air et d'un compresseur d'air.

Remarque : La station de pompage ainsi que l'élément secondaire ont été dimensionnés sur base d'un débit maximum continu, ce qui suppose que ce débit sera continuellement disponible dans l'ouvrage secondaire d'AMCHIT et qu'il échappera au système de distribution par rotation. Sinon, le calcul conduirait à des dimensionnements 5 à 6 fois plus grands que ceux déjà établis.

Le devis estimatif de la construction et de l'équipement de la station de pompage est de :

DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE U.S.\$	PRIX TOTAL U.S.\$
- Expropriation	m ²	400	100	40000
- Bâtiment	m ²	100	300	30000
- Moto-pompe	Groupe	3	5000	15000
- Compresseur d'air	Groupe	1	3000	3000
- Générateur 150 K.V.A	Groupe	1	30000	30000
- Poste de transformation	Forfait	-	15000	15000
- Equipements hydrauliques	Forfait	-	30000	30000
- Equipements électriques	Forfait	-	15000	15000
			TOTAL	178000

ENERGIE ET ENTRETIEN SUR 5 ANS

- Energie électrique sur 5 ans.	KW.h	1100000	0.15	165000
- Remplacement des moto-pompes dans 5 ans.	Fois	1	15000	15000
			TOTAL	180000

C- Zone située entre NAHR IBRAHIM et AMCHIT :

La superficie totale de la région à potentiel agricole située entre NAHR IBRAHIM et AMCHIT est de 600 ha environ. Elle est subdivisée en trois principales zones :

- La zone du village d'AMCHIT : 288 ha
- La zone de MASTITA - HAI MAR JERIOS : 251 ha
- La zone de HALAT - EL FIDAR : 61 ha

La construction d'un nouvel adducteur secondaire dominant toute la région et partant de l'élément principal de NAHR IBRAHIM, sera constituée par un tronçon à tête morte relativement longue (4 km). D'autre part les zones mentionnées ci-dessus sont séparées par des vallées dont le franchissement par siphons augmentera sensiblement le coût du projet. Pour cela nous avons opté la solution d'un pompage partiel qui refoulera l'eau de l'élément secondaire à surface libre, à un réservoir. Un réseau ramifié distribuera l'eau du réservoir aux bornes de distribution.

C.1-Zone du village d'AMCHIT

Les besoins de ce contour en l'an 2015 seront de :

$$\frac{288 \text{ ha} \times 6.35 \text{ mm/jour} \times 0.2}{8.64} \# 42 \text{ l/s}$$

Ce débit sera utilisé pour le dimensionnement du réseau. Le calcul de la capacité de la station de pompage se fera en fonction des besoins de l'an 2005 (Voir courbe d'évolution des besoins) : $\frac{42 \text{ l/s} \times 0.15}{0.2} \# 32 \text{ l/s}$

La zone d'AMCHIT sera donc divisée en deux étages séparés par la courbe de niveau 135 m, dans le but de limiter les pressions de service.

Un réservoir implanté à la cote 230 m, assurera l'irrigation des parcelles situées entre les cotes 135 m et 200 m, dont la superficie est de 110 ha environ.

Un second réservoir implanté à la cote 165 m, assurera l'irrigation des parcelles situées entre l'élément secondaire d'AMCHIT et la cote 135 m et dont la superficie est de 178 ha.

- Capacité des réservoirs :

Le réservoir de la cote 230 m aura un volume de 500 m³. Il sera alimenté par un débit de : $\frac{110 \text{ ha} \times 6.35 \text{ mm/j} \times 0.2}{8.64} = 16 \text{ l/s}$

et pourra donc assurer une réserve de 9 heures environ.

- Le réservoir de la cote 165 m aura un volume de 1000 m³. Il sera alimenté par un débit de : $\frac{178 \text{ ha} \times 6.35 \text{ mm/j} \times 0.2}{8.64} = 26 \text{ l/s}$

et assurera une réserve de 10 heures environ.

- Ligne de refoulement

Une seule ligne de refoulement assurera l'adduction de l'eau de la station de pompage aux réservoirs de distribution.

Le premier tronçon, sera constitué par des conduites d'amiante-ciment, de 200 mm de diamètre, classe 40 bars. Sa longueur sera de 1500 m environ, et les pertes de charge de 11.5 m pour un débit de 42 l/s.

Le deuxième tronçon sera constitué par des conduites en amiante-ciment de 150mm de diamètre, classe 18 bars. Sa longueur sera de 700 m environ, et les pertes de charge de 3.6 m pour un débit de 16 l/s.

Le tracé de ces lignes ainsi que l'emplacement des réservoirs sont indiqués sur le plan N°C.V.P.

- Conduites tertiaires

Le réseau de conduites tertiaires aura une densité moyenne de 50 m/ha et une longueur totale de $50 \times 288 = 14400$ m

Il sera constitué par des conduites en acier galvanisé de 100 mm de diamètre.

- Station de pompage :

La station de pompage aura sa prise sur l'élément secondaire à écoulement libre d'AMCHIT, au piquet 438.

Le débit de dimensionnement sera de 32 l/s et la hauteur de refoulement de 190 m

La puissance requise sera de 100 KW environ soit 135 C.V. Nous adopterons 3 groupes motopompes de 50 KW chacun, dont l'un sera considéré comme groupe de secours.

Un transformateur de tension, de 250 K.V.A. ainsi qu'un groupe électrogène de 250 K.V.A. alimenteront la station en énergie électrique.

Un système de protection des pompes contre les coups de bélier sera équipé. Il sera constitué d'un compresseur et d'un réservoir d'air comprimé.

Le devis estimatif de la construction et de l'équipement de cette station est de :

DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	PRIX	PRIX
			UNITAIRE	TOTAL
			U.S.\$	U.S.\$
<u>Réseau :</u>				
-Réservoir 500 m3	Unité	1	50000	50000
-Réservoir 1000 m3	Unité	1	80000	80000
-Conduite A.C 200 mm Classe 40 bars	m1	1500	62	93000
-Conduite A.C 150 mm Classe 18 bars	m1	700	24	16800
-Réseau de conduites ter- tiaires 100 mm en acier galvanisé.	m1	14400	19	273600
			TOTAL	513400
<u>Station de pompage :</u>				
-Expropriation	m2	400	100	40000
-Bâtiment	m2	100	300	30000
-Moto-pompe	Groupe	3	15000	45000
-Compresseur d'air	Groupe	1	3000	3000
-Générateur 250 K.V.A.	Groupe	1	50000	50000
-Poste de transformation	Forfait	-	17000	17000
-Equipements hydrauliques	Forfait	-	100000	100000
-Equipements électriques	Forfait	-	30000	30000
			TOTAL	315000
ENERGIE ET ENTRETIEN SUR 5 ANS				
-Energie électriques sur 5 ans.	K.W.h	2150000	0.15	322500
-Remplacement des moto- pompes dans 5 ans	fois	1	45000	45000
			TOTAL	367500

C.2-Zone MASTITA - HAI MAR JERIOS :

La superficie totale de cette zone est de 251 ha et les besoins en eau de l'an 2015 sont estimés à :

$$\frac{251 \text{ ha} \times 6.35 \text{ mm/jour} \times 0.2}{8.64} = 37 \text{ l/s}$$

Ce débit sera utilisé pour le dimensionnement du réseau.

Le calcul de la capacité de la station de pompage se fera en fonction des besoins de l'an 2005 :

$$\frac{37 \text{ l/s} \times 0.15}{0.2} = 28 \text{ l/s}$$

Cette zone sera divisée en deux étages, séparés par la courbe du niveau 135 m, pour limiter les pressions de service.

Deux réservoirs seront implantés, l'un à la cote 165 m et l'autre à la cote 230 m.

- Capacité des réservoirs

- Le réservoir de la cote 230 m aura à irriguer une superficie de 136 ha. Il sera alimenté avec un débit de :

$$\frac{136 \text{ ha} \times 6.35 \text{ mm/j} \times 0.2}{8.64} = 20 \text{ l/s}$$

Son volume sera de 600 m³ et assurera une réserve de 8 heures environ.

- Le réservoir de la cote 165 m aura à irriguer une superficie de 115 ha. Il sera alimenté avec un débit de 175 l/s. Son volume sera de 500 m³ assurera une réserve de 8 heures environ.

- Conduites de refoulement :

Une seule ligne de refoulement assurera l'adduction de l'eau de la station de pompage aux réservoirs de distribution.

Le premier tronçon reliant la station de pompage au réservoir implanté à la cote 165 m, aura une longueur de 800 m environ. Il sera constitué par des conduites en amiante-ciment, classe 40 bars, de 200 mm de diamètre. La perte de charge totale sur ce tronçon est de 5m

Le deuxième tronçon débouchant dans le réservoir de la cote 230 m, aura une longueur de 500 m environ et sera constitué par des conduites en amiante-ciment, classe 18 bars, de 150 mm de diamètre.

La perte de charge totale sur ce tronçon est de 4 m environ. Le tracé de la conduite ainsi que l'emplacement des réservoirs, sont indiqués sur le plan N°C.V.P.

- Conduites tertiaires :

- Densité moyenne 50 m/ha
- Longueur totale : 50 x 251 = 12550 m
- Nature acier galvanisé
- Diamètre moyen des conduites 100 mm

- Station de pompage :

La prise de la station de pompage sera sur l'élément secondaire à écoulement libre d'AMCHIT au piquet 304.

Le débit de dimensionnement des pompes est de 28 l/s.

La hauteur manométrique de refoulement est de 190 m

La puissance requise est alors de 80 KW ou 110 C.V. Nous adopterons 3 groupes de 40 KW chacun, dont l'un sera gardé comme groupe de secours. Un transformateur de tension de 200 KVA ainsi qu'un groupe électrogène de 200 KVA alimenteront la station en énergie électrique. Un compresseur et un réservoir d'air comprimé constitueront l'équipement de protection des pompes contre les coups de bélier.

Le devis estimatif de la construction et de l'équipement de cette station est de :

DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE U.S.\$	PRIX TOTAL U.S.\$
<u>Réseau :</u>				
-Réservoir : 300 m ³	Unité	2	30000	60000
-Réservoir : 500 m ³	Unité	1	50000	50000
-Conduite A.C. 200 mm classe 40 bars	m	800	62	49600
-Conduite A.C. 150 mm classe 18 bars	m	500	24	12000
-Réseau tertiaire, conduites 100 mm acier galvanisé.	m	12550	19	238450
			TOTAL	410050
<u>Station de pompage :</u>				
-Expropriation	m ²	400	100	40000
-Bâtiment	m ²	100	300	30000
-Moto pompe	Groupe	3	12000	36000
-Compresseur d'air	Groupe	1	3000	3000
-Générateur 200 KVA	Groupe	1	40000	40000
-Poste de transformation	Forfait	-	16000	16000
-Equipements hydrauliques	Forfait	-	80000	80000
-Equipements électriques	Forfait	-	25000	25000
			TOTAL	270000
ENERGIE ET ENTRETIEN SUR 5 ANS				
-Energie électrique sur 5 ans	KW.h	1750000	0.15	262500
-Remplacement des moto-pompes dans 5 ans.	Frais	1	26000	26000
			TOTAL	288500

C.3-Zone HALAT-EL FIDAR

La superficie totale de cette zone est de 61 ha et les besoins de l'an 2015 sont évalués à :

$$\frac{61 \text{ ha} \times 6.35 \text{ mm/j} \times 0.2}{8.64} = 9 \text{ l/s}$$

Ce débit sera utilisé pour dimensionner le réseau. Le calcul de la capacité de la station de pompage se fera en fonction des besoins de l'an 2005.

$$\frac{9 \text{ l/s} \times 0.15}{0.2} = 7 \text{ l/s}$$

Deux réservoirs seront implantés pour limiter les pressions de service, l'un à la cote 165 m l'autre à la cote 230 m.

- Capacité des réservoirs

La courbe de niveau 175 m divise la zone en deux parties de superficie sensiblement égales, donc le débit de 9 l/s sera réparti équitablement sur les deux réservoirs.

Un réservoir de 150 m³ assurera une réserve de 9 h environ.

- Conduites de refoulement

Le premier tronçon de la ligne de refoulement reliant la station de pompage au réservoir de la cote 165 m, sera constitué par des conduites en acier galvanisé de diamètre 100 mm. Sa longueur est de 450 m environ et la perte de charge totale qu'il crée est de 8 m environ.

Le deuxième tronçon, a une longueur de 300 m environ. Il sera constitué par des conduites en acier galvanisé de 75 mm de diamètre. La perte de charge totale sur ce tronçon est de 6 m environ.

Le tracé de la conduite et l'emplacement des réservoirs sont indiqués sur le plan N°C.V.P.

