

CHAPITREDESCRIPTIONPAGE

| | | |
|----------|--|----------|
| I | <u>RENSEIGNEMENTS GENERAUX</u> | 1 |
| 1.1 | Introduction | 2 |
| | République Libanaise | |
| | Bureau du Ministre d'Etat pour la Réforme Administrative | |
| 1.2 | Région du projet | 2 |
| | Centre des Projets et des Etudes sur le Secteur Public (C.P.E.S.P.) | |
| 1.3 | Etudes existantes | 5 |
| 1.3.1 | Liste des études | 5 |
| 1.3.2 | Commentaires | 7 |
| 1.3.2.1 | Master plan | 7 |
| 1.3.2.2 | Etudes des conduites des eaux usées à Zahlé | 12 |
| 1.3.2.3 | Etude préliminaire pour la réalisation du traitement des eaux usées à Zahlé | 13 |
| 1.3.2.4 | Damage Assesement Program | 13 |
| 1.4 | Population | 17 |
| 1.4.1 | Moyens de calcul | 17 |
| 1.4.2 | Recensement du nombre des habitants | 18 |
| 1.4.3 | Méthode de calcul du nombre actuel des habitants | 19 |
| 1.4.3.1 | Taux de croissance annuelle | 19 |
| 1.4.3.2 | Principes de calcul | 20 |
| 1.4.3.3 | Formule donnant le nombre des habitants | 20 |
| 1.4.3.4 | Calcul des nombres des habitants | 21 |
| 1.4.4 | Nombre des habitants d'après les abonnements à l'Electricité | 24 |
| 1.4.4.1 | Nombre d'abonnés | 24 |
| 1.4.4.2 | Nombre des habitants | 25 |
| 1.4.4.3 | Nombre des habitants adopté | 27 |
| 1.5 | Caractéristiques économiques de la région d'étude | 27 |
| 1.5.1 | Avantages | 27 |
| 1.5.2 | Revenu moyen par capita | 28 |

| <u>CHAPITRE</u> | <u>DESCRIPTION</u> | <u>PAGE</u> |
|-----------------|--|-------------|
| II | <u>LES RISQUES DE POLLUTION</u> | 1 |
| 2.1 | Introduction | 2 |
| 2.2 | Microorganismes pathogènes dans les eaux usées | 2 |
| 2.3 | Le risque épidémiologique | 4 |
| 2.4 | Pollutions hydriques | 5 |
| 2.5 | Classement des pollutions | 6 |
| 2.6 | Caractères des eaux usées | 7 |

| <u>CHAPITRE</u> | <u>DESCRIPTION</u> | <u>PAGE</u> |
|-----------------|--------------------------------|-------------|
| III | <u>LES EAUX USEES</u> | 1 |
| 3.1 | Situation actuelle | 2 |
| 3.2 | Pollution de l'environnement | 3 |
| 3.3 | Besoin en eau d'irrigation | 5 |
| 3.4 | Travaux proposés par le NERP | 6 |
| 3.5 | Travaux réalisés sur le réseau | 7 |
| 3.6 | Eaux usées des usines | 9 |
| 3.7 | Pollution des sources | 10 |

| <u>CHAPITRE</u> | <u>DESCRIPTION</u> | <u>PAGE</u> |
|-----------------|--|-------------|
| IV | <u>COLLECTEURS GENERAUX DES EAUX USEES</u> | 1 |
| 4.1 | Généralités des eaux usées | 2 |
| 4.1.1 | Débits extrêmes | 2 |
| 4.1.2 | Eaux usées domestiques | 3 |
| 4.1.2.1 | Evaluation | 3 |
| 4.1.2.2 | Coefficient de pointe | 4 |
| 4.1.3 | Eaux usées industrielles | 5 |
| 4.1.3.1 | Particularité | 5 |
| 4.1.3.2 | Evaluation des débits | 6 |
| 4.2 | Débits à évacuer | 7 |
| 4.2.1 | Débit par capita | 7 |
| 4.2.2 | Débit à évacuer | 8 |
| 4.3 | Projet proposé | 9 |
| 4.3.1 | Système d'évacuation des EU | 9 |
| 4.3.2 | Evacuation des EU industrielles | 12 |
| 4.3.3 | Plan du projet proposé | 12 |
| 4.3.3.1 | Région du projet | 13 |
| 4.3.3.2 | Collecteurs généraux | 13 |
| 4.3.3.3 | Station de traitement | 16 |
| 4.3.3.4 | Tableau des quantités | 17 |
| 4.4 | Bases de l'étude | 19 |

| <u>CHAPITRE</u> | <u>DESCRIPTION</u> | <u>PAGE</u> |
|-----------------|---|-------------|
| V | <u>STATION DE TRAITEMENT DES EAUX USEES</u> | 1 |
| 5.1 | Introduction | 2 |
| 5.1.1 | Considérations générales | 2 |
| 5.1.2 | Données de base | 3 |
| 5.1.3 | Choix du procédé de traitement | 5 |
| 5.1.3.1 | Principes de bases | 5 |
| 5.1.3.2 | Traitements préliminaires | 5 |
| 5.1.3.3 | Traitements primaires | 7 |
| 5.1.3.4 | Traitements secondaires | 8 |
| 5.1.3.4.1 | Procédés chimiques | 8 |
| 5.1.3.4.2 | Procédés biologiques | 9 |
| 5.1.3.5 | Traitement tertiaires | 13 |
| 5.1.3.6 | Choix du procédé d'épuration | 15 |
| 5.1.3.7 | Type de station adoptée | 17 |
| 5.2 | Description du processus | 20 |
| 5.2.1 | Equipement et écoulement | 20 |
| 5.2.2 | Problème de l'odeur | 21 |
| 5.3 | Notes techniques | 23 |
| 5.3.1 | Traitement primaire | 23 |
| 5.3.2 | Traitement secondaire | 24 |
| 5.3.2.1 | Bassin d'aération et d'oxygénation | 24 |
| 5.3.2.2 | Bassin de sédimentation | 25 |
| 5.3.2.3 | Bassin de désinfection | 26 |
| 5.3.2.4 | Lits de séchage | 27 |
| 5.3.3 | Traitement tertiaire | 28 |

| <u>CHAPITRE</u> | <u>DESCRIPTION</u> | <u>PAGE</u> |
|-----------------|--|-------------|
| VI | <u>APERÇU GEOLOGIQUE DE LA REGION DU COLLECTEUR GENERAL DES EAUX USEES A ZAHLE</u> | 1 |
| 6.1 | Schéma structural de la région | 2 |
| 6.2 | Aperçu stratigraphique régional | 3 |
| 6.2.1 | Le Jurassique | 3 |
| 6.2.2 | Le Crétacé | 4 |
| 6.2.3 | Le Paléogène | 4 |
| 6.2.4 | Le Néogène Continental | 4 |
| 6.3 | Série Lithostratigraphique le long de la conduite | 5 |
| 6.3.1 | Le Crétacé moyen «C ₄₋₅ » | 5 |
| 6.3.2 | Le Crétacé supérieur «C ₆ » | 5 |
| 6.3.3 | Le Paléogène «e» | 5 |
| 6.3.4 | Le Néogène «m _L - m _{cgl} » | 6 |
| 6.3.5 | Le Quaternaire «q» | 6 |
| 6.4 | Conclusion | 7 |