- Conduites tertiaires

- Densité moyenne 50 m/ha

- Longueur totale : 50 x 61 = 3050 m

- Diamètre moyen : 50 mm de conduites en acier galvanisé

- Station de pompage :

La prise de la station de pompage sera sur l'élément secondaire à écoulement libre d'AMCHIT au piquet 199-200

Le débit de dimensionnement des pompes est 7 l/s

La hauteur manométrique de refoulement est de 190 m.

La puissance requise est de : 20 KW soit 28 C.V.

Nous adopterons deux pompes de 20 KW dont l'une sera gardée comme pompe de secours.

Un groupe électrogène de 50 KVA assurera l'alimentation de secours en courant électrique.

La protection contre les coups de bélier sera assurée par une soupape de décharge.

Le devis de la construction et de l'équipement de cette station sera de :

DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE U.S.\$	PRIX TOTAL U.S.\$
<u>Réseau :</u>				
-Réservoir : 150 m3	Unité	2	15000	30000
-Conduite acier galvanisé 100 mm	m1	450	19	8550
-Conduite acier galvanisé 75 mm	m1	300	13	3900
-Réseau tertiaire, conduites 50 mm acier galvanisé.	m1	3050	8	24400
			TOTAL	66850
<u>Station de pompage :</u>				
-Expropriation	m2	200	100	20000
-Bâtiment	m2	50	300	15000
-Moto pompe	Groupe	2	4000	8000
-Générateur 50 KVA	Groupe	1	12000	12000
-Equipements hydrauliques	Forfait	-	20000	20000
-Equipements électriques	Forfait	-	8000	8000
			TOTAL	83000
ENERGIE ET ENTRETIEN SUR 5 ANS				
-Energie électrique sur 5 ans	KW.h	450000	0.15	67500
-Remplacement des moto-pompes dans 5 ans.	Frais	1	8000	8000
			TOTAL	75500

II.1.4- Récapitulation - Conclusion

La récapitulation de toutes les solutions envisagées pour les réseaux secondaires et tertiaires figure dans le tableau ci-dessous.

	NAHR IBRAHIM TABARJA		NAHR IBRAHIM AMCHIT		NORD DE AMCHIT	
SUPERFICIE en ha	250		600		380	
Débit en l/s	37		88		56	
CANAL A CIEL OUVERT	Dimensionnement -S = 50x35 cm ² -L = 6000 m -h = 25 cm -LT = 14400 m	station de pompage OUI P = 80 KW	Dimensionnement NON RENTABLE tête morte très longue	station de pompage	Dimensionnement -S = 55x50 cm ² -L = 6000 m -h = 31 cm -LT = 22000 m	station de pompage OUI P = 50 KW
Coût partiel U.S.\$	1139600	250000			1540000	178000
Coût total U.S.\$	1.389.600				1.718.000	
CONDUITE A ECOULEMENT LIBRE	-D = 400 mm -L = 6000 m -h = 25 cm -LT = 14400 m	OUI P = 80 KW	NON RENTABLE tête morte très longue		-D = 450 mm -L = 6000 m -h = 31 cm -LT = 22000 m	OUI P = 50 KW
Coût partiel U.S.\$	1481600	250000			1750000	178000
Coût total U.S.\$	1.731.600				1.928.000	
CONDUITE EN CHARGE	-D = 250 mm -L = 6000 m -LT = 12500 m	OUI P = 80 KW	NON RENTABLE tête morte très longue		-D = 300 mm -L = 6000 m -LT = 19000 m	OUI P = 50 KW
Coût partiel U.S.\$	765500	250000			901000	178000
Coût total U.S.\$	1.015.500 \$				1.079.000 \$	
RESERVOIRS DE DISTRIBUTION	Les réservoirs de distribu- tion ne sont pas nécessaires		V1 = 500 m ³ V2 = 1000 m ³ V3 = 600 m ³ V4 = 500 m ³ V5 = 150 m ³ V6 = 150 m ³	P1 = 100 KW P2 = 80 KW P3 = 20 KW	Les réservoirs de distribu- tion ne sont pas nécessaires	
Coût partiel U.S.\$			990300	668000		
Coût total U.S.\$			1658300 \$			
Energie et entretien sur 5 ans U.S.\$	288.500		731.500		180.000	

* Alternative que nous conseillons

Les symboles utilisés dans le tableau précédent sont :

S = Section du canal secondaire
L = Longueur de l'élément secondaire
h = Hauteur d'eau mouillée
LT = Longueur du réseau tertiaire
P = Puissance de la station de pompage
D = Diamètre de la conduite secondaire
V = Capacité des réservoirs

Les solutions les plus rentables sont les suivantes :

- 1- Construire une conduite en charge de 250 mm de diamètre pour irriguer les parcelles qui seront créées dans la région de NAHR IBRAHIM - TABARJA, au-dessus du canal secondaire existant.
- 2- Utiliser le canal secondaire qui irrigue les parcelles situées au-dessous de la cote 70 m entre NAHR IBRAHIM et AMCHIT pour irriguer les zones cultivées qui seront créées dans cette zone au-dessus de la cote 70 m.
Des pompes installées en plusieurs points de ce canal refouleront l'eau vers les zones élevées.
- 3- Construire une conduite en charge de 300 mm de diamètre pour utiliser l'eau du canal secondaire de NAHR IBRAHIM AMCHIT à l'irrigation des parcelles situées au Nord de AMCHIT.

II.2- Deuxième partie - Irrigation des zones cultivées et cultivables

II.2.1- Calcul des besoins

Le système de micro-irrigation a été adopté pour l'irrigation des nouvelles zones situées au-dessus des canaux secondaires actuels (2 zones) et au-delà de la région d'AMCHIT (1 Zone). Les besoins en eau, calculés en fonction de cette nouvelle méthode, ont été déterminés pour chacune de ces 3 zones d'extension.

Cependant les débits requis pour ces zones sont variables dans le temps étant donné que les nouvelles superficies irriguées auront également tendance à regresser face au développement de l'urbanisation.

En d'autres termes, si on suppose que le réseau existant sera modernisé, en l'an 1995, c'est à dire que le gaspillage va diminuer fortement, les besoins requis vont diminuer en tête de ce réseau, mais aussi, ces mêmes besoins vont également diminuer entre 1995 et 2015 en raison l'expansion attendue de l'urbanisation. Il y aura donc une économie d'eau qu'on a tenté d'évaluer en supposant que :

- a) la micro-irrigation serait adoptée
- b) l'irrigation traditionnelle serait conservée mais en réduisant le gaspillage et améliorant la gestion.

Ces valeurs obtenues de ces économies figurent dans les tableaux ci-dessous et ont été comparées aux besoins des 3 nouvelles zones d'extension.

Débits économisés échelonnés par tranches de 5 ans jusqu'à l'an 2015

ZONE	BESOINS EN 1990 DEBIT (l/s)	MICRO-IRRIGATION-DEBITS ECONOMISES EN L/S				
		1990	2000	2005	2010	2015
Littoral KESROUANE Zones actuellement irriguées	115	0	23	35	47	57
Littoral JBEIL Zones actuellement irriguées	240	0	42	63	84	104
TOTAL	355	0	65	98	131	161

ZONE		IRRIGATION TRADITIONNELLE DEBITS ECONOMISES EN l/s				
		1990	2000	2005	2010	2015
Littoral KESROUANE Zones actuellement irriguées	165	0	33	50	67	81
Littoral JBAIL Zones actuellement irriguées	335	0	58	88	117	145
TOTAL	500	0	91	138	184	226

Besoins requis pour l'irrigation des zones d'extension échelonnés jusqu'à l'an 2015, par tranches de 5 ans

SYMBOLE	ZONE	BESOINS EN L'AN 2015 DEBIT (l/sec)	DEBITS REQUIS DES ZONES D'EXTENSION EN l/sec				
			1990	2000	2005	2010	2015
A	NAHR IBRAHIM TABARJA Zones d'extension	37	0	26	28	37	37
	NAHR IBRAHIM AMCHIT Zones d'extension	88	0	62	66	88	88
B	Nord d'AMCHIT Zones d'extension	56	0	40	42	56	56
C	TOTAL	181	0	128	136	181	181

Les valeurs mentionnées dans ces tableaux ont été obtenues en utilisant les tableaux figurant dans le paragraphe II.1.

a) Calcul du débit économisé - Exemple

. An 2000 - Littoral KESROUANE (zone actuellement irriguée).

Débit requis = $\frac{\text{Densité cultivée en l'an 2000} \times \text{Débit requis en 1990}}{\text{Densité cultivée en 1990}}$

$$= \frac{0.366 \times 115}{0.459} = 91.7 \text{ soit } 92 \text{ l/sec}$$

Débit économisé : $115 - 92 = 23 \text{ l/sec}$

b) Calcul du débit requis pour les zones d'extension - Exemple

. An 2000 - Zone littoral KESROUANE (NAHR IBRAHIM - TABARJA)

Q = $\frac{\text{Densité des terres irriguées pour l'an 2000} \times \text{besoins en 2015}}{\text{Densité des terres irriguées pour l'an 2015}}$

$$Q = \frac{0.14 \times 42}{0.2} = 25.9 \text{ soit } 26 \text{ l/sec}$$

La comparaison des résultats obtenus, montre que les débits économisés dans l'irrigation du périmètre actuel pourront combler les besoins d'extension à partir de l'an 2005. En l'an 2000, le déficit sera soit de 63 l/sec, soit de 37 l/sec dépendant du type d'irrigation adopté.

ANNEES		1990	2000	2005	2010	2015
Débits économisés par une micro-irrigation du périmètre actuel		0	65	98	131	161
Débits économisés par une irrigation traditionnelle du périmètre actuel		0	91	138	184	226
Besoins des zones d'extension	A	0	88	94	125	125
	B	0	40	42	56	56
	Total	0	128	136	181	181

En utilisant les résultats figurant dans les trois tableaux mentionnés ci-dessus nous avons calculé les débits maximums que doivent véhiculer les adducteurs primaires et secondaires du réseau pour le cas d'une micro-irrigation dans une première étape, et pour le cas d'une irrigation traditionnelle dans une deuxième étape.

Rappelons que l'adducteur principal du réseau devra acheminer dans tous les cas un débit supplémentaire constant de 115 l/sec pour couvrir les besoins d'eau potable de la ville de JBEIL.

Débits véhiculés par les éléments du réseau en l/s													
Micro-irrigation													
	1990	2000			2005			2010			2015		
	Avant extension	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Elément principal	470	493	445	533	466	414	508	464	395	520	434	365	490
Elément secondaire de TABARJA	115	118	92	118	108	80	108	105	68	105	95	58	95
Elément secondaire d'AMCHIT	240	260	238	300	243	219	285	244	212	300	224	192	280
Irrigation traditionnelle													
Elément principal	615	612	564	652	571	519	613	556	487	612	514	445	570
Elément secondaire de TABARJA	165	158	132	158	143	115	143	135	98	135	121	84	121
Elément secondaire d'AMCHIT	335	339	317	379	313	289	355	306	274	362	278	246	334

A : L'extension entre NAHR IBRAHIM et AMCHIT est prise seule en compte avec l'extension entre NAHR IBRAHIM et TABARJA.

B : L'extension au Nord d'AMCHIT est prise seule en compte.

C : Toutes les extensions sont prises en compte = A + B

Pour chacune des variantes A, B et C du tableau précédent nous avons sélectionné pour le dimensionnement des éléments du réseau, les valeurs maximales des besoins calculées entre les années 1990 et 2015.

Nous obtenons les débits suivants :

	Micro-irrigation			Irrigation traditionnelle		
	Débit max. en l/s			Débit max. en l/s		
	A	B	C	A	B	C
Elément principal	493	470 *	533	615 *	615 *	652
Elément secondaire de TABARJA	118	115 *	118	165 *	165 *	165 *
Elément secondaire d'AMCHIT	260	240 *	300	339	335 *	379

* Le débit maximal correspond au débit de l'élément sans les extensions, nous avons donc sélectionné ce dernier. En d'autres termes l'ouvrage approprié à ce débit, conservera les mêmes dimensions déjà calculées.

II.2.2- Dimensionnement

Le but est de dimensionner à présent les adducteurs primaire et secondaires du périmètre actuel tenant compte des débits requis pour les zones d'extension. Le dimensionnement du réseau irriguant ces dernières a été envisagé dans le paragraphe II.1.3.

Plusieurs cas ont été envisagés :

- 1° cas : Dimensionnement des éléments primaire et secondaires du réseau du périmètre actuel tenant compte des débits requis pour les extensions et d'une irrigation par goutteur.
CAS RELATIF A L'IMPLANTATION D'UNE STATION DE POMPAGE.
- 2° cas : Dimensionnement des éléments primaire et secondaires du réseau du périmètre actuel, tenant compte des débits requis pour les extensions et d'une irrigation par goutteur.
CAS RELATIF A LA POSE DE DEUX CONDUITES PRINCIPALES SEPARÉES.
- 3° cas : Dimensionnement des éléments primaire et secondaires du réseau du périmètre actuel tenant compte des débits requis pour les extensions et d'une irrigation traditionnelle dans l'ensemble du périmètre.