| <u>CHAPITRE</u> | <u>DESCRIPTION</u> | <u>PAGE</u> |
|-----------------|---|-------------|
| VII | <u>COUT DES TRAVAUX</u> | 1 |
| 7.1 | Position du problème | 2 |
| 7.2 | Coût des terrassements | 4 |
| 7.3 | Coût des conduites | 5 |
| 7.4 | Coût des travaux de génie civil | 6 |
| 7.5 | Coûts d'investissement des stations d'épuration biologique | 7 |
| 7.5.1 | Considérations générales | 7 |
| 7.5.2 | Acquisition du terrain | 8 |
| 7.5.3 | Travaux d'aménagement du terrain | 9 |
| 7.5.4 | Station d'épuration proprement dite | 10 |
| 7.5.5 | Cas d'une station d'épuration biologique | 11 |
| 7.5.6 | Recherches sur l'optimisation financière | 13 |
| 7.6 | Coût des travaux | 13 |
| 7.6.1 | Coût des collecteurs | 13 |
| 7.6.2 | Coût de la station de traitement | 16 |
| 7.6.3 | Coût des travaux d'assainissement et de traitement | 17 |
| 7.6.4 | Coût par personne | 18 |

| <u>CHAPITRE</u> | <u>DESCRIPTION</u> | <u>PAGE</u> |
|-----------------|------------------------------|-------------|
| VIII | <u>PROGRAMME DES TRAVAUX</u> | 1 |
| 8.1 | Phases d'exécution | 2 |
| 8.2 | Programme des travaux | 3 |
| 8.3 | Coût des travaux mensuels | 5 |

CHAPITRE I

RENSEIGNEMENTS GÉNÉRAUX

CHAPITRE I

RENSEIGNEMENTS GÉNÉRAUX

1.1 - Introduction.

La région de la Ville de Zahlé - Mohafazat El BEQA'A - est exposée au danger de pollution du fait du rejet dans la nature des eaux usées ; ce danger s'accroît avec le temps.

Dans le but de réduire, au minimum possible, le degré de pollution dans ladite région, le Ministère de l'Environnement (ME) a chargé notre bureau de l'étude des ouvrages nécessaires pour la collecte et le traitement des eaux usées afin que leur rejet dans la nature ne pose aucun problème du point de vue hygiène et santé publiques.

La durée de l'étude proposée est de six mois à dater du jour de notification de l'ordre de commencement des travaux.

1.2 - Région du projet.

La région d'étude est limitée par la Ville de Zahlé et de ses environs ; elle est indiquée sur le plan à l'échelle 1/250 000 figurant sur la page suivante.

A remarquer que le contrat d'étude stipule l'étude du rejet des eaux usées des deux villages de Qa'a Er Rim et Hazerta comme faisant parties de la région d'étude. Ces deux localités sont distantes respectivement de 4 et 5.5 km de la Ville de Zahlé.

La collecte des eaux usées de ces deux villages par un collecteur général aboutissant à Zahlé pose deux problèmes majeurs :

- i) Le coût onéreux des travaux nécessaires puisque l'emplacement possible exige le transport de l'équipement nécessaire dans des conditions topographiques dures. (Pente de 40% et travaux de protection des conduites à placer au voisinage de Nahr El Berdaouni qui est un cours d'eau ayant un régime d'écoulement torrentiel).
- ii) Le manque d'eau dans Nahr El Berdaouni, en particulier dans la saison d'étiage, puisque les eaux usées traitées seront rejetées dans ce fleuve, ce qui a pour effet d'augmenter son débit, d'où l'intérêt touristique dont bénéficie les Cafés de Ouadi El Aarayèche.

D'ailleurs le Ministère des Ressources Hydrauliques et Electriques (MRHE) a déjà évoqué ce problème et a projeté l'étude d'une station de traitement réservé exclusivement à la collecte et à l'épuration des eaux usées des deux villages de Qa'a Er Rim et Hazerta et avait déjà chargé un consultant pour l'étude d'une station de traitement des eaux usées en provenance de ces deux villages.

Pour cette raison, nous proposons d'écarter l'étude de collecte des eaux usées de ces deux localités du cadre de notre projet qui se limitera alors à la région de la Ville de Zahlé et de ses environs immédiats de façon que cette région soit uniquement sous l'autorité exclusive de la Municipalité de Zahlé - Ma'allaaqat.

LIBAN

S Y R I E

Lac de Homs

○ ZONE DU PROJET



M E R M E D I T E R R A N E E

BEYROUTH

TRIPOLI

Nahr El Kébir

A K K A R

N. El Ostouana

Halba

N. Aarqa

Bared

gharta

N. El Assi

Hermel

Chekka

N. El Assour

N. El Jouar

Batroun

Jbaïl

N. Ibrahim

Jounlé

N. El Kelb

N. Beyrouth

Baabda

Aley

N. El Danour

N. El Aouali

SAIDA

Jezzine

N. El Zahrani

Nabatlyé

Marjayoun

N. El Kasmiya

Sour

JAB. AAMEL

Bent Jbaïl

2628

SANNINE

Nahr El Litani

ZAHLE

BAROUK

Lac de Karaoun

HERMON

2014

1200

1000

800

600

400

200

0

Echelle:

0 20 40 km.

Le Collecteur Général des eaux usées de la Ville de Zahlé et de ses environs s'étend sur la région délimitée par la zone indiquée sur le plan à l'échelle 1/10 000ème donné en annexe.

Cette région comprend, notamment, les agglomérations suivantes :

1 - Village de Ouadi El Aarayèche.

2 - Ville de Zahlé englobant les huit quartiers suivants :

2.1 - El Berbara.

2.2 - El Midane.

2.3 - Haouche Ez Zara'ané.

2.4 - Er Rasiyé.

2.5 - Saïdat En Najat et Mar Antonios.

2.6 - Mar Elias.

2.7 - Mar Mikhaël et Mar Gérios.

2.8 - Dhour Zahlé.

3 - Village de Haouche El Omara.

2 - Etude des conduits des eaux usées de la Ville de Zahlé.

Par: Fawzi CHEHADI, Ingénieur sanitaire
Fait pour: Municipalité de Zahlé -
Ma'allaqat Zahlé - 1987.

3 - PRELIMINARY STUDY FOR THE
REALIZATION OF WATER SEWAGE
AND WATER TREATMENT PLANTS IN
THE AREA OF ZAHLE.

Prepared for FAO (FOOD AND
AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE
UNITED NATIONS)
By EFIMPIANTI S.p.A. - ROMA
SEPTEMBER 90.

4 - National Emergency Recovery Program (NERP)
Damage Assessment of waste water
Engeneering works
By : JOUZY & PARTNERS - C.D.R. - 1992.

Dans le sous-paragraphe suivant, nous précisons succinctement le but et le déroulement de ces études.

1.3.2 - Commentaires.

1.3.2.1 - Master plan. (Etude faite par le CDR)

La première étude a été faite durant les années 1980 - 1982 à la demande du Conseil de Développement et de Reconstruction (CDR), en collaboration avec les Nations Unies (Programme de Développement) et avec l'Organisation Mondiale de la Santé (WHO).

Cette étude avait pour but la mise en oeuvre des plans et des études nécessaires pour l'élaboration d'un Plan Directeur Général pour les eaux usées et les déchets solides dans toutes les régions de la République Libanaise.

La durée de l'étude était de 20 mois.

Elle a été faite en langue anglaise et s'étale sur 8 volumes. Les sujets traités sont les suivants:

TABLEAU N° 1

Sujet de l'étude du Plan Directeur

| N° du volume | Sujet du volume | Nombre de chapitres | Remarques |
|--------------|--|---------------------|---------------------------|
| 1 | Résumé de l'étude avec les conséquences et coûts nécessaires pour l'exécution des travaux proposés | 3 | 2 annexes y sont jointes |
| 2 | Plan Directeur Général pour les eaux usées | 9 | en 2 tomes |
| 3 | Plan Directeur Général pour les eaux pluviales et l'assainissement | 8 | 6 annexes y sont jointes |
| 4 | Plan Directeur Général pour les déchets solides | 9 | 3 annexes y sont jointes |
| 5 | Programme de surveillance de la pollution des eaux | 5 | 6 annexes y sont jointes |
| 6 | Rapport sur l'établissement des études, réhabilitation et d'entraînement | 12 | 8 annexes y sont jointes |
| 7 | Les eaux traitées et réutilisées | 5 | |
| 8 | Annexes: - Organisation du Projet - Liste des rapports - Méthodologie - La géologie - Le climat - Estimation du nombre des habitants | | 13 annexes y sont jointes |

Le volume qui intéresse notre étude est le second.

Le Plan Général Directeur proposé tient en compte les considérations suivantes:

- 1 - Etude des quantités des eaux usées et des problèmes que pose leur écoulement, en tenant compte du choix des régions et des questions qui exigent une attention particulière.
- 2 - Détermination des agglomérations urbaines qui constituent des régions. L'étude se fera d'une manière globale de façon à mettre en exécution, ultérieurement, les réseaux des eaux usées dans chaque agglomération par gravité et n'utiliser le pompage que dans la nécessité absolue.
- 3 - Comparaison des solutions possibles pour les régions proposées pour la collecte des eaux usées, du point de vue technico-économique.
- 4 - Choix des étapes du programme de développement se basant sur la priorité des travaux nécessaires, et ce dans le contexte général qui exige la protection de la couche hydrique souterraine et des cours d'eau.

Partant de ces quatre principes, l'étude propose de subdiviser les régions libanaises, pour l'élimination des eaux usées, en des ensembles urbains où leurs eaux usées seront groupées dans des collecteurs généraux déversant, en totalité, dans une station de traitement propre à chaque ensemble.

Parmi ces propositions, l'étude adopte l'unité formée par la ville et les villages suivants:

- 1 - La ville de Zahlé et ses environs immédiats (Wadi El Arayèche - Ma'allaqat Zahlé - Haouche El Omara).
- 2 - Qa'a El Rim.
- 3 - El Karak.
- 4 - Ksara.
- 5 - Sa'adnayel.
- 6 - Ta'alabaya.
- 7 - Jlala.
- 8 - Chtaura.
- 9 - Jdita.
- 10- Maksé.
- 11- Mraijat.
- 12- Bouarej.

- 13- Qabb Elias.
- 14- Saouiri.
- 15- Majdel Anjar.
- 16- Anjar (Haouche Moussa).
- 17- Ta'anayel.
- 18- Bar Elias.

La collecte des eaux usées est prévue près du village de Bar Elias. La délimitation de la région ci-dessus citée est donnée sur la page suivante.

Selon les statistiques figurant dans l'annexe jointe au Plan Directeur Général, le nombre des habitants de la région précitée, en l'an 2000, est comme suit:

- * 230 900 habitants pour la Ville de Zahlé et ses environs immédiats.
- * 225 400 habitants pour le reste des villages de la région.

et, à raison d'un débit de 170 l/j/capita, le débit des eaux usées à évacuer et traiter ultérieurement, s'élève à 77 571 m³/j, soit 28,3 Mm³/an.

En Annexe 1, nous montrons les schémas suivants proposés par le Plan Général:

- un diagramme schématique pour le mode de fonctionnement schématique de la station de traitement
- Un plan préliminaire pour cette station sachant que la superficie nécessaire pour la station est de 11 hectares, approximativement.

Selon cette étude, la longueur des collecteurs généraux est de 65 km environ et leurs diamètres varient entre 300 et 800 mm.

1.3.2.2 - Etude des conduites des eaux usées à Zahlé. (Etude faite par la Municipalité de Zahlé - Ma'allaqat).

Cette étude a été faite en l'an 1987 et avait pour but exclusif l'élaboration de la topographie (plans et profils en long) et l'étude des conduites des eaux usées dans la Ville de Zahlé et de ses environs immédiats. L'étude a porté sur toutes les conduites secondaires et tertiaires. Mais les collecteurs généraux et la station de traitement des eaux usées n'ont pas fait partie de cette étude.

La longueur des conduites étudiées est approximativement de 80 km.

Les documents de cette étude (plans et profils en long) sont disponibles à la Municipalité de Zahlé - Ma'allaqat.

1.3.2.3 - Etude préliminaire pour la réalisation du traitement des eaux usées à Zahlé. (Etude faite par FAO).

Cette étude propose cinq solutions pour résoudre le problème de la pollution de Nahr El Berdaoui. Ces solutions consistent à construire des collecteurs généraux pour les eaux usées de différents matériaux entre des points différents s'étendant de Qa'a Er Rim à El Faïda.

Les devis estimatifs et les plans schématiques de ces différentes variantes sont données en Annexe 2.

1.3.2.4 - Damage assesement program. (Etude faite par CDR).

En l'an 1992, le CDR a chargé le Bureau d'Etudes JOUZY & PARTNERS pour l'étude des travaux immédiats, à moyen et à long termes, à mettre en exécution pour la réhabilitation des réseaux des eaux usées dans le Mohafazat de la BEQAA, en l'occurrence dans la région de Zahlé.

Dans cette étude, la Ville de Zahlé et ses environs ont été subdivisés en cinq systèmes, notés E1, E2, E3, E4, et E5, groupant les différents quartiers desservis par des conduites des eaux usées (EU) qui sont :

*E1 : desservant 3 000 habitants actuellement et constitué par :

- un collecteur général transitant les EU vers Nahr EL Berdaouni ;

- un collecteur principal de 800 m de longueur, de diamètres 200 mm et 300 mm.

*E2 : formé par l'ancienne Ville de Zahlé, Ouadi El Aarayèche, Karak et Ma'allaqat, dont le nombre total actuel des habitants est évalué à 61 000. Il est constitué par :

- un collecteur général transitant les EU vers le Nahr El Litani ;

- un collecteur général des eaux pluviales dans la direction sud-est parallèlement à Nahr El Berdaouni, de diamètres variant entre 100 mm et 300 mm.

*E3 : desservant actuellement 2 000 personnes et constitué par un collecteur général de 300 mm de diamètres qui déverse ses EU dans les terrains agricoles.

*E4 : formé par Ksara et Haouche El Omara dont le nombre total actuel des habitants est de 21 000. Les EU de ce système sont collectées par une conduite de diamètres variant entre 150 mm et 500 mm qui déverse dans les terrains agricoles.

*E5 : formé par la zone entourant la nouvelle route Ksara - Karak dont le nombre actuel des habitants est de 500. Il est desservi par une conduite principale des EU de 300 mm de diamètre ayant une longueur de 230 m qui déverse dans Nahr El Berdaouni.

L'étude a porté sur trois parties :

- Package A : Travaux de réparation urgente sur les ouvrages des eaux usées, prévus pour la 1ère année.