Les résultats de ces dimensionnements figurent dans les tableaux suivants :

DIMENSIONNEMENT DES ELEMENTS PRIMAIRES ET SECONDAIRES DU PERIMETRE ACTUEL
 EN FONCTION DES DEBITS REQUIS POUR LES EXTENSIONS ET UNE IRRIGATION PAR GOUTTEUR
 CAS D'IMPLANTATION D'UNE STATION DE POMPAGE IRRIGUANT LA ZONE COMPRISE ENTRE 40 ET 70 m

DESIGNATION	ELEMENT PRINCIPAL			ELEMENTS SECONDAIRES DE TABARJA			ELEMENTS SECONDAIRES D'ARCHIT					
	A	B	C	A	B	C	A	B	C			
Alternative	493	470 †	533	78	75 †	78	40	176	156 †	216		
Debit en l/s												
CANAL	S = 105 x 75 cm ² ; S = 105 x 75 cm ² ; S = 105 x 75 cm ² ; S = 55 x 50 cm ² ; S = 55 x 50 cm ² ; S = 55 x 50 cm ² ; S = 70 x 70 cm ² ; S = 70 x 70 cm ² ; S = 80 x 70 cm ² ;											
A	h = 59 cm	h = 57 cm	h = 62 cm	h = 40 cm	h = 39 cm	h = 40 cm	h = 58 cm	h = 53 cm	h = 59 cm			
CIEL	IL = 4460 m	IL = 4460 m	IL = 4460 m	IL = 8000 m	IL = 8000 m	IL = 8000 m	IL = 14800 m	IL = 14800 m	IL = 14800 m			
BUVERT	I = 1%	I = 1%	I = 1%	I = 0.4%	I = 0.4%	I = 0.4%	I = 0.4%	I = 0.4%	I = 0.4%			
Codt U.S.\$	579800	557500	579800	620000	600000	620000	1272800	1272800	1272800	1310000		
CONDUITE	D = 800 mm			D = 500 mm			D = 700 mm			D = 800 mm		
A	h = 59 cm	h = 55 cm	h = 55 cm	h = 35 cm	h = 34 cm	h = 35 cm	h = 34 cm	h = 40 cm	h = 45 cm			
ECOULEMENT	IL = 4460 m	IL = 4460 m	IL = 4460 m	IL = 8000 m	IL = 8000 m	IL = 8000 m	IL = 14800 m	IL = 14800 m	IL = 14800 m			
LIBRE	I = 1%	I = 1%	I = 1%	I = 0.4%	I = 0.4%	I = 0.4%	I = 0.4%	I = 0.4%	I = 0.4%			
Codt U.S.\$	1338000	1338000	1650000	1000000	1000000	1000000	3478000	3478000	3478000	4440000		
CONDUITE	D = 800 mm						D = 250 mm			D = 350 mm		
EN	L = 4200 m						L = 8000 m			L = 14800 m		
CHARGE	J = 1.2%						JL = 22.4 m			JL = 31.3 m		
Codt U.S.\$	4442500						360000			1036000		

N.B. : Il faut jouter à chaque combinaison, le coût de la station de pompage qui est de 316000 U.S.\$ sachant que les frais d'énergie et d'entretien pour 5 ans de fonctionnement sont de 500000 U.S.\$

† Dimensionnement avant les extensions

DIMENSIONNEMENT DES ELEMENTS PRIMAIRES ET SECONDAIRES DU PERIMETRE ACTUEL
EN FONCTION DES DEBITS REQUIS POUR LES EXTENSIONS ET UNE IRRIGATION PAR GOUTTEUR
CAS D'UNE CONDUITE PRINCIPALE SEPARÉE IRRIGUANT LA ZONE COMPRISE ENTRE 40 ET 70 m

DESIGNATION	ELEMENT PRINCIPAL			ELEMENTS SECONDAIRES DE TABARJA			ELEMENTS SECONDAIRES D'ARCHIT			
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	
Alternative										
Débit en l/s	369	346 †	409	78	75 †	78	176	156 †	216	
CANAL	S = 105 x 60 cm ² ; S = 105 x 65 cm ² ; S = 105 x 50 cm ² ; S = 55 x 50 cm ² ; S = 70 x 70 cm ² ; S = 80 x 70 cm ²	h = 47 cm ; h = 45 cm ; h = 51 cm ; h = 40 cm ; h = 39 cm ; h = 40 cm ; h = 58 cm ; h = 53 cm ; h = 59 cm	IL = 4460 m ; IL = 4460 m ; IL = 4460 m ; IL = 8000 m ; IL = 8000 m ; IL = 8000 m ; IL = 14800 m ; IL = 14800 m ; IL = 14800 m	I = 1% ; I = 1% ; I = 1% ; I = 0.4%						
CIEL										
OUVERT										
Coût U.S.\$	512900	512900	531000	620000	600000	620000	1272800	1272800	1310000	
CONDUITE	D = 800 mm ; h = 46 cm ; IL = 4460 m ; I = 1%	D = 700 mm ; h = 53 cm ; IL = 4460 m ; I = 1%	D = 800 mm ; h = 50 cm ; IL = 4460 m ; I = 1%	D = 500 mm ; h = 35 cm ; IL = 8000 m ; I = 0.4%	D = 500 mm ; h = 34 cm ; IL = 8000 m ; I = 0.4%	D = 500 mm ; h = 35 cm ; IL = 8000 m ; I = 0.4%	D = 700 mm ; h = 44 cm ; IL = 14800 m ; I = 0.4%	D = 700 mm ; h = 40 cm ; IL = 14800 m ; I = 0.4%	D = 800 mm ; h = 45 cm ; IL = 14800 m ; I = 0.4%	
ECOULEMENT										
LIBRE										
Coût U.S.\$	1338000	1048100	1338000	1000000	1000000	1000000	3478000	3478000	4440000	
CONDUITE	D = 700 mm ; L = 4200 m ; J = 1.2% ; (Y compris la route 3182500 U.S.\$)									
EN										
CHARGE										
Coût U.S.\$		4169500		360000					1036000	

N.B : Il faut joindre à chaque combinaison, le coût de la conduite principale séparée de 400 mm qui est de 899000 U.S.\$ sachant qu'une quantité d'eau de 124 l/s ne sera pas turbinée à l'usine de la cote 80 m.

DIMENSIONNEMENT DES ELEMENTS PRIMAIRES ET SECONDAIRES DU PERIMETRE ACTUEL
EN FONCTION DES DEBITS REQUIS POUR LES EXTENSIONS ET UNE IRRIGATION TRADITIONNELLE
CAS D'IMPLANTATION D'UNE STATION DE POMPAGE IRRIGUANT LA ZONE COMPRISE ENTRE 40 ET 70 m

	ELEMENT PRINCIPAL			ELEMENTS SECONDAIRES DE TABARJA			ELEMENTS SECONDAIRES D'ARCHIT		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Alternative									
Debit en l/s	615	615	652	165	165	165	339	335	379
CANAL	S = 105 x 85 cm ² ; S = 105 x 90 cm ²			S = 70 x 70 cm ²			S = 100 x 80 cm ² ; S = 100 x 85 cm ²		
A	h = 69 cm	h = 69 cm	h = 73 cm		h = 55 cm		h = 66 cm	h = 65 cm	h = 72 cm
CIEL	L = 4460 m	L = 4460 m	L = 4460 m	L = 8000 m	L = 8000 m	L = 8000 m	L = 14800 m	L = 14800 m	L = 14800 m
OUVERT	I = 1%	I = 1%	I = 1%	I = 0.4%	I = 0.4%	I = 0.4%	I = 0.4%	I = 0.4%	I = 0.4%
Coût U.S.\$	611020	611020	633000		688000		1687200	1687200	1746000
CONDUITE	D = 900 mm	D = 900 mm	D = 900 mm	D = 700 mm	D = 700 mm	D = 900 mm	D = 900 mm	D = 900 mm	D = 900 mm
A	h = 63 cm	h = 63 cm	h = 66 cm	h = 44 cm	h = 44 cm	h = 58 cm	h = 57 cm	h = 64 cm	h = 64 cm
ECOULEMENT	L = 4460 m	L = 4460 m	L = 4460 m	L = 8000 m	L = 8000 m	L = 14800 m	L = 14800 m	L = 14800 m	L = 14800 m
LIBRE	I = 1%	I = 1%	I = 1%	I = 0.4%	I = 0.4%	I = 0.4%	I = 0.4%	I = 0.4%	I = 0.4%
Coût U.S.\$	1650200	1650200	1650200	1880000	1880000	5476000	5476000	5476000	5476000
CONDUITE EN CHARGE	D = 900 mm L = 4200 m J = 1.2%								
	(Y compris la route 3182500 U.S.\$)								
Coût U.S.\$	4736500								

CHAPITRE 3

CONCLUSION

Nous avons envisagé dans ce volume III du rapport final pour le périmètre actuellement irrigué dont la superficie est de 485 ha, deux principaux systèmes d'irrigation. Le premier, est celui d'une irrigation moderne basée sur l'utilisation de goutteurs. Le second est celui d'une irrigation traditionnelle sur l'ensemble du périmètre par un réseau de canaux dont les organes tertiaires ont été remplacés par des conduites. Tenant compte de la localisation des parcelles par rapport aux tracés topographiques des canaux secondaires, 65% des parcelles pourraient être irriguées par les méthodes modernes et 35% seulement par les méthodes traditionnelles (inondation, ruissellement, etc...)

Or, à présent 80% de la superficie du périmètre actuel, est irriguée par les méthodes traditionnelles et la consommation d'eau par hectare est très élevée (rendement du réseau égal à 0.35). La réduction du gaspillage ne peut se faire évidemment qu'en modernisant l'irrigation. Mais le réseau actuel étant formé uniquement de canaux à ciel ouvert, sa transformation brusque en un réseau moderne n'est pas conseillée pour le moment étant donné qu'elle induira des perturbations dans la production, parce que l'agriculteur ne pourra se débarrasser rapidement de ses habitudes traditionnelles ni investir dans un projet dont les bénéfices lui sont inconnus. Il faudra par conséquent, au préalable, vulgariser l'application des techniques modernes d'irrigation en la réalisant au départ sur quelques parcelles bien sélectionnées et en accordant à l'agriculteur une ou deux années d'observation pour qu'il se rende compte des bienfaits de ces nouvelles méthodes et surtout de l'amélioration de la production du point de vue qualité et quantité. Pour toutes ces raisons, le dimensionnement que nous avons adopté pour les éléments du réseau, a donc été celui d'une irrigation traditionnelle, conservant le tour d'arrosage. Cela signifie que les besoins ont été évalués à 500 l/sec en 1991. Mais, le remplacement des canaux tertiaires par des conduites, réduira en premier lieu le gaspillage, les vols etc..., améliorera le rendement global de l'irrigation et finalement permettra un passage progressif de la technique traditionnelle à la technique moderne. En d'autres termes, les parcelles du périmètre, situées entre le littoral et la cote 40 pourront être irriguées par les méthodes modernes en raison de la mise en charge du réseau tertiaire; par contre, les parcelles situées entre les cotes 40 m et 70 m ne pourront être irriguées que par la méthode traditionnelle à moins que, les agriculteurs ne décident d'adopter immédiatement la nouvelle technique, ce qui les obligera à équiper leur réseau de surpres-

Néanmoins, il serait étonnant de voir des agriculteurs adopter la nouvelle méthode d'irrigation étant donné qu'ils profitent d'un surplus d'eau, bien supérieur à leurs besoins. La solution du problème devrait donc être envisagée autrement. Il faudrait faire comprendre aux agriculteurs que les besoins en eau domestiques et industriels ne sont plus comblés et qu'un certain prélèvement d'eau devra se faire obligatoirement sur les volumes affectés à l'irrigation.

De plus, il faudrait convaincre l'agriculteur que la qualité et la quantité de sa production agricole seront améliorées en adoptant les nouvelles techniques. C'est donc au départ un problème d'éducation de masse plutôt que technique.

Dans cette optique, nous avons donc dimensionné le réseau d'irrigation après avoir évalué les besoins et établi le devis estimatif de la fourniture et de la pose des équipements requis et de la construction des ouvrages concernés.

Parallèlement, nous avons repéré les zones cultivables, établi leurs limites et étudié le moyen de les irriguer puisque nous avons constaté l'existence d'un surplus de 500 l/sec dans les ressources en eau disponibles. Le mode d'irrigation que nous avons sélectionné, pour ces zones cultivables et irrigables situées au-dessus des canaux actuels existants étant celui de la micro-irrigation, nous avons donc évalué leurs besoins en eau à 181 l/sec en 2015, dimensionné les réseaux concernés et établi le devis estimatif de leur équipement.

Les choix mentionnés ci-dessus ont été décidés selon des critères technico-économiques mais aussi sociaux.