En particulier, les travaux proposés se résument aux tâches suivantes :

- i) Nettoyage et inspection de certains tronçons de lignes endommagées de diamètres 200 mm et 300 mm ;

- ii) Remplacement des conduites endommagées de diamètre 300 mm ;
- iii) Réhabilitation de quelques dizaines de regards de visite ;
- iv) Remplacement de certains regards de visite.

Les travaux nécessaires sont détaillés par système ; ils sont donnés en Annexe 3. Leur coût total s'élève à : 141 853 \$.

- Package B : Proposition des travaux nécessaires concernant les collecteurs généraux des eaux usées, prévus pour la 2ème année.

En particulier, les travaux proposés se résument aux tâches suivantes :

- i) Remplacement des conduites improprement exécutées ou sous dimensionnées ;
- ii) Installation de nouvelles conduites ;
- iii) Installation de nouveaux regards de visite.

Les travaux nécessaires sont détaillés par système , ils sont donnés en Annexe 4. Leur coût total s'élève à 97 582 \$.

- N(x) le nombre des habitants en l'année 1964
 + x et, en adoptant le taux de croissance de
 2.5 %, la formule donnant le nombre des
 habitants est:

$$N(x) = N_0 (1 + 0.025)^x$$

1.4.3.4 - Calcul des nombres des habitants

Suivant les bases de calcul mentionnées ci-dessus, et en prenant des intervalles d'années de 5 en 5, nous pouvons dresser les tableaux suivants :

TABLEAU N° 1.2

Nombre d'habitants enregistrés jusqu'au 1er Janvier 1965

| Nom du quartier | Nombre des habitants | | |
|------------------------------------|----------------------|---------------|---------------|
| | Males | Femelles | Total |
| Ouadi El Aarayeche | 977 | 866 | 1 843 |
| El Berbara | 2 469 | 2 217 | 4 686 |
| El Midane | 5 462 | 5 180 | 10 642 |
| Haouche Ez Zaraané | 2 194 | 2 035 | 4 229 |
| Er Rasiyé | 3 462 | 3 041 | 6 504 |
| Saïdat En Najat et Mar Antonios | 2 661 | 2 335 | 4 996 |
| Mar Elias | 2 760 | 2 599 | 5 359 |
| Mar Mikhaël et Mr Gérios | 2 622 | 2 291 | 4 913 |
| Dhour Zahlé * | | | |
| Haouche El Omara, | 2 621 | 2 447 | 5 067 |
| Ma'allaqat Zahlé | 3 919 | 3 632 | 7 521 |
| El Madinat Es Sinayeh * | | | |
| El Karak | 932 | 865 | 1 797 |
| Ksara * | | | |
| Total | 30 081 | 27 508 | 57 589 |

(*) Ces régions étaient pratiquement désertes au débuts des années 60.

et, en adoptant un taux de croissance annuelle de 2.5 % pour l'ensemble de la population, le nombre des habitants dans 25 ans, c.à.d. en 2019, par quartier sera le suivant:

TABLEAU N° 1.3
Nombre des habitants futurs à Zahlé

| Nom du quartier | Nombre des habitants | | | | | | |
|---------------------------------|----------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | en 1965 | en 1994 | en 1999 | en 2004 | en 2009 | en 2014 | en 2019 |
| Ouadi El Aarayeché | 1 843 | 3 866 | 4 375 | 4 950 | 5 601 | 6 338 | 7 171 |
| El Berbara | 4 686 | 9 830 | 11 122 | 12 583 | 14 237 | 16 108 | 18 225 |
| El Midane | 10 642 | 22 323 | 25 257 | 28 576 | 32 332 | 36 581 | 41 389 |
| Haouche Ez Zaraané | 4 229 | 8 871 | 10 037 | 11 356 | 12 849 | 14 538 | 16 449 |
| Er Rassiyyé | 6 504 | 13 643 | 15 436 | 17 465 | 19 761 | 22 358 | 25 297 |
| Saïdat En Najat et Mar Antanios | 4 996 | 10 480 | 11 858 | 13 417 | 15 181 | 17 176 | 19 434 |
| Mar Elias | 5 359 | 11 241 | 12 719 | 14 391 | 16 283 | 18 423 | 20 844 |
| Mar Mikhaël et Mar Gérios | 4 913 | 10 306 | 11 661 | 13 194 | 14 928 | 16 890 | 19 110 |
| Dhour Zahlé* | | | | | | | |
| Haouche El Omara | 5 067 | 10 629 | 12 026 | 13 607 | 15 396 | 17 420 | 19 710 |
| Ma'allaqat Zahlé | 7 521 | 15 776 | 17 850 | 20 196 | 22 850 | 25 853 | 29 251 |
| El Madinat Es Sinayeh * | | | | | | | |
| El Karak | | | | | | | |
| Ksara * | 1 797 | 3 770 | 4 266 | 4 827 | 5 462 | 6 180 | 6 993 |
| Total | 57 589 | 120 735 | 136 607 | 154 562 | 174 880 | 197 865 | 223 873 |

Etant donné qu'à l'heure actuelle, les régions de El Madinat Es Sinayeh et Ksara deviennent relativement denses et que la région de Dhour Zahlé commence à être peuplée du fait que ces régions constituent les uniques domaines d'extension de la construction dans la zone de Zahlé, puisque le Centre Ville est saturé en bâtiments car leur population croît sans cesse, contrairement aux autres régions, et alors nous estimons qu'une majoration de 20 % du nombre total des habitants est suffisante pour compenser le manque de données relatif au nombre d'habitants ne figurant pas dans le Registre de Recensement. Alors, le nombre des habitants de la Ville de Zahlé et de ses environs immédiats sera de:

270 000 habitants en 2019

(*) Ces régions étaient pratiquement désertes au début des années 60.

1.4.4 - Nombre des habitants d'après les abonnements à l'Electricité

1.4.4.1 - Nombre d'abonnés

D'après les registres de l'Office de l'Electricité de Zahlé, le nombre des abonnés dans la Ville de Zahlé et de ses environs a évolué, les trois dernières années, suivant les nombres donnés par le tableau suivant:

TABLEAU N° 1.4

Nombre des abonnées à l'électricité de Zahlé

| Nom du quartier | Nombre des abonnés | | |
|---------------------------|--------------------|---------------|---------------|
| | en 1991 | en 1992 | en 1993 |
| Ouadi El Aarayèche | 323 | 327 | 333 |
| El Berbara | 912 | 926 | 948 |
| El Midane | 1 152 | 1 171 | 1 201 |
| Haouche Ez Zara'ané | 663 | 671 | 694 |
| Er Rassiye | 1 010 | 1 023 | 1 058 |
| Saïdat En Najat | 402 | 406 | 415 |
| Mar Antonios | 314 | 313 | 309 |
| Mar Elias | 664 | 668 | 680 |
| Mar Mikhaël et Mar Gérios | 499 | 492 | 497 |
| Dhour Zahlé * | | | |
| Haouche El Omara | 1 956 | 1 998 | 2 056 |
| Ma'allaqat Zahlé | 1 621 | 1 647 | 1 726 |
| El Madinat Es Sinayeh * | 1 412 | 1 474 | 1 568 |
| El Karak | 785 | 854 | 902 |
| Ksara | 447 | 473 | 548 |
| Total | 12 160 | 12 443 | 12 935 |

(*) Ces régions étaient pratiquement désertes au débuts des années 60.