Il faut cependant noter que :

- 1- les besoins du périmètre irrigué actuellement diminueront avec le temps en raison du développement de l'urbanisation.
- 2- la demande en eau des nouvelles zones cultivables est également évolutive mais croissante.

Par conséquent, il y aura à un certain moment une certaine compensation entre la demande en eau des zones cultivables et le surplus d'eau obtenu de l'irrigation du périmètre existant, ou du moins de ce qu'il en restera.

La prise en compte donc des besoins en eau de toutes les zones (cultivées et cultivables) conduit à l'obtention d'un débit total de 537 l/sec auquel il faudra ajouter un débit de 115 l/sec représentant les besoins en eau potable de la ville de JBEIL, tels que prévus dans une étude du C.D.R. On remarque donc que l'irrigation des zones cultivables requiert une augmentation des besoins de 7% environ d'où, leur influence sur le dimensionnement du réseau reste minime.

Pour toutes ces raisons nous avons donc opté pour la variante qui prévoit la mise en place d'un nouveau réseau irrigant le périmètre actuel et les zones cultivables, simultanément, et dont les tronçons seront définitivement exécutés en 1995.

La solution définitive que nous avons donc retenue consiste à : (Voir Fig.26 et plan N°C.V.A au 1/20.000)

- 1) Poser une conduite d'adduction gravitaire primaire dans la chaussée d'une route qui sera tracée et construite le long de la rivière de NAHR IBRAHIM.
- 2) Poser une conduite d'adduction gravitaire secondaire, prenant son départ de la conduite primaire, transportant une partie du volume véhiculé vers le canal à ciel ouvert qui irriguera toutes les parcelles situées entre NAHR IBRAHIM et AMCHIT.
- 3) Poser une conduite d'adduction gravitaire secondaire, prenant son départ également de la conduite primaire, et transportant une partie du volume véhiculé vers le canal à ciel ouvert qui irriguera toutes les parcelles situées entre NAHR IBRAHIM et TABARJA.
- 4) Construire et équiper une station de pompage pour refouler le restant de l'eau véhiculant dans la conduite primaire, vers une conduite sous pression dont le tracé sera parallèle à celui du canal de TABARJA sus-mentionné mais situé à une cote supérieure, de façon à irriguer les parcelles cultivables situées au-dessus du canal secondaire de TABARJA.
- 5) Construire la conduite de TABARJA sus-mentionnée
- 6) Installer sur le canal secondaire d'AMCHIT des pompes, refoulant une partie du débit véhiculé dans des conduites menant à des réservoirs, à partir desquels l'eau sera utilisée à irriguer les nouvelles zones cultivables situées au-dessus du canal gravitaire.
- 7) Refouler par pompage le restant de l'eau qui coule dans l'extrémité aval du canal secondaire d'AMCHIT dans une conduite qui irriguera les terres cultivables situées entre AMCHIT et EL MASLOUKH.

III.1- Dimensionnement des organes du réseau du périmètre actuellement irrigué

III.1.1- Élément adducteur principal - Conduite gravitaire

Le débit total qu'est supposée transporter la conduite primaire est de 652 l/sec. Il est inclus dans ce débit, les besoins en eau pour l'irrigation du périmètre actuel, ceux des nouvelles zones cultivables ainsi que les besoins en eau domestiques de la ville de JBAIL.

Economiquement parlant, il aurait été plus rentable d'opter pour la construction d'un canal à ciel ouvert ayant le même tracé que celui qui existe actuellement et pouvant être logé dans ce dernier.

Mais le tracé de ce canal traverse des zones très instables sujettes à de fréquents glissements et éboulements nécessitant très fréquemment la reconstruction des tronçons emportés par les glissements. En d'autres endroits, le canal est sujet à des obstructions totales ou partielles causées par des chutes de pierres et de terre des parois rocheuses qui le surplombent. Finalement, les opérations de maintenance et ou de réparations de ce canal sont très difficiles à réaliser en raison de la configuration topographique du terrain qui rend l'accès au canal presque impossible, même à dos d'âne.

Comme le Ministre des Travaux publics envisage l'élargissement de la route actuelle et des modifications sur son tracé, nous avons profité de cette initiative pour opter pour la solution de conduite qui sera donc posée le long de la route envisagée. La construction d'une conduite au lieu d'un canal, permettra d'envisager plus tard une modernisation globale de l'irrigation du périmètre actuel. Cette même route pourra également contenir une deuxième conduite servant à acheminer les 350 l/sec restants, aux zones urbaines du littoral de KESROUANE, dans le but de combler ses besoins en eau domestique. Néanmoins cette solution requiert la construction d'une station de filtration et ne rentre pas dans le cadre de ce projet. La solution de conduite a également l'avantage de réduire les vols et les gaspillages et de mieux contrôler la gestion de la distribution de l'eau.

Cette conduite prendra donc son départ à la cote 80 m au niveau de l'ouvrage de prise et acheminera l'eau à l'aval, à la cote 17 m, où elle alimentera deux autres conduites qui conduiront l'eau véhiculée respectivement au canal de TABARJA et à celui d'AMCHIT. La longueur de cette conduite sera de 4200 m et son profil réduit est le même que celui donné dans la figure N°8. Elle devra véhiculer un débit total de 652 l/sec cela dans le cas où les 115 l/sec de la ville de JBAIL seront prélevés en tête du canal secondaire d'AMCHIT. Le diamètre nominal de cette conduite sera de 900 mm.

N.B : En optant pour une conduite séparée véhiculant un débit de 115 l/sec vers la ville de JBAIL, le diamètre de la conduite d'irrigation sera réduit à 800 mm puisque le débit qui y véhiculera sera de: $652 - 115 = 537$ l/sec

Le devis estimatif de la pose de la conduite de 900 mm est de : 1.554.000 U.S.\$ et celui de la construction de la route est de: 3.182.500 US\$

III.1.2- Élément secondaire de TABARJA

L'élément secondaire de TABARJA qui irriguera la zone située au Sud de NAHR IBRAHIM sera un canal à ciel ouvert, de 8 km de longueur environ, ayant une section de 70×70 cm², une capacité de 165 l/sec et une hauteur mouillée de 55 cm. Il sera logé dans le canal actuel de TABARJA (supérieur) sur une longueur de 5500 m.

Ce canal prendra son départ à la cote 73 m et irriguera par des conduites tertiaires toutes les parcelles situées en-dessous, jusqu'au littoral.
Le devis estimatif de la construction de ce canal est de : 688.000 U.S.\$.

III.1.3- Élément secondaire de AMCHIT

L'élément secondaire d'AMCHIT qui irriguera la zone située au Nord de NAHR IBRAHIM sera un canal à ciel ouvert, de 14800 m de longueur environ, ayant une section de 100×85 cm², une capacité de 379 l/sec et une hauteur mouillée de 72 cm. Il sera logé dans le canal actuel d'AMCHIT, sur une longueur de 8700 m. Ce canal prendra son départ à la cote 73 m et irriguera par des conduites tertiaires toutes les parcelles situées en-dessous, jusqu'au littoral.
Le devis estimatif de la construction de ce canal est de : 1.746.000 U.S.\$.

III.1.4- Conduites secondaires connectant la conduite primaire aux canaux secondaires de TABARJA et AMCHIT

L'écoulement dans ces deux conduites est en charge. Elles seront en amiante-ciment et prendront leur départ de la conduite primaire à la cote 17 m.
La première conduira l'eau au canal de TABARJA et sera connectée à ce dernier, à la cote 73 m. Elle aura une longueur de 650 m et un diamètre de 700 mm.

La seconde conduira l'eau au canal d'AMCHIT et sera connectée à ce dernier à la cote 73 m et aura une longueur de 250 m et un diamètre de 900 mm.

III.1.5- Réseau tertiaire

Bien que l'alternative de l'utilisation de canaux tertiaires pour conduire l'eau aux parcelles soit la plus économique (880.000 U.S.\$), étant donné qu'il n'y a qu'à réhabiliter que 40 km de canaux, nous avons quand même opté pour leur remplacement entièrement par des conduites de 100 mm de diamètre en acier galvanisé.

La longueur des conduites sera donc de 100 Km environ et le devis estimatif de leur pose est de : 1.900.000 U.S.\$.

Les avantages de l'utilisation de conduites au lieu de canaux sont nombreux :

- Réduction importante des pertes
- Amélioration du rendement du réseau
- Modernisation de l'irrigation sur 65% environ du périmètre actuellement irrigué.
- Amélioration de la gestion etc....

Les détails de branchement de ces conduites tertiaires aux canaux secondaires de TABARJA, et AMCHIT sont donnés dans la figure ci-jointe (Fig.27). A l'aval, dans la zone située entre 0 et 40 m, ces conduites seront connectées à des bornes de distribution à partir desquelles l'eau coulera sous pression dans les réseaux d'irrigation d'un certain lot de parcelles dans le cas d'une micro-irrigation.

III.1.6- Mode de distribution

Nous avons vu précédemment que le dimensionnement que nous avons adopté pour les éléments du réseau a été celui d'une irrigation traditionnelle, conservant le tour d'arrosage. Cela signifie que les besoins totaux requis en tête du réseau ont été évalués à 500 l/s pour l'an 1991 avec un rendement de 0.7 ce qui correspond à un pourcentage de pertes de 30%. Les besoins se divisent en :

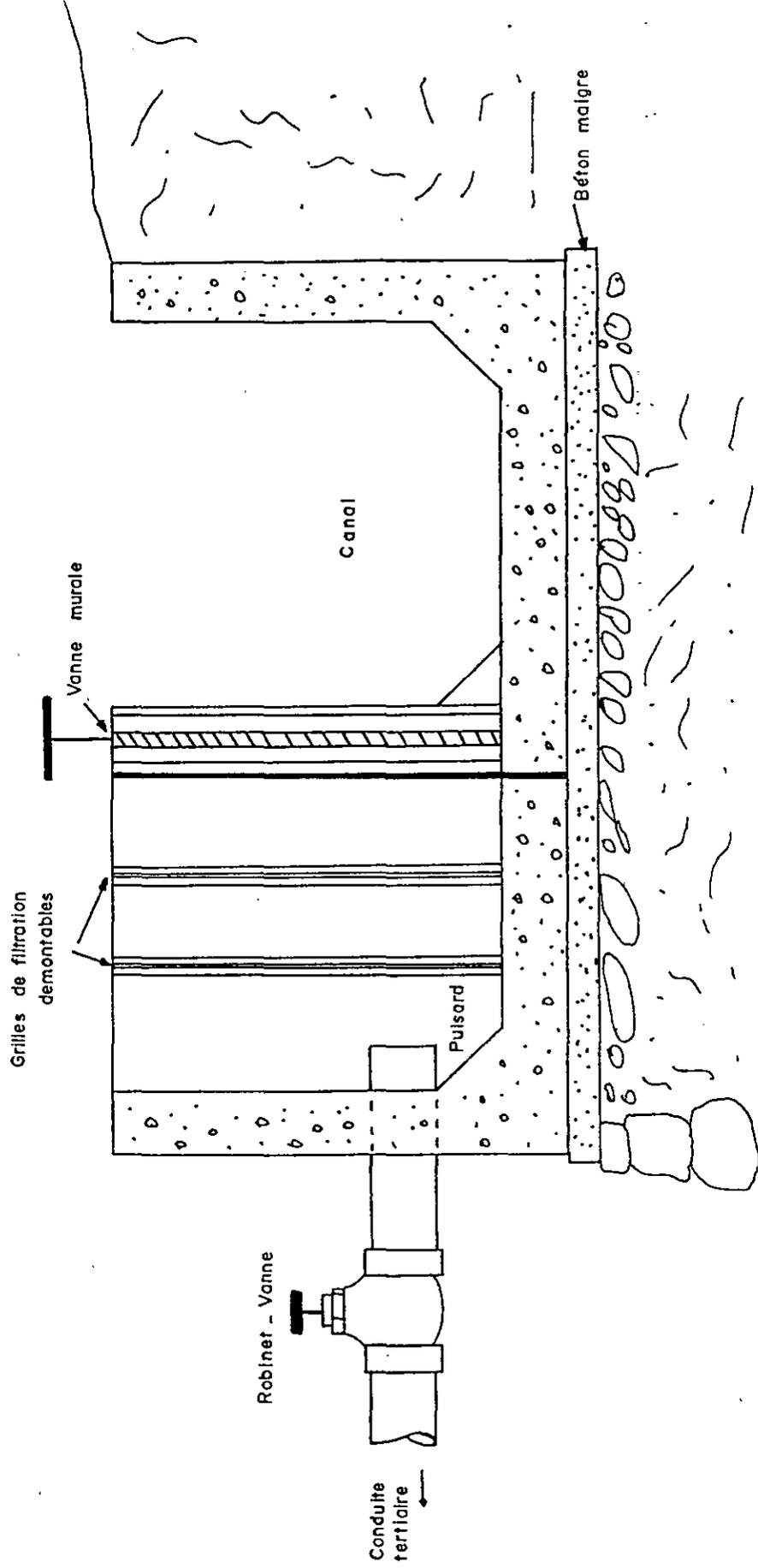
- 165 l/s pour la région entre NAHR IBRAHIM et TABARJA
- 335 l/s pour la région entre NAHR IBRAHIM et AMCHIT