1.4.4.2 - Nombre des habitants

En admettant qu'il y a, en moyenne, 7 personnes profitant d'un même abonnement et que le taux de croissance annuelle est celui adopté, soit 2.5 %, on aura le tableau suivant:



TABIEAU N° 1.5

Nombre des habitants d'après l'abonnement à l'Electricité

| Nom du quartier | Nombre des habitants | | | | | |
|---------------------------|----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | en 1994 | en 1999 | en 2004 | en 2009 | en 2014 | en 2019 |
| Quadi El Aarayeche | 2 390 | 2 705 | 3 060 | 3 462 | 3 917 | 4 431 |
| El Berbara | 6 802 | 7 696 | 8 708 | 9 852 | 11 146 | 12 611 |
| El Midane | 8 618 | 9 751 | 11 032 | 12 482 | 14 122 | 15 978 |
| Haouche Ez Zaraané | 4 980 | 5 635 | 6 375 | 7 213 | 8 161 | 9 233 |
| Er Rassiyé | 7 592 | 8 590 | 9 719 | 10 996 | 12 441 | 14 076 |
| Saïdat En Najat | 2 978 | 3 370 | 3 813 | 4 314 | 4 880 | 5 522 |
| Mar Antanios | 2 218 | 2 510 | 2 840 | 3 213 | 3 635 | 4 113 |
| Mar Elias | 4 879 | 5 521 | 6 246 | 7 067 | 7 995 | 9 046 |
| Mar Mikhaël et Mar Génios | 3 566 | 4 035 | 4 565 | 5 165 | 5 844 | 6 612 |
| Dhour Zahlé* | | | | | | |
| Haouche El Omara | 14 752 | 16 691 | 18 884 | 21 366 | 24 173 | 27 350 |
| Ma'allagat Zahlé | 12 385 | 14 013 | 15 854 | 17 938 | 20 295 | 22 962 |
| El Madinat Es Sinayeh * | 11 251 | 12 730 | 14 403 | 16 295 | 18 437 | 20 859 |
| El Karak | 6 472 | 7 323 | 8 285 | 9 374 | 10 606 | 11 999 |
| Ksara * | 3 932 | 4 449 | 5 034 | 5 695 | 6 444 | 7 290 |
| Total | 92 815 | | | | | 172 082 |

(*) Ces régions étaient pratiquement désertes au début des années 60.

1.4.4.3 - Nombre des habitants adopté

D'après ce qui précède et pour nous placer dans les conditions de la sécurité, nous adoptons le nombre maximal obtenu, c.à.d. que le nombre adopté des habitants futurs à Zahlé et à ses environs immédiats s'élève à:

| |
|-----------------------------------|
| 270 000 habitants en l'année 2019 |
|-----------------------------------|

1.5 - Caractéristiques économiques de la région d'étude.

1.5.1 - Avantages

Le climat modéré de la région d'étude, la beauté du paysage de Wadi Zahlé et l'abondance des eaux ont été des facteurs importants qui ont encouragé le tourisme dans la Ville de Zahlé, ce qui a été un élément capital pour la construction des hôtels et des restaurants dans la région, en particulier le Grand Hôtel Kadri et les restaurants de Ouadi El Aarayêche et ces derniers ont donné une grande renommée à Zahlé dans tous les pays de la Région.

A ajouter qu'étant donnée la proximité de Zahlé de la Ville de Baalbeck et que cette dernière a connu une grande importance durant les années 1960 - 1975, dûe au festival d'été, alors Zahlé est devenue un lieu de repos pour ceux qui se dirigent vers ou de Baalbeck.

A Zahlé, actuellement, il existe:

- quatre salles de cinéma.
- quarante restaurants et cafés dont le tiers se trouve aux bords de Nahr El Berdaouni.
- cinq hôpitaux.
- vingt trois écoles.

Ces établissements, de natures diverses, sont répartis d'une manière arbitraire dans la région d'étude. Leur distribution, d'une part, et les nombres des personnes qui les fréquentent, d'autre part, seront pris en considération pour l'estimation des débits des eaux usées à évacuer par les collecteurs généraux.

1.5.2 - Revenu moyen par capita

Les résidents de la région d'étude ont des occupations diverses.

- 30 % travaillent dans le domaine agricole;
- 25 % ont des professions libérales (médecins - ingénieurs - avocats);
- 25 % ont des magasins, restaurants, hôtels, pharmacies ou hôpitaux;
- 7 % travaillent dans le secteur bancaire;
- 6 % sont des enseignants dans les écoles primaires, complémentaires et secondaires ou dans les universités;
- 3 % ont des travaux instables;
- 4 % n'ont aucun travail rémunéré .

En moyenne, le revenu annuel moyen de l'individu actif dans la région de Zahlé s'élève à 2880 \$, soit deux mille huit cent quatre-vingts dollars américains par année.

1.6 - Aperçu climatologique.

1.6.1 - Stations pluviométriques

Trois stations pluviométriques et climatologiques intéressent directement la région du Projet qui ont les coordonnées suivantes:

TABLEAU N° 1.6

Coordonnées des stations pluviométriques

| N° d'ordre | Nom de la station | Latitude Nord | Longitude Est | Altitude en m |
|------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|
| 1 | Qa'a Er Rim | 33° 53' | 35° 53' | 1 320 |
| 2 | Zahlé | 33° 50' | 35° 57' | 990 |
| 3 | Ksara | 33° 49' | 35° 53' | 920 |

Le dépouillement a été fait par les soins du Service Météorologique dépendant du Ministère des Travaux Publics et des Transports et par l'Observatoire de Ksara.

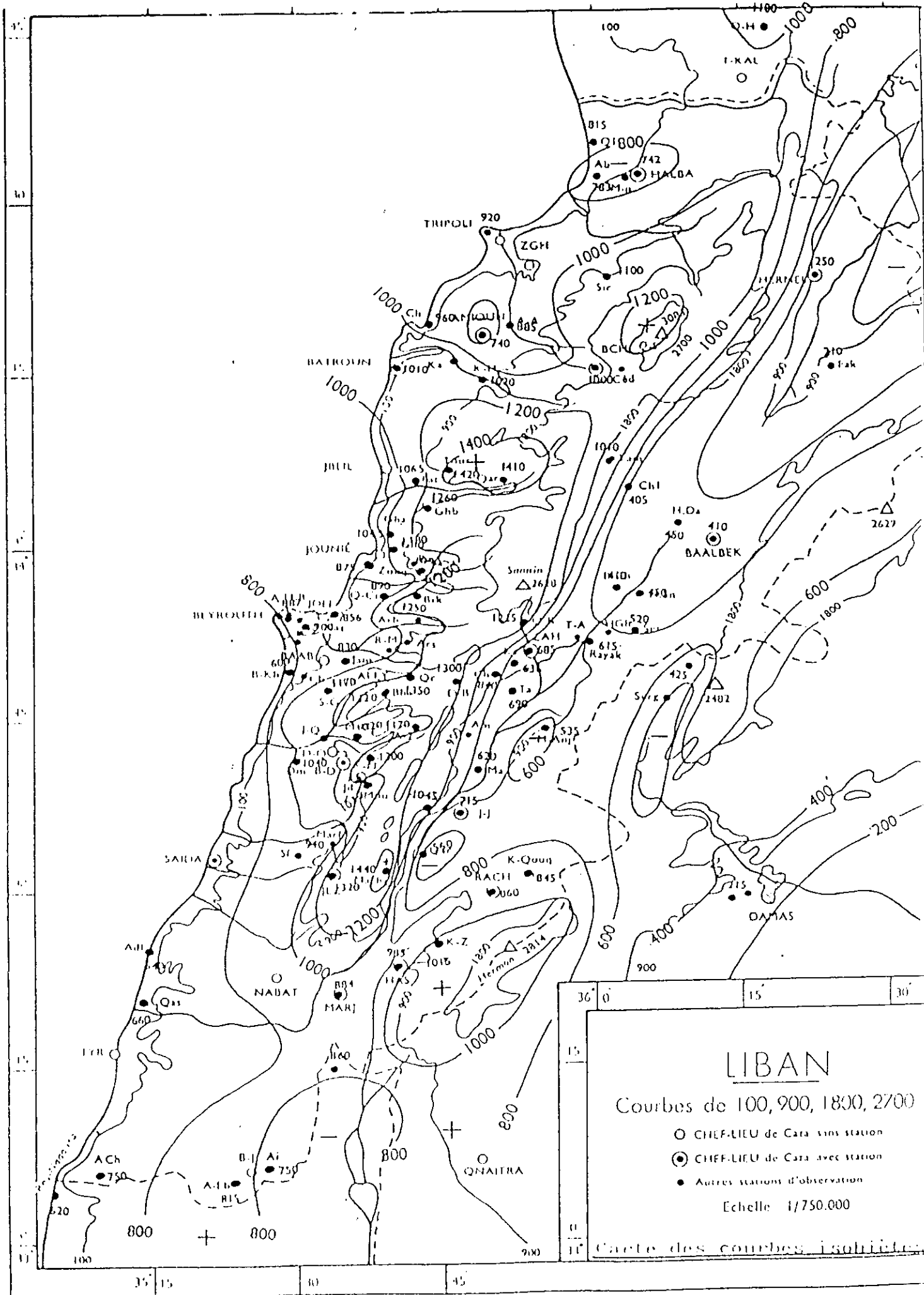
1.6.2 - Précipitations mensuelles moyennes