La rotation de la distribution à appliquer entre les différentes localités du périmètre étudié est donné dans le tableau suivant :

BRANCHEMENT D'UNE CONDUITE TERTIAIRE
A UN CANAL SECONDAIRE

Ech: 1/10

Fig. 27



LOCALITE	SUPERFICIE TOTALE IRRIGUEE (ha)	DEBIT MOYEN UTILISE l/s	DUREE D'ARROSAGE (heures)	HORAIRE
AGAIBE BOUQAB ED DINE	27.9	160	26	Dimanche 08 h Lundi 10 h
BOUAR	23.8	155	23	Lundi 10 h Mardi 09 h
SAFRA	43	145	45	Mardi 09 h Jeudi 06 h
TABARJA- KFAR YASSINE- WATA-SALAM	67.5	140	74	Jeudi 06 h Dimanche 08 h
NAHR IBRAHIM	24.5	325	11	Dimanche 08 h Lundi 19 h
KALAT - FIDAR	71	310	35	Lundi 19 h Mardi 06 h
MASTITA GARTABOUN- JBEIL I	57.2	300	29	Mardi 06 h Mercredi 11 h
JBEIL II	41.8	290	22	Mercredi 11 h Jeudi 09 h
MAR YOUSSEF EDDE	52.7	280	29	Jeudi 09 h Vendredi 14 h
AMCHIT	75	275	42	Vendredi 14 h Dimanche 08 h

Le volume d'eau moyen utilisé pour les différentes localités sera de 540 m³/ha ce qui correspond à un pourcentage des pertes de $(540-430)/540 = 20\%$ (430 m³/ha étant les besoins acquis à la parcelle - Voir Volume I).

Le pourcentage des pertes dans les réseaux primaire et secondaire (10% environ) se manifeste par la diminution du débit en passant de l'amont à l'aval comme c'est indiqué dans le tableau ci-dessus.

En fonction de la régression des superficies irriguées, les débits alloués seront réduits de la même proportion et les durées d'arrosage données dans le tableau ci-dessus demeureront presque les mêmes.

Notons enfin que dans le cas où l'adducteur secondaire achemine un débit supplémentaire pour les extensions, ce débit ne participera pas à la rotation et devra toujours être acheminé indépendamment du tour des différentes localités. Des dispositifs de mesure et de réglage des débits seront alors indispensables : jaugeurs de débits, etc...

III.2- Dimensionnement des organes des réseaux des périmètres irrigables - Extensions

Les cinq périmètres irrigables sont ceux de :

- . NAHR IBRAHIM - TABARJA
- . HALAT - EL FIDAR
- . MASTITA - HAI MAR JERYOS
- . Contour du village d'AMCHIT
- . Zone au Nord du village d'AMCHIT.

Le dimensionnement du réseau de chacun de ces périmètres a été réalisé comme suit :

III.2.1- Périmètre de NAHR IBRAHIM-TABARJA

La superficie totale de ce périmètre est de 250 ha dont 50 ha seront irrigués en 2015. Le dimensionnement a été fait pour un débit de 37 l/sec correspondant aux besoins de l'an 2015.

Une conduite enterrée de 250 mm de diamètre (classe 24) en amiante-ciment, refoulera par pompage ce débit de la cote 17 m à la cote 165 mètres et aura une longueur de 6000 mètres environ. La puissance requise de la pompe sera de 80 KW.

Les parcelles seront irriguées à partir de cette conduite par des conduites tertiaires en acier galvanisé de 100 mm de diamètre, totalisant une longueur approximative de 14400 mètres.

Le devis estimatif de la pose du nouveau réseau est de 765.500 U.S.\$. Le coût de la station de pompage a été estimé à 250.000 U.S.\$.

Les frais d'énergie et d'entretien de la station sur 5 ans sont de 288.500 U.S.\$.

III.2.2- Périmètre de HALAT-EL FIDAR

La superficie totale de ce périmètre est de 61 ha dont 12 ha seront irrigués en 2015. Le dimensionnement a été fait pour un débit de 9 l/sec correspondant aux besoins de l'an 2015.

Une conduite de 100 mm de diamètre en acier galvanisé de 450 m de longueur refoulera une partie de l'eau prélevée du canal secondaire d'AMCHIT à un premier réservoir de 150 m³ de capacité qui sera implanté à la cote 165 m. Cette même ligne de refoulement dont le diamètre a été réduit à 75 mm conduira le restant du volume d'eau à un deuxième réservoir de 150 m³ de capacité implanté à la cote 230m.

La puissance requise de la pompe sera de 20 KW.

L'irrigation des parcelles se fera par conséquent en deux tranches :

Le premier lot de parcelles sera irrigué par le premier réservoir, et le second par l'autre. Le réseau tertiaire aura 3050 m de longueur environ et 50 mm de diamètre.

Le devis estimatif de la construction du réseau est de 66850 U.S.\$. Celui de la station de pompage a été estimé à 83.000 U.S.\$. Les frais d'énergie et d'entretien de la station sur une période de 5 ans, ont été estimés à 75.500 U.S.\$.

III.2.3- Périmètre de MASTITA - HAI MAR JERIOS

La superficie totale de ce périmètre est de 251 ha dont 50 ha seront irrigués en l'an 2015. Le dimensionnement a été fait pour un débit de 37 l/sec correspondant aux besoins de l'an 2015.

Une conduite en amiante-ciment (classe 40) de 800 m de longueur et de 200 mm de diamètre refoulera une partie de l'eau prélevée du canal secondaire d'AMCHIT à un premier réservoir de 500 m³ de capacité qui sera implanté à la cote 165 m. Cette même ligne de refoulement, mais dans le diamètre sera réduit à 150 mm conduira le restant du débit à un second réservoir de 600 m³ de capacité, implanté à la cote 230 m.

La puissance requise de la pompe sera de 80 KW.

L'irrigation des parcelles se fera par conséquent en deux tranches : Le premier lot de parcelles sera irrigué par le premier réservoir et le second par l'autre.

Le réseau tertiaire aura donc 12550 mètres de longueur environ et 100 mm de diamètre.

Le devis estimatif de la construction du réseau est de:410050 US\$ Celui de la station de pompage a été estimé à 270.000 U.S.\$.

Les frais d'énergie et d'entretien de la station, sur une période de 5 ans ont été estimés à 288.500 U.S.\$.

III.2.4- Périmètre de AMCHIT

La superficie totale de ce périmètre est de 288 hectares dont 58 ha seront irrigués en 2015. Le dimensionnement a été fait pour un débit de 42 l/sec correspondant aux besoins de l'an 2015.

Une conduite en amiante-ciment (classe 40) de 1500 mètres de longueur et de 200 mm de diamètre refoulera une partie de l'eau prélevée du canal secondaire d'AMCHIT à un premier réservoir de 1000 m³ de capacité qui sera implanté à la cote 165 m. Cette même ligne de refoulement, mais dont le diamètre sera réduit à 150 mm, conduira le restant du débit à un second réservoir de 500 m³ de capacité, implanté à la cote 130 et distant de 700 m du premier. la puissance requise de la pompe sera de 100 KW.

L'irrigation des parcelles se fera par conséquent en deux tranches : Le premier lot de parcelles sera irrigué par le premier réservoir et le second lot par l'autre. Le réseau tertiaire aura donc 14400 mètres de longueur environ et 100 mm de diamètre.

Le devis estimatif de la construction du réseau est de 513.400 U.S.\$. Celui de la station de pompage a été estimé à 315.000 U.S.\$. Les frais d'énergie et d'entretien de la station, sur une période de 5 ans, ont été estimés à 367.500 U.S.\$.

III.2.5- Périmètre situé au Nord d'AMCHIT

La superficie totale de ce périmètre est de 380 ha dont 76 ha seront irrigués en 2015. Le dimensionnement a été fait pour un débit de 56 l/sec correspondant aux besoins de l'an 2015.

Une conduite en amiante-ciment (classe 24) de 300 mm de diamètre et de 6000 mètres de longueur refoulera une partie de l'eau prélevée du canal secondaire d'AMCHIT pour alimenter les canaux tertiaires de distribution. La station de pompage sera implantée à la cote 30 mètres alors que l'extrémité du canal secondaire d'AMCHIT sera à la cote 64 m.

La puissance requise de pompage sera de 50 KW.

Les parcelles seront irriguées par des conduites tertiaires en acier galvanisé de 100 mm de diamètre totalisant une longueur approximative de 22 Km.

Le devis estimatif de la pose du réseau est de 901.000 U.S.\$. Celui de la station de pompage a été estimé à 178.000 U.S.\$, les frais d'énergie et d'entretien de la station, sur une période de 5 ans seront de : 180.000 U.S.\$.

III.2.6- Coût d'un hectare d'extension

D'après ce qui précède nous pouvons déduire le coût du réseau affecté à un hectare de terre irriguée sans compter les frais d'énergie et d'entretien.

Zone d'extension	Coût/ha U.S.\$
NAHR IBRAHIM - TABARJA	20300
HALATE - EL FIDAR	12500
MASTITA - HAI MAR JERIOS	13600
AMCHIT	14300
Nord d'AMCHIT	14200

On remarque que le coût d'extension pour un hectare de terre irriguée entre NAHR IBRAHIM et TABARJA, est relativement élevé par rapport aux autres zones et ceci est dû à la dispersion des terres irrigables et aux expropriations que requiert le tracé de la conduite en charge.

III.2.7- Micro-irrigation au niveau de la parcelle

Nous avons vu que le réseau tertiaire se termine par des bornes de distribution à partir desquelles l'eau coulera sous pression dans les réseaux d'irrigation des parcelles. Il s'agit maintenant de donner un aperçu rapide du schéma-type et équipements d'un réseau de Micro-irrigation (Fig.28) par lequel les zones d'extension devront être équipées.

Globalement, le réseau est constitué des différents éléments suivants :

- Point d'eau qui est la borne de distribution à partir des conduites tertiaires.
- Installation de la tête constituée de :
 - + Régulateur de pression
 - + Injecteur d'engrais ou fertiliseur
 - + Filtres à gravillons, à tamis, etc....
 - + Compteurs d'eau
 - + Vannes, manomètres, clapets de non retour, etc...

- Une conduite principale de distribution en polyéthylène ($\varnothing = 63$ à 75 mm) posée le long de la parcelle.
- Plusieurs conduites en polyéthylène ($\varnothing = 25$ à 50 mm) ou porte-rampes qui distribuent l'eau aux différentes zones de la parcelle.
- Un réseau dense de petites conduites ou rampes en polyéthylène ($\varnothing = 16$ à 20 mm) qui distribuent l'eau aux cultures.

Le coût de l'étude et de l'exécution de réseaux d'irrigation à l'intérieur des parcelles varie entre 0.4 \$/m² et 1.2 \$/m². Cette variation dépend de la superficie de la parcelle. Plus cette superficie est grande et plus le coût est faible. Une étude détaillée suivie de la pose et mise en service d'un réseau d'irrigation goutte à goutte pour une surface de 1.5 ha dans le centre de multiplication de l'olivier à KFARCHAKHNA ont été réalisées en 1990 par le Bureau Technique pour le Développement (B.T.D) pour l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (F.A.O) - Projet "LEB/86/006". Le coût total était de 12000 \$ pour 1.5 ha soit alors 0.8 \$/m². Le coût correspond à la valeur moyenne des deux limites indiquées ci-dessus.

La superficie totale de la zone d'extension pour l'an 2015 étant de 246 ha, une valeur de 0.6 \$/m² ou 6000 \$/ha sera plus adéquate à adopter pour le coût des réseaux de distribution à l'intérieur des parcelles.

Ainsi le coût total d'un hectare d'extension sera (Voir paragraphe précédent) de :

- 26000 \$/ha pour la zone de NAHR IBRAHIM - TABARJA
- 20000 \$/ha en moyenne pour les autres zones.