Pendant d'assez longues périodes, variant suivant la station de mesure, et selon l'Atlas Climatique du Liban - Tome I - les moyennes mensuelles de précipitations sont condensées, en mm, dans le tableau comparatif suivant:

TABLEAU N° 1.7

Précipitations mensuelles moyennes

| Station | Qa'a Er Rim | Zahlé | Ksara |
|---------------------------|-------------|-------------|-------------|
| Précipitations en mm/Mois | | | |
| Janvier | 300 | 169 | 156 |
| Février | 221 | 145 | 138 |
| Mars | 195 | 82 | 71 |
| Avril | 73 | 44 | 41 |
| Mai | 37 | 15 | 14 |
| Juin | 1 | 1 | 1 |
| Juillet | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| Août | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| Septembre | 4 | 1 | 1 |
| Octobre | 31 | 19 | 19 |
| Novembre | 133 | 70 | 62 |
| Décembre | 229 | 138 | 126 |
| Total annuel en mm | 1225 | 685 | 636 |
| Nombre d'années | 25 | 14 | 49 |
| Dates de mesure | 1940 - 1964 | 1951 - 1964 | 1909 - 1964 |



Dans ce tableau, on conclut les résultats suivants, valables pour toutes les stations de mesure:

- 1 - Les pluviosités mensuelles moyennes sont quasi proportionnelles dans les trois stations de la région.
- 2 - Le mois le plus arrosé est Janvier.
- 3 - Les mois de Février et de Décembre ont une pluviosité voisine.
- 4 - La sécheresse est quasi totale durant les trois mois d'été.

1.6.3 - Courbe de précipitations mensuelles moyennes

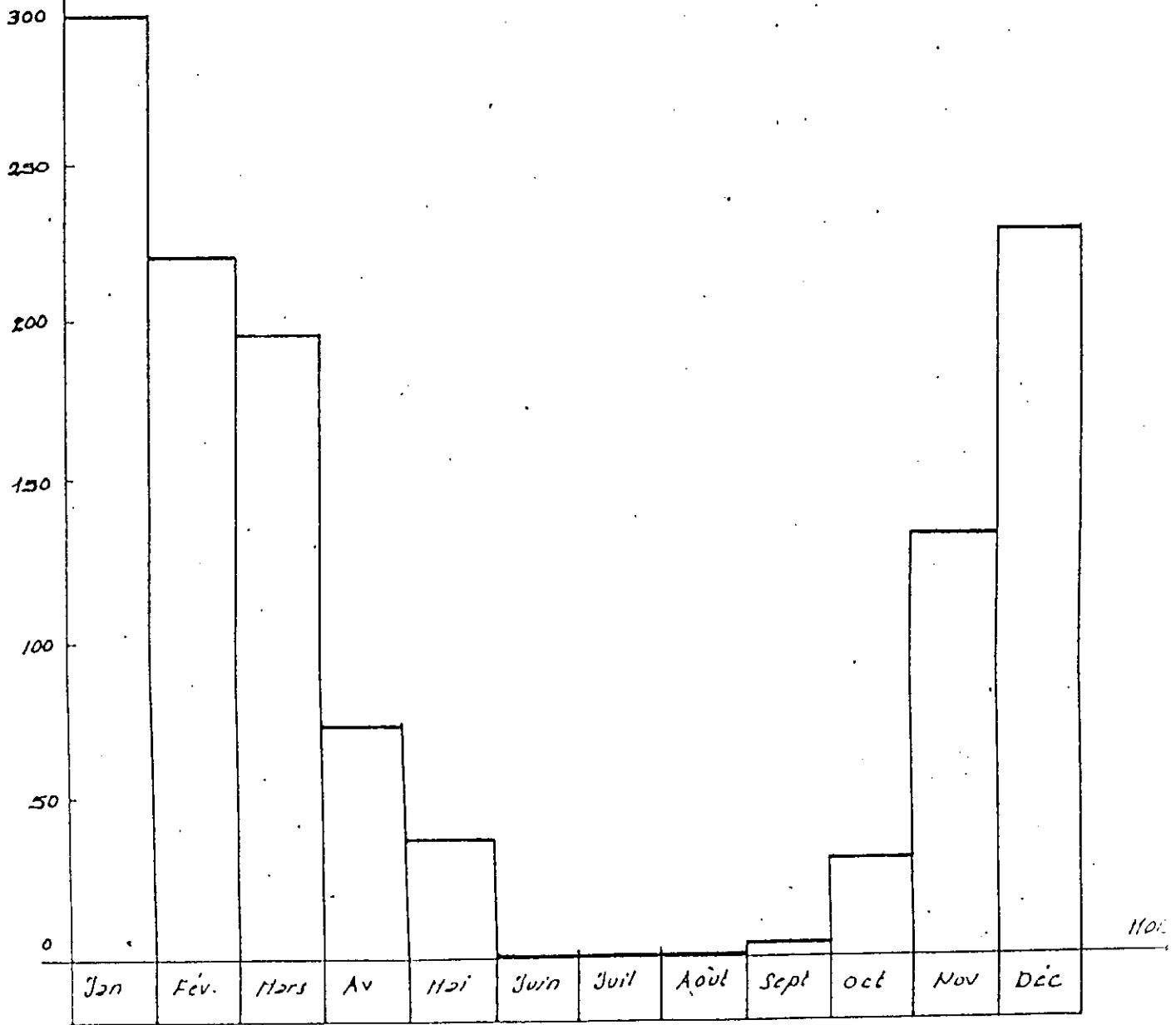
Ci-après, nous figurons les courbes de précipitations mensuelles moyennes pour les trois stations.