SCHEMA TYPE ET EQUIPEMENTS D'UN RESEAU DE MICRO - IRRIGATION

Fig. 28

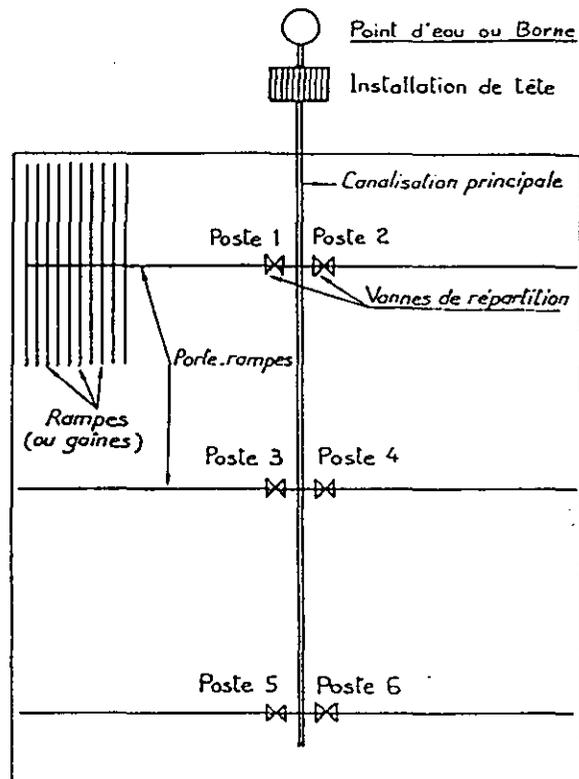
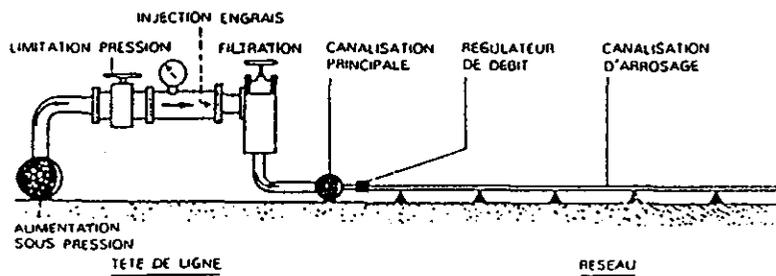
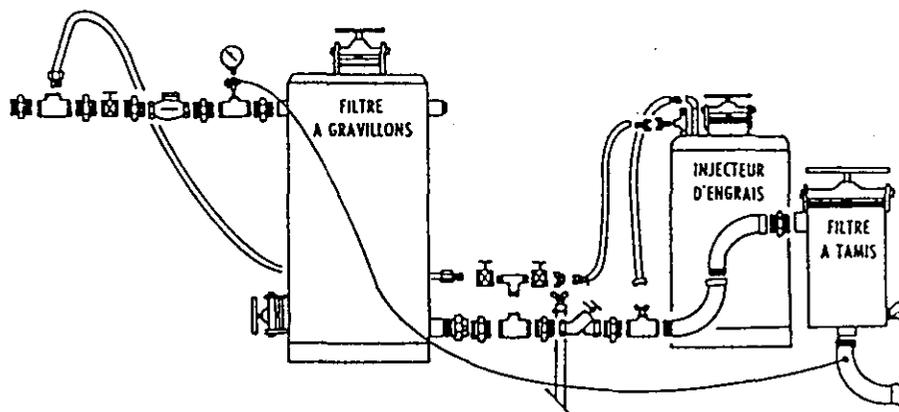


Schéma-type d'un réseau de Micro-Irrigation.



Installation de tête d'un réseau de Micro-Irrigation.



Double filtrage et injection d'engrais d'une installation de tête.

III.2.8-Coût total

Le coût estimatif des travaux et des équipements requis pour l'implantation de la solution retenue est le suivant :

- Exécution de la route d'accès	:3.182.500 U.S.\$
- Conduite principale de 900 mm	:1.554.000 U.S.\$
- Canal secondaire de TABARJA 70 x 70 cm ²	: 688.000 U.S.\$
- Canal secondaire d'AMCHIT 100 x 85 cm ²	:1.746.000 U.S.\$
- Réseau de conduites tertiaires pour le périmètre actuellement irrigué	:1.900.000 U.S.\$
- Extension NAHR IBRAHIM TABARJA	
. Réseau	: 765.500 U.S.\$
. Station de pompage	: 250.000 U.S.\$
- Extension HALAT-EL FIDAR	
. Réseau	: 66.850 U.S.\$
. Station de pompage	: 83.000 U.S.\$
- Extension MASTITA-HAI MAR JERIOS :	
. Réseau	: 410.050 U.S.\$
. Station de pompage	: 270.000 U.S.\$
- Extension AMCHIT	
. Réseau	: 513.400 U.S.\$
. Station de pompage	: 315.000 U.S.\$
- Extension au Nord d'AMCHIT	
. Réseau	: 901.000 U.S.\$
. Station de pompage	: <u>178.000 U.S.\$</u>
	TOTAL 12.823.300 U.S.\$
	=====

Le coût de ces travaux sans l'exécution de la route serait de : 9.640.800 U.S.\$

ANNEXE

ANNEXE

BASE DE CALCUL DES PRIX

Prix de 1 m³ de béton :

. 350 Kg ciment	: 20 \$
. 0.8 m ³ gravier	: 10 \$
. 0.4 m ³ sable	: 5 \$
. 70 kg d'acier	: 25 \$
. Main d'oeuvre	: 50 \$
. Adjuvants, eau,.....	: <u>12 \$</u>
TOTAL	122 \$

Ce prix sera multiplié par un coefficient K pour tenir compte des facteurs suivants :

- Transport des matériaux vers le chantier
- Déplacement continu du chantier
- Accès difficile aux canaux
- Nécessité de travailler la nuit
- Frais d'assurance

On prendra K = 1.5 pour les murs de soutènement

k = 2 pour les canaux secondaires et tertiaires

et k = 3 pour le canal primaire

Démolissage des canaux :

Ce prix sera ajouté forfaitairement au ml de canaux et sera estimé à 30 \$/ml, il comprend le démolissage des anciens canaux, le nivellement du terrain, et le transport des déblais

- Conduites en acier galvanisé

. 1 ml de conduite 50 mm	: 3.60 \$
. 1 ml de conduite 75 mm	: 6.05 \$
. 1 ml de conduite 100 mm	: 8.66 \$
. 1 ml de conduite 150 mm	: 13.82 \$

Les chiffres ci-dessous seront multipliés par 2.2 pour obtenir le coût du ml posé, accessoires y compris.

- Conduites en amiante-ciment :

Voilà la liste des prix de ces conduites telles que en Décembre 1991 :

Diamètre en mm	Prix du ml en U.S.\$		
	Classe 24 bars	Classe 18 bars	Classe 12 bars
1000	298.35	257.72	212.37
900	241.36	211.00	167.98
800	200.86	166.58	137.52
700	154.14	132.76	107.15
600	114.37	86.33	79.11
500	83.72	71.54	55.80
400	64.77	54.37	41.60
350	53.11	43.18	31.97
250	28.71	23.99	19.30
100	5.90	5.90	5.45

A ajouter au prix net ci-dessus les pourcentages suivants pour obtenir le coût du ml posé :

- . 30% excavation de tranchée et remblai
- . 30% main d'oeuvre pour pose + accessoires (Té, coude,...)
- . 15% transport et stockage
- . 15% imprévus
- . 30% gains et profits

Soit en total un coefficient multiplicatif de 2.2 qu'il faut attribuer au prix net du tableau ci-dessus

N.B : Dans le cas où les conduites sont logées dans des canaux déjà existants, nous allons considérer que les difficultés supplémentaires nécessitant des équipements spéciaux et des accessoires additionnels vont balancer les frais d'excavation et de remblai.

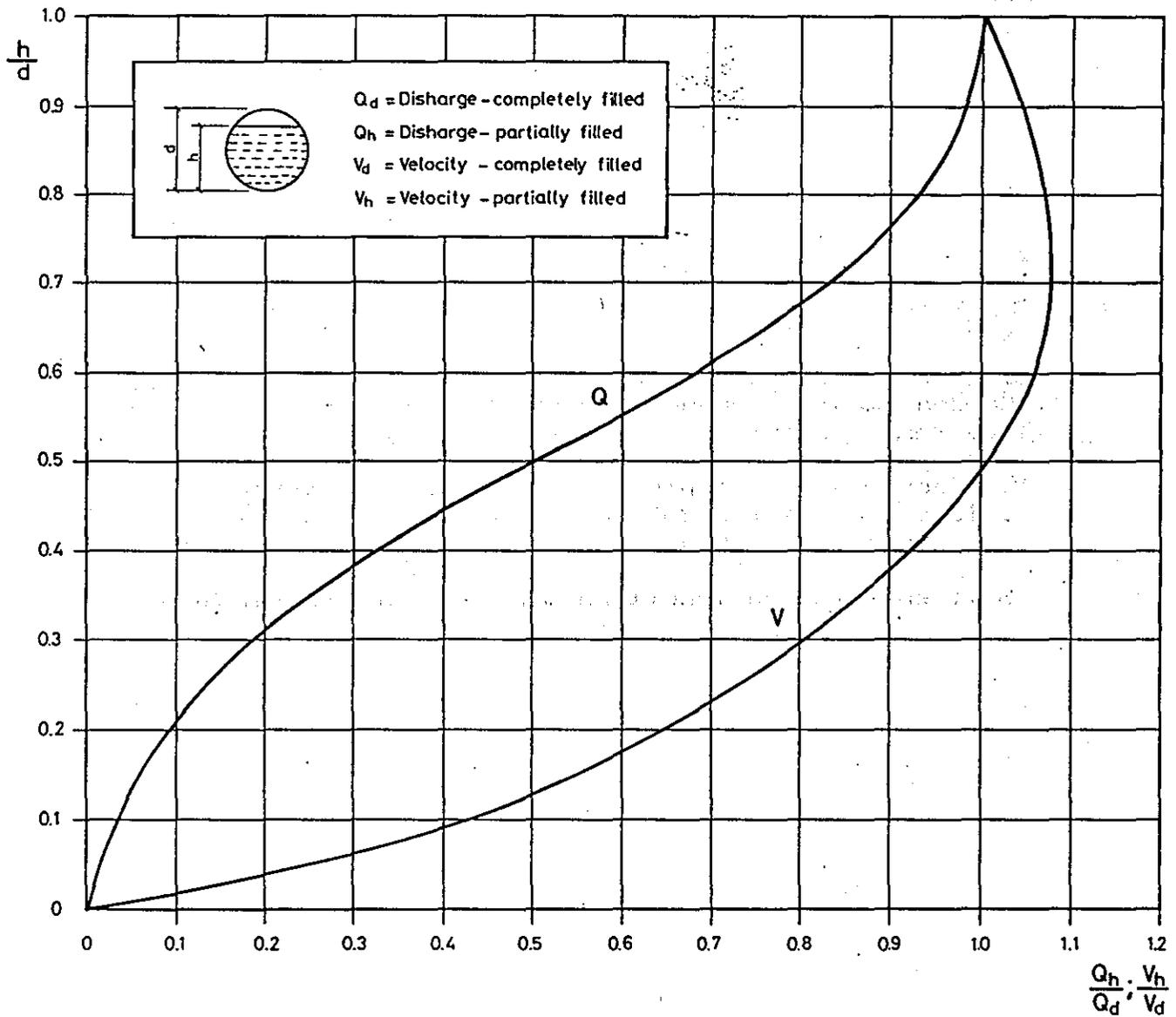
- Route :

. 1 m ³ de déblai	: 20 \$
. 1 m ³ de remblai	: 10 \$
. 1 m ² d'asphaltage	: 15 \$
. 1 m ² d'expropriation	: 100 \$ au bord de l'autoroute 50 \$ à l'intérieur des zones urbaines 20 \$ loin des zones urbaines

- Energie électrique

- . 1 KW/h d'énergie électrique : 0.15 \$
- . La consommation annuelle d'une station de pompage est calculée comme suit :
 - . fonctionnement à pleine puissance sur 4 mois
 - . fonctionnement à 25% de la puissance sur les 8 mois restants pour satisfaire aux besoins des cultures sous serres.