1.6.4 - Précipitations annuelles moyennes

Du Service Météorologique du Liban, nous avons eu les précipitations annuelles moyennes groupées dans le tableau comparatif suivant dans lequel l'indice d'humidité, en %, représente le rapport du module annuel d'une année au module moyen calculé sur une longue période.

Précipitation en mm.

Précipitation mensuelle
moyenne à Qas-Er-Rim.



1102

Précipitation en mm.

Précipitation mensuelle
moyenne à Ksara

150

100

50

0

Jan

Fév

Mars

Avr

Mai

Juin

Juil

Août

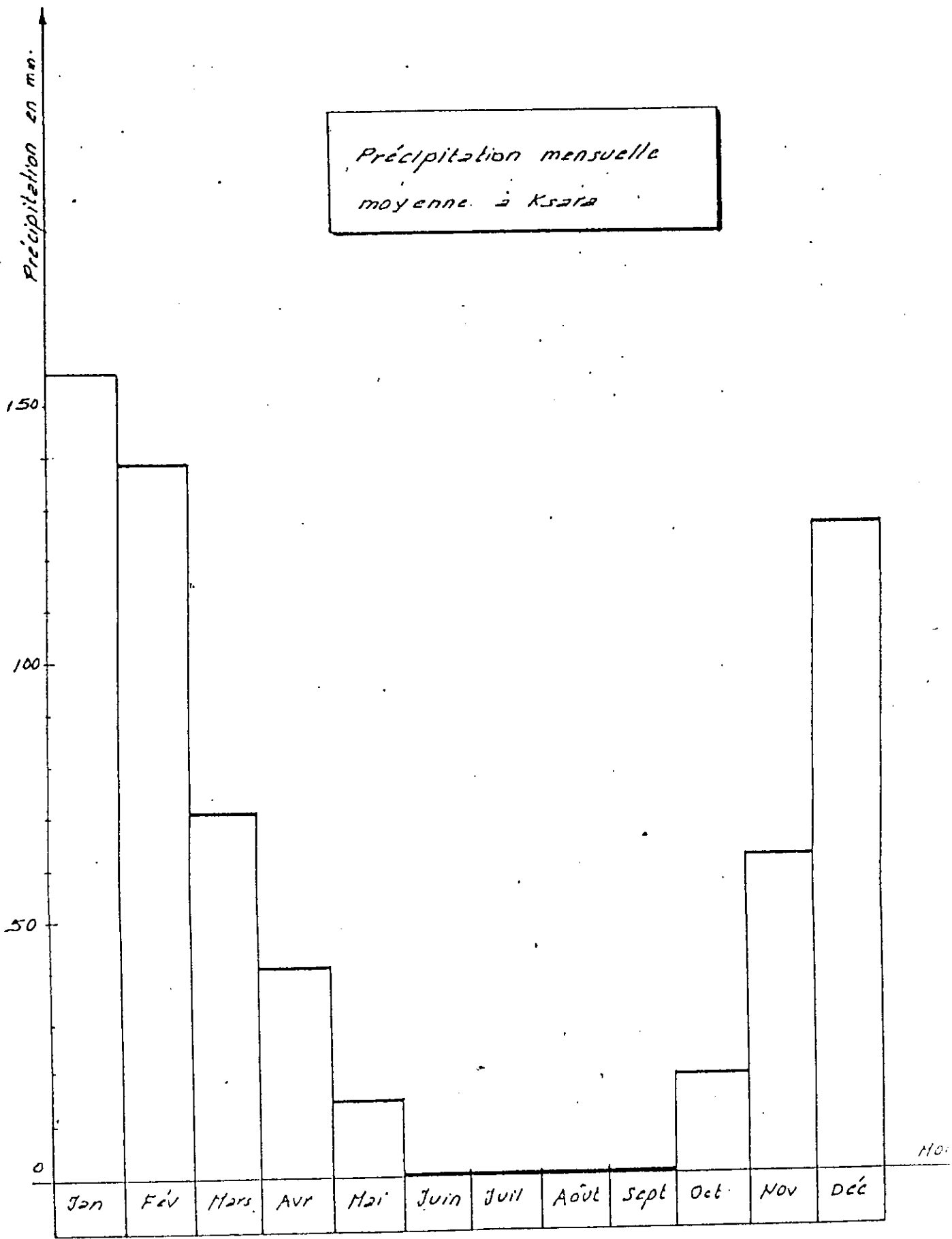
Sept

Oct

Nov

Déc

HO:



Précipitation mensuelle
moyenne à Eschle'