Soit en total un fonctionnement continu de 6 mois par an



DN	A (m ²)	U (m)	R (m)
100	0.0079	0.3142	0.0250
125	0.0123	0.3927	0.0313
150	0.0177	0.4712	0.0375
200	0.0314	0.6283	0.0500
250	0.0491	0.7854	0.0625
300	0.0707	0.9425	0.0750
350	0.0962	1.0996	0.0875
400	0.1257	1.2566	0.1000
450	0.1590	1.4137	0.1125
500	0.1963	1.5708	0.1250
600	0.2827	1.8850	0.1500
700	0.3848	2.1991	0.1750
800	0.5027	2.5133	0.2000
900	0.6362	2.8274	0.2250
1000	0.7854	3.1416	0.2500
1100	0.9503	3.4558	0.2750
1200	1.1310	3.7699	0.3000
1300	1.3273	4.0841	0.3250
1400	1.5394	4.3982	0.3500
1500	1.7671	4.7124	0.3750
1600	2.0106	5.0265	0.4000
1700	2.2698	5.3407	0.4250
1800	2.5447	5.6549	0.4500
1900	2.8353	5.9690	0.4750
2000	3.1416	6.2832	0.5000

Cross-section values

- DN: Nominal diameter in mm
- A: Area of pipe cross-section in m²
- U: Wetted perimeter in m
- R: Hydraulic radius in m

Hydraulic computation tables as per Prandtl-Colebrook formula (51)

k = 0,025 mm **Q (l/s), v (m/s), J (mWS/km)**

Q	DN 150		DN 200		DN 250		DN 300		DN 350	
	v	J	v	J	v	J	v	J	v	J
2,50	0,141	0,185	0,080	0,047						
3,00	0,170	0,256	0,095	0,065						
3,50	0,198	0,306	0,111	0,085	0,071	0,029				
4,00	0,226	0,425	0,127	0,107	0,081	0,037				
4,50	0,255	0,524	0,143	0,132	0,082	0,046				
5,00	0,283	0,633	0,159	0,159	0,102	0,055	0,071	0,023		
5,50	0,311	0,750	0,175	0,189	0,112	0,065	0,078	0,027		
6,00	0,340	0,876	0,191	0,220	0,122	0,076	0,085	0,032		
6,50	0,368	1,012	0,207	0,254	0,132	0,087	0,092	0,037		
7,00	0,396	1,155	0,223	0,290	0,143	0,099	0,099	0,042	0,073	0,020
7,50	0,424	1,308	0,239	0,328	0,153	0,112	0,106	0,047	0,078	0,023
8,00	0,453	1,469	0,255	0,368	0,163	0,126	0,113	0,053	0,083	0,025
8,50	0,481	1,639	0,271	0,410	0,173	0,140	0,120	0,059	0,088	0,028
9,00	0,509	1,817	0,286	0,454	0,183	0,155	0,127	0,065	0,094	0,031
10,00	0,566	2,198	0,318	0,548	0,204	0,188	0,141	0,078	0,104	0,037
11,00	0,622	2,612	0,350	0,650	0,224	0,222	0,156	0,093	0,114	0,044
12,00	0,679	3,059	0,382	0,760	0,244	0,260	0,170	0,108	0,125	0,052
13,00	0,736	3,539	0,414	0,878	0,265	0,300	0,184	0,125	0,135	0,060
13,33	0,754	3,704	0,424	0,919	0,272	0,314	0,189	0,131	0,139	0,062
14,00	0,792	4,050	0,446	1,004	0,285	0,342	0,198	0,143	0,146	0,068
15,00	0,849	4,593	0,477	1,137	0,306	0,388	0,212	0,161	0,156	0,077
16,00	0,905	5,169	0,509	1,278	0,326	0,435	0,226	0,181	0,166	0,086
17,00	0,962	5,775	0,541	1,427	0,346	0,485	0,241	0,202	0,177	0,096
18,00	1,019	6,413	0,573	1,583	0,367	0,538	0,255	0,224	0,187	0,107
19,00	1,075	7,082	0,606	1,746	0,387	0,593	0,269	0,246	0,197	0,117
20,00	1,132	7,782	0,637	1,916	0,407	0,651	0,283	0,270	0,208	0,129
22,50	1,273	9,668	0,716	2,375	0,458	0,805	0,318	0,334	0,234	0,159
25,00	1,415	11,745	0,798	2,879	0,508	0,974	0,354	0,404	0,260	0,192
27,50	1,556	14,012	0,875	3,427	0,550	1,159	0,389	0,480	0,286	0,228
30,00	1,698	16,468	0,955	4,020	0,611	1,357	0,424	0,561	0,312	0,267
32,50	1,839	19,112	1,035	4,656	0,662	1,570	0,460	0,649	0,338	0,308
35,00	1,981	21,943	1,114	5,337	0,713	1,798	0,495	0,742	0,364	0,352
37,50	2,122	24,961	1,194	6,060	0,764	2,039	0,531	0,841	0,390	0,399
40,00	2,264	28,164	1,273	6,827	0,815	2,295	0,566	0,946	0,416	0,449
42,50	2,405	31,553	1,353	7,637	0,868	2,565	0,601	1,057	0,442	0,501
45,00	2,546	35,126	1,432	8,490	0,917	2,849	0,637	1,173	0,468	0,555
47,50	2,688	38,884	1,512	9,385	0,968	3,148	0,672	1,295	0,494	0,613
50,00	2,829	42,827	1,592	10,323	1,019	3,457	0,707	1,422	0,520	0,673
52,50	2,971	46,953	1,671	11,303	1,070	3,782	0,743	1,555	0,546	0,735
55,00	3,112	51,262	1,751	12,325	1,120	4,121	0,778	1,693	0,572	0,800
60,00			1,910	14,495	1,222	4,839	0,849	1,986	0,624	0,938
65,00			2,068	16,825	1,324	5,612	0,920	2,300	0,678	1,086
70,00			2,228	19,340	1,426	6,438	0,990	2,636	0,728	1,243
75,00			2,387	22,012	1,528	7,318	1,061	2,994	0,780	1,411
80,00			2,546	24,850	1,630	8,251	1,132	3,372	0,832	1,589

Q (l/s), v (m/s), J (mWS/km) **k = 0,025 mm**

Q	DN 200		DN 250		DN 300		DN 350		DN 400	
	v	J	v	J	v	J	v	J	v	J
2,706	27,853	1,732	9,237	1,203	3,772	0,883	1,776	0,676	0,927	85
2,865	31,071	1,833	10,276	1,273	4,193	0,935	1,973	0,716	1,029	90
3,024	34,355	1,935	11,368	1,344	4,635	0,987	2,179	0,756	1,136	95
3,183	37,653	2,037	12,512	1,415	5,098	1,039	2,398	0,796	1,249	100
		2,139	13,709	1,485	5,581	1,091	2,621	0,836	1,366	105
		2,241	14,959	1,556	6,086	1,143	2,857	0,875	1,488	110
		2,343	16,260	1,627	6,611	1,195	3,102	0,915	1,615	115
		2,445	17,614	1,698	7,156	1,247	3,356	0,955	1,746	120
		2,546	19,020	1,768	7,723	1,299	3,620	0,995	1,883	125
		2,648	20,478	1,839	8,309	1,351	3,893	1,035	2,024	130
		2,750	21,987	1,910	8,917	1,403	4,175	1,074	2,170	135
		2,852	23,549	1,981	9,544	1,455	4,467	1,114	2,321	140
		2,954	25,162	2,051	10,192	1,507	4,769	1,154	2,477	145
		3,056	26,827	2,122	10,861	1,559	5,078	1,194	2,637	150
		3,158	28,544	2,193	11,550	1,611	5,395	1,233	2,803	155
		2,264	12,259	1,663	5,728	1,273	5,728	1,273	2,973	160
		2,334	12,988	1,715	6,067	1,313	6,067	1,313	3,147	165
		2,405	13,738	1,767	6,414	1,353	6,414	1,353	3,327	170
		2,476	14,508	1,819	6,771	1,393	6,771	1,393	3,511	175
		2,546	15,298	1,871	7,138	1,432	7,138	1,432	3,699	180
		2,617	16,108	1,923	7,513	1,472	7,513	1,472	3,893	185
		2,688	16,939	1,975	7,898	1,512	7,898	1,512	4,091	190
		2,759	17,790	2,027	8,291	1,552	8,291	1,552	4,294	195
		2,829	18,660	2,079	8,694	1,592	8,694	1,592	4,501	200
		2,900	19,551	2,131	9,106	1,631	9,106	1,631	4,713	205
		2,971	20,462	2,183	9,526	1,671	9,526	1,671	4,930	210
		3,042	21,393	2,235	9,958	1,711	9,958	1,711	5,151	215
		3,112	22,345	2,287	10,397	1,751	10,397	1,751	5,377	220
		3,183	23,316	2,339	10,846	1,790	10,846	1,790	5,608	225
				2,391	11,304	1,830	11,304	1,830	5,843	230
				2,443	11,771	1,870	6,063	1,870	6,063	235
				2,495	12,247	1,910	6,328	1,910	6,328	240
				2,546	12,732	1,950	6,577	1,950	6,577	245
				2,598	13,226	1,989	6,830	1,989	6,830	250
				2,650	13,729	2,029	7,089	2,029	7,089	255
				2,702	14,249	2,069	7,352	2,069	7,352	260
				2,754	14,762	2,109	7,619	2,109	7,619	265
				2,806	15,293	2,149	7,891	2,149	7,891	270
				2,858	15,832	2,188	8,168	2,188	8,168	275
				2,910	16,380	2,228	8,448	2,228	8,448	280
				2,962	16,938	2,268	8,725	2,268	8,725	285
				3,014	17,504	2,308	9,005	2,308	9,005	290
				3,066	18,080	2,348	9,290	2,348	9,290	295
				3,118	18,665	2,387	9,579	2,387	9,579	300
				3,170	19,258	2,427	9,873	2,427	9,873	305

k = 0,025 mm **Q (l/s), v (m/s), J (mWS/km)**

Q	DN 400		DN 450		DN 500		DN 600		DN 700	
	v	J	v	J	v	J	v	J	v	J
11,00	0,088	0,023								
12,00	0,095	0,027	0,075	0,018						
13,00	0,103	0,031	0,082	0,018						
13,33	0,106	0,033	0,084	0,019						
14,00	0,111	0,036	0,088	0,020	0,071	0,012				
15,00	0,119	0,041	0,094	0,023	0,076	0,014				
16,00	0,127	0,046	0,101	0,026	0,081	0,016				
17,00	0,135	0,051	0,107	0,029	0,087	0,017				
18,00	0,143	0,056	0,113	0,032	0,092	0,019				
19,00	0,151	0,062	0,119	0,035	0,097	0,021				
20,00	0,159	0,068	0,126	0,039	0,102	0,023	0,071	0,010		
25,00	0,199	0,101	0,157	0,057	0,127	0,035	0,088	0,014		
30,00	0,239	0,140	0,189	0,080	0,153	0,048	0,106	0,020	0,078	0,010
35,00	0,279	0,185	0,220	0,105	0,178	0,063	0,124	0,028	0,091	0,013
40,00	0,318	0,235	0,252	0,133	0,204	0,080	0,141	0,033	0,104	0,016
45,00	0,358	0,291	0,283	0,165	0,229	0,099	0,159	0,041	0,117	0,020
50,00	0,398	0,353	0,314	0,200	0,255	0,120	0,177	0,050	0,130	0,024
55,00	0,438	0,419	0,346	0,237	0,280	0,143	0,195	0,059	0,143	0,028
60,00	0,477	0,491	0,377	0,278	0,306	0,167	0,212	0,069	0,156	0,033
65,00	0,517	0,568	0,408	0,321	0,331	0,193	0,230	0,080	0,169	0,038
70,00	0,557	0,650	0,440	0,367	0,357	0,221	0,248	0,092	0,182	0,044
75,00	0,597	0,737	0,472	0,416	0,382	0,250	0,265	0,104	0,195	

k = 0,025 mm Q (l/s), v (m/s), J (mWS/km)

Q	DN 800		DN 900		DN 1000		DN 1100		DN 1200	
	v	J	v	J	v	J	v	J	v	J
80	0,099	0,013	0,079	0,007						
90	0,119	0,017	0,094	0,010	0,076	0,008				
100	0,139	0,023	0,110	0,013	0,088	0,008	0,074	0,005	0,071	0,004
110	0,159	0,029	0,126	0,017	0,102	0,010	0,084	0,008	0,080	0,005
120	0,179	0,036	0,141	0,020	0,115	0,012	0,095	0,008	0,090	0,005
130	0,199	0,044	0,157	0,025	0,127	0,015	0,105	0,009	0,098	0,006
140	0,219	0,052	0,173	0,032	0,140	0,020	0,116	0,011	0,097	0,007
150	0,239	0,061	0,189	0,034	0,153	0,021	0,128	0,013	0,106	0,009
160	0,259	0,070	0,204	0,040	0,166	0,024	0,137	0,015	0,115	0,010
170	0,279	0,080	0,220	0,045	0,178	0,027	0,147	0,017	0,124	0,011
180	0,298	0,091	0,236	0,051	0,191	0,031	0,158	0,020	0,133	0,013
190	0,318	0,102	0,252	0,058	0,204	0,035	0,168	0,022	0,141	0,014
200	0,338	0,114	0,267	0,065	0,216	0,039	0,177	0,025	0,150	0,016
210	0,358	0,127	0,283	0,072	0,229	0,043	0,189	0,027	0,158	0,018
220	0,378	0,140	0,299	0,079	0,242	0,047	0,200	0,030	0,168	0,020
230	0,398	0,153	0,314	0,087	0,255	0,052	0,210	0,033	0,177	0,022
240	0,418	0,166	0,329	0,095	0,268	0,056	0,220	0,035	0,186	0,024
250	0,438	0,179	0,344	0,103	0,281	0,060	0,230	0,037	0,195	0,026
260	0,458	0,192	0,359	0,111	0,294	0,064	0,240	0,039	0,204	0,028
270	0,478	0,205	0,374	0,119	0,307	0,068	0,250	0,041	0,213	0,030
280	0,498	0,218	0,389	0,127	0,320	0,072	0,260	0,043	0,222	0,032
290	0,518	0,231	0,404	0,135	0,333	0,076	0,270	0,045	0,231	0,034
300	0,538	0,244	0,419	0,143	0,346	0,080	0,280	0,047	0,240	0,036
310	0,558	0,257	0,434	0,151	0,359	0,084	0,290	0,049	0,249	0,038
320	0,578	0,270	0,449	0,159	0,372	0,088	0,300	0,051	0,258	0,040
330	0,598	0,283	0,464	0,167	0,385	0,092	0,310	0,053	0,267	0,042
340	0,618	0,296	0,479	0,175	0,398	0,096	0,320	0,055	0,276	0,044
350	0,638	0,309	0,494	0,183	0,411	0,100	0,330	0,057	0,285	0,046
360	0,658	0,322	0,509	0,191	0,424	0,104	0,340	0,059	0,294	0,048
370	0,678	0,335	0,524	0,199	0,437	0,108	0,350	0,061	0,303	0,050
380	0,698	0,348	0,539	0,207	0,450	0,112	0,360	0,063	0,312	0,052
390	0,718	0,361	0,554	0,215	0,463	0,116	0,370	0,065	0,321	0,054
400	0,738	0,374	0,569	0,223	0,476	0,120	0,380	0,067	0,330	0,056
410	0,758	0,387	0,584	0,231	0,489	0,124	0,390	0,069	0,339	0,058
420	0,778	0,400	0,599	0,239	0,502	0,128	0,400	0,071	0,348	0,060
430	0,798	0,413	0,614	0,247	0,515	0,132	0,410	0,073	0,357	0,062
440	0,818	0,426	0,629	0,255	0,528	0,136	0,420	0,075	0,366	0,064
450	0,838	0,439	0,644	0,263	0,541	0,140	0,430	0,077	0,375	0,066
460	0,858	0,452	0,659	0,271	0,554	0,144	0,440	0,079	0,384	0,068
470	0,878	0,465	0,674	0,279	0,567	0,148	0,450	0,081	0,393	0,070
480	0,898	0,478	0,689	0,287	0,580	0,152	0,460	0,083	0,402	0,072
490	0,918	0,491	0,704	0,295	0,593	0,156	0,470	0,085	0,411	0,074
500	0,938	0,504	0,719	0,303	0,606	0,160	0,480	0,087	0,420	0,076
510	0,958	0,517	0,734	0,311	0,619	0,164	0,490	0,089	0,429	0,078
520	0,978	0,530	0,749	0,319	0,632	0,168	0,500	0,091	0,438	0,080
530	0,998	0,543	0,764	0,327	0,645	0,172	0,510	0,093	0,447	0,082
540	1,018	0,556	0,779	0,335	0,658	0,176	0,520	0,095	0,456	0,084
550	1,038	0,569	0,794	0,343	0,671	0,180	0,530	0,097	0,465	0,086
560	1,058	0,582	0,809	0,351	0,684	0,184	0,540	0,099	0,474	0,088
570	1,078	0,595	0,824	0,359	0,697	0,188	0,550	0,101	0,483	0,090
580	1,098	0,608	0,839	0,367	0,710	0,192	0,560	0,103	0,492	0,092
590	1,118	0,621	0,854	0,375	0,723	0,196	0,570	0,105	0,501	0,094
600	1,138	0,634	0,869	0,383	0,736	0,200	0,580	0,107	0,510	0,096
610	1,158	0,647	0,884	0,391	0,749	0,204	0,590	0,109	0,519	0,098
620	1,178	0,660	0,899	0,399	0,762	0,208	0,600	0,111	0,528	0,100
630	1,198	0,673	0,914	0,407	0,775	0,212	0,610	0,113	0,537	0,102
640	1,218	0,686	0,929	0,415	0,788	0,216	0,620	0,115	0,546	0,104
650	1,238	0,699	0,944	0,423	0,801	0,220	0,630	0,117	0,555	0,106
660	1,258	0,712	0,959	0,431	0,814	0,224	0,640	0,119	0,564	0,108
670	1,278	0,725	0,974	0,439	0,827	0,228	0,650	0,121	0,573	0,110
680	1,298	0,738	0,989	0,447	0,840	0,232	0,660	0,123	0,582	0,112
690	1,318	0,751	1,004	0,455	0,853	0,236	0,670	0,125	0,591	0,114
700	1,338	0,764	1,019	0,463	0,866	0,240	0,680	0,127	0,600	0,116
710	1,358	0,777	1,034	0,471	0,879	0,244	0,690	0,129	0,609	0,118
720	1,378	0,790	1,049	0,479	0,892	0,248	0,700	0,131	0,618	0,120
730	1,398	0,803	1,064	0,487	0,905	0,252	0,710	0,133	0,627	0,122
740	1,418	0,816	1,079	0,495	0,918	0,256	0,720	0,135	0,636	0,124
750	1,438	0,829	1,094	0,503	0,931	0,260	0,730	0,137	0,645	0,126
760	1,458	0,842	1,109	0,511	0,944	0,264	0,740	0,139	0,654	0,128
770	1,478	0,855	1,124	0,519	0,957	0,268	0,750	0,141	0,663	0,130
780	1,498	0,868	1,139	0,527	0,970	0,272	0,760	0,143	0,672	0,132
790	1,518	0,881	1,154	0,535	0,983	0,276	0,770	0,145	0,681	0,134
800	1,538	0,894	1,169	0,543	0,996	0,280	0,780	0,147	0,690	0,136
810	1,558	0,907	1,184	0,551	1,009	0,284	0,790	0,149	0,699	0,138
820	1,578	0,920	1,199	0,559	1,022	0,288	0,800	0,151	0,708	0,140
830	1,598	0,933	1,214	0,567	1,035	0,292	0,810	0,153	0,717	0,142
840	1,618	0,946	1,229	0,575	1,048	0,296	0,820	0,155	0,726	0,144
850	1,638	0,959	1,244	0,583	1,061	0,300	0,830	0,157	0,735	0,146
860	1,658	0,972	1,259	0,591	1,074	0,304	0,840	0,159	0,744	0,148
870	1,678	0,985	1,274	0,599	1,087	0,308	0,850	0,161	0,753	0,150
880	1,698	0,998	1,289	0,607	1,100	0,312	0,860	0,163	0,762	0,152
890	1,718	1,011	1,304	0,615	1,113	0,316	0,870	0,165	0,771	0,154
900	1,738	1,024	1,319	0,623	1,126	0,320	0,880	0,167	0,780	0,156
910	1,758	1,037	1,334	0,631	1,139	0,324	0,890	0,169	0,789	0,158
920	1,778	1,050	1,349	0,639	1,152	0,328	0,900	0,171	0,798	0,160
930	1,798	1,063	1,364	0,647	1,165	0,332	0,910	0,173	0,807	0,162
940	1,818	1,076	1,379	0,655	1,178	0,336	0,920	0,175	0,816	0,164
950	1,838	1,089	1,394	0,663	1,191	0,340	0,930	0,177	0,825	0,166
960	1,858	1,102	1,409	0,671	1,204	0,344	0,940	0,179	0,834	0,168
970	1,878	1,115	1,424	0,679	1,217	0,348	0,950	0,181	0,843	0,170
980	1,898	1,128	1,439	0,687	1,230	0,352	0,960	0,183	0,852	0,172
990	1,918	1,141	1,454	0,695	1,243	0,356	0,970	0,185	0,861	0,174
1000	1,938	1,154	1,469	0,703	1,256	0,360	0,980	0,187	0,870	0,176
1010	1,958	1,167	1,484	0,711	1,269	0,364	0,990	0,189	0,879	0,178
1020	1,978	1,180	1,499	0,719	1,282	0,368	1,000	0,191	0,888	0,180
1030	1,998	1,193	1,514	0,727	1,295	0,372	1,010	0,193	0,897	0,182
1040	2,018	1,206	1,529	0,735	1,308	0,376	1,020	0,195	0,906	0,184
1050	2,038	1,219	1,544	0,743	1,321	0,380	1,030	0,197	0,915	0,186
1060	2,058	1,232	1,559	0,751	1,334	0,384	1,040	0,199	0,924	0,188
1070	2,078	1,245	1,574	0,759	1,347	0,388	1,050	0,201	0,933	0,190
1080	2,098	1,258	1,589	0,767	1,360	0,392	1,060	0,203	0,942	0,192
1090	2,118	1,271	1,604	0,775	1,373	0,396	1,070	0,205	0,951	0,194
1100	2,138	1,284	1,619	0,783	1,386	0,400	1,080	0,207	0,960	0,196
1110	2,158	1,297	1,634	0,791	1,399	0,404	1,090	0,209	0,969	0,198
1120	2,178	1,310	1,649	0,799	1,412	0,408	1,100	0,211	0,978	0,200
1130	2,198	1,323	1,664	0,807	1,425	0,412	1,110	0,213	0,987	0,202
1140	2,218	1,336	1,679	0,815	1,438	0,416	1,120	0,215	0,996	0,204
1150	2,238	1,349	1,694	0,823	1,451	0,420	1,13			

BIBLIOGRAPHIE

- Memento goutte à goutte - Guide pratique de la micro-irrigation par gouteur et diffuseur.
- Hydrology in practice, Elisabeth M. SHAW.
- Irrigation par aspersion et réseaux collectifs de distribution sous pression (Eyrolles)
- Atlas climatique du LIBAN, République Libanaise, Ministère des Travaux Publics et des Transports. Direction de l'Aviation Civile.
- Irrigation in LEBANON : research, practices & potential; published jointly by the National Council for Scientific Research and the Amercian University of BEIRUT.
- Hydraulique générale et appliquée, M. Carlier (Eyrolles).
- Détermination des besoins en eau d'irrigation des plantes cultivées. Société d'aide technique et de coopération, par J. Arrighide Casanova.
- Soil survey manual, U.S.DA
- Exemple de calcul des besoins en eau
Rapport des ressources en sols du monde, 57-U.N.
- Handbook of irrigation technology
Vol. I Herman, J. Finkel, C.R.C.
- Evaluation de la formule de PENMAN au LIBAN.
A. ABOU KHALED, S. SARRAF, S. CHEBLI.
- SARRAF, S. 1973, Estimation de l'évapotranspiration potentielle et consommation en eau des cultures en régions semi-aride.
- SARRAF S. 1965, Détermination de la dose d'irrigation de certaines plantes cultivées au LIBAN.
- Le pommier : Ecole Nationale Supérieure Agronomique de MONTPELLIER. Chaire horticulture - arboriculture.
- Irrigation - Les réseaux d'irrigation : théorie, technique et économie des arrosages par Ch. OLLIER et M. POÏREE Eyrolles.
- Carte de reconnaissance des sols du LIBAN.
Bernard GESE 1956.
Ministère de l'Agriculture - IRAL.
- Bulletin pédologique de la F.A.O. no. 11
Enquête de fertilité des sols dans les champs des agriculteurs F.A.O. 1970 (Rudité 1985).

BIBLIOGRAPHIE (Suite)

- F.A.O. Soil Bulletin no. 55
Guideline to land evaluation for irrigated agriculture, 1985
- United states department of interior
Irrigated land use & land classification
- Temperate - Zone, Pomology
Westhood - Freeman
- Insects & Mites injurious to crops in Middle Eastern Countries.
TALHOUK.
- Fundamentals of Entomology
ELZINGA.
- Plant pathology Agrios.
- Fundamentals of Horticulture
Edmond/Senn/Andrews/Halfacie.
- Soils, an introduction to soils & plant growth
Donahue/Miller/Shickluna
- Irrigation principles & practices
Hansen/Israclsen/Stringham
- Le pêcher
Ecole Nationale Supérieure Agronomique de MONTPELLIER.
Chaire d'horticulture - Arboriculture.
- Bulletin F.A.O D'irrigation et de drainage. L'irrigation localisée - N°36. F.A.O - Rome.
- Faculty of Agricultural and Food Sciences - A.U.B. NIMAN, M.N - RUBEIZ, I. and MIRIBI, B. - A simple method for scheduling irrigation and measuring evapotranspiration and vegetable crops.
- Faculty of Agricultural and Food Sciences. A.U.B - NIMAN, M.N - KHALLOUF, Z. - A discrete time numerical model for irrigation scheduling.
- F.A.O. U.N.D.P - 1989, Recensement et Rentabilité des cultures protégées au LIBAN - AG : DP/LEB/86/005 - S.J. SALAME
- F.A.O. 1990 - Etude détaillée, pose et mise en service d'un réseau d'irrigation goutte à goutte, pour une surface de 1.5 ha - Centre de Multiplication de l'olivier, KFARCHAKHNA - B.T.D. - LEB/86/006.
- F.A.O - 1988 - Etude détaillée d'une zone agricole de 5 ha dans la vallée de AASSI - (BOGAATA EN NAHR - KESROUANE) - B.T.D. - TCP/LEB/6754 (A).