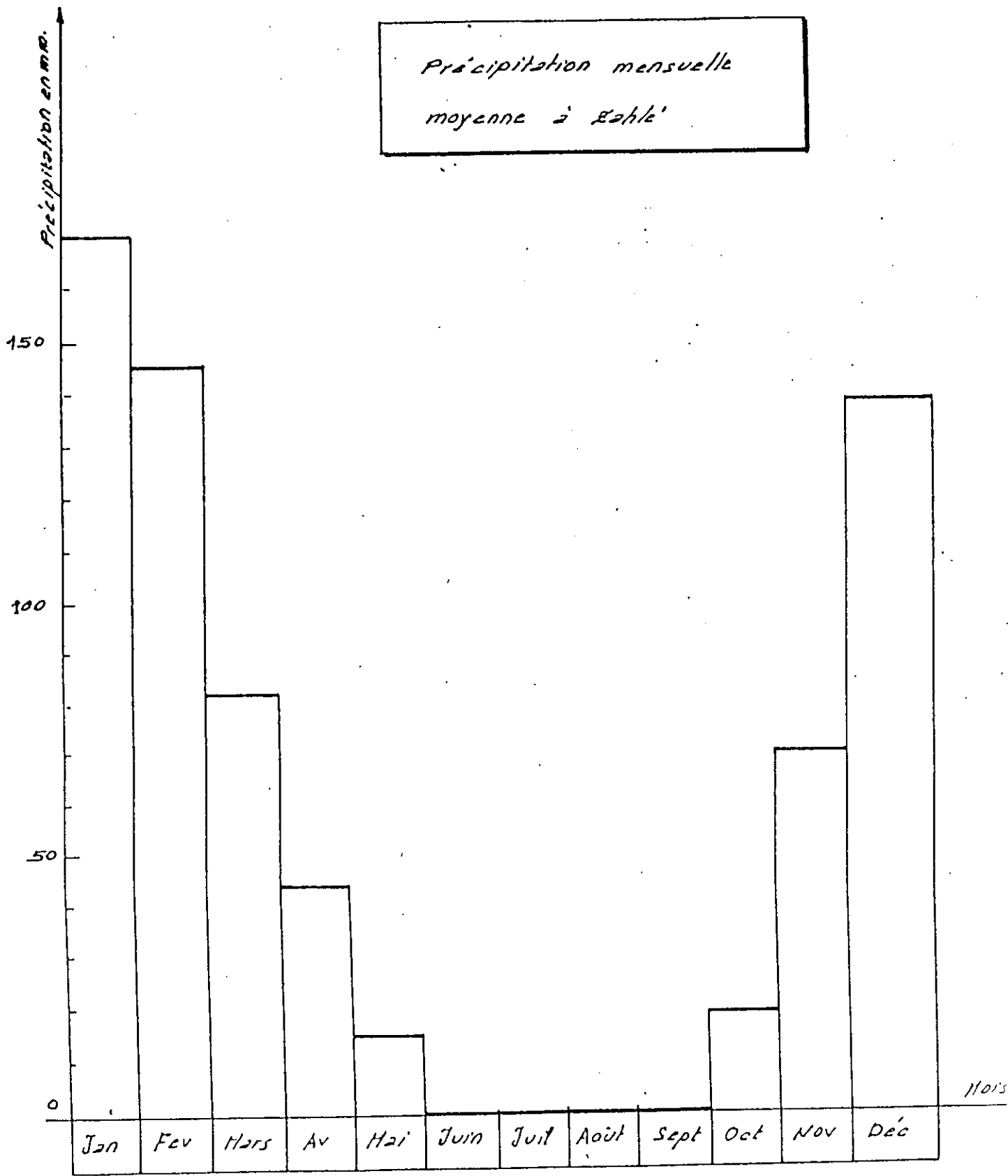


TABLEAU N° 1.8

Précipitations annuelles moyennes

| Station Année de mesure | Précipitations annuelles | | | Indice d'humidité | | |
|-------------------------------|--------------------------|-------|------------|-------------------|-------|-------|
| | Qa'a Er Rim | Zahlé | Ksara | Qa'a Er Rim | Zahlé | Ksara |
| 1921 | | | 435 | | | 69 |
| 1922 | | | 663 | | | 105 |
| 1923 | | | 691 | | | 110 |
| 1924 | | | 600 | | | 95 |
| 1925 | | | 448 | | | 71 |
| 1926 | | | 866 | | | 137 |
| 1927 | | | 660 | | | 105 |
| 1928 | | | 527 | | | 84 |
| 1929 | | | 960 | | | 152 |
| 1930 | | | 397 | | | 63 |
| 1931 | | | 723 | | | 115 |
| 1932 | | | 425 | | | 67 |
| 1933 | | | <u>331</u> | | | 53 |
| 1934 | | | 563 | | | 89 |
| 1935 | | | 775 | | | 123 |
| 1936 | | | 473 | | | 75 |
| 1937 | | | 498 | | | 79 |
| 1938 | | | 726 | | | 115 |
| 1939 | | | 597 | | | 95 |
| 1940 | 1379 | | 657 | 107 | | 104 |
| 1941 | 1409 | | 734 | 110 | | 117 |
| 1942 | 1414 | | 714 | 110 | | 113 |
| 1943 | 1265 | | 757 | 98 | | 120 |
| 1944 | 1097 | | 619 | 85 | | 98 |
| 1945 | 1334 | | 715 | 104 | | 113 |

| Station Année de mesure | Précipitations annuelles | | | Indice d'humidité | | |
|-------------------------------|--------------------------|-------------|-------------|-------------------|-------|-------|
| | Qa'a Er Rim | Zahlé | Ksara | Qa'a Er Rim | Zahlé | Ksara |
| 1946 | 1228 | | 553 | 95 | | 88 |
| 1947 | 1234 | | 535 | 96 | | 85 |
| 1948 | 1195 | | 679 | 93 | | 108 |
| 1949 | 1446 | | 792 | 112 | | 126 |
| 1950 | 1132 | | 577 | 88 | | 92 |
| 1951 | 1025 | 422 | 443 | 80 | 61 | 70 |
| 1952 | 1223 | 646 | 678 | 95 | 93 | 108 |
| 1953 | 1475 | 911 | 800 | 115 | 132 | 127 |
| 1954 | 1517 | 882 | 770 | 118 | 128 | 122 |
| 1955 | 844 | 534 | 461 | 66 | 77 | 73 |
| 1956 | 1383 | 739 | 665 | 106 | 107 | 106 |
| 1957 | 1019 | 704 | 645 | 79 | 102 | 102 |
| 1958 | 1011 | 584 | 534 | 79 | 85 | 85 |
| 1959 | <u>736</u> | 491 | 466 | 57 | 71 | 74 |
| 1960 | 746 | <u>356</u> | 340 | 58 | 52 | 54 |
| 1961 | 840 | 439 | 436 | 65 | 64 | 69 |
| 1962 | 1362 | 669 | 583 | 106 | 97 | 93 |
| 1963 | 1677 | 783 | 716 | 130 | 113 | 114 |
| 1964 | 1322 | 729 | 667 | 103 | 105 | 106 |
| 1965 | 1399 | 711 | 631 | 109 | 103 | 100 |
| 1966 | 1161 | 655 | 643 | 90 | 95 | 102 |
| 1967 | 1824 | 835 | 873 | 142 | 121 | 139 |
| 1968 | 1539 | 776 | 673 | 120 | 112 | 107 |
| 1969 | <u>2354</u> | <u>1293</u> | <u>1174</u> | 183 | 187 | 186 |
| 1970 | 1270 | 667 | 591 | 99 | 99 | 94 |

Dans ce tableau les valeurs soulignées représentent des extremum de précipitations.

1.6.5 - Diagrammes des précipitations annuelles

Du tableau figurant au paragraphe précédent on peut déduire les diagrammes en bâtons des précipitations annuelles aux stations de Qa'a Er Rim, Zahlé et Ksara figurant à l'annexe N° 5

Commentaires

- 1 - Les indices d'humidité des trois stations de la région d'étude varient entre les valeurs extrêmes:

0.57 et 1.83 pour Qa'a Er Rim

0.52 et 1.87 pour Zahlé

0.53 et 1.86 pour Ksara

Ce qui correspond à des stations de climat humide - semi aride.

- 2 - Les rapports des précipitations extrêmes, pour les années de mesure disponible, ont les valeurs suivantes:

3.20 pour Qa'a Er Rim

3.63 pour Zahlé

3.55 pour Ksara

Ces résultats, inférieurs à 4, correspondent aux «zones tempérées» dans le climat méditerranéen.

3 - A partir des tableaux précédents, on peut adopter pour la région d'étude la précipitation annuelle qui est la moyenne des précipitations des trois stations, c.à.d que:

$$P = 869 \text{ mm}$$

soit, en arrondissant:

$$\underline{P = 870 \text{ mm}}$$

1.6.6 - Température moyenne

Dans la région d'étude, uniquement la station climatologique de Ksara a été pourvue d'un thermographe, ce qui permet d'avoir des mesures précises de la température.

Les températures moyennes mensuelles sont données ci-dessous:

TABLEAU N° 1.9

Températures moyennes mensuelles à Ksara

| Mois | J | F | M | A | M | Jn | Jt | A | S | O | N | D |
|-------------------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| Température en °C | 6.8 | 6.9 | 9.6 | 14.1 | 18.5 | 21.8 | 24.0 | 24.3 | 21.7 | 18.1 | 12.5 | 7.7 |

La température à Ksara atteint ses basses valeurs, au-dessous de 0° C, aux mois d'hiver et ses hautes valeurs, voisines de 40° C, en été. La fréquence annuelle des jours chauds (température au-dessus de 35° C) est de 12 jours à Ksara et 24 jours à Zahlé.

Le diagramme des températures enregistrées à Ksara en fonction du mois est dressé sur la page suivante.

D'après l'Atlas Climatique on déduit que la température moyenne de l'année entière dans l'ensemble de la région de Zahlé s'élève à 15° C.

1.6.7 - Humidité et évaporation

Durant la période s'étalant de 1950 à 1955, et selon les Annales Climatologiques, nous relevons les résultats suivants relatifs à la station de Ksara, où:

Ev: représente l'évaporation, en mm au Piche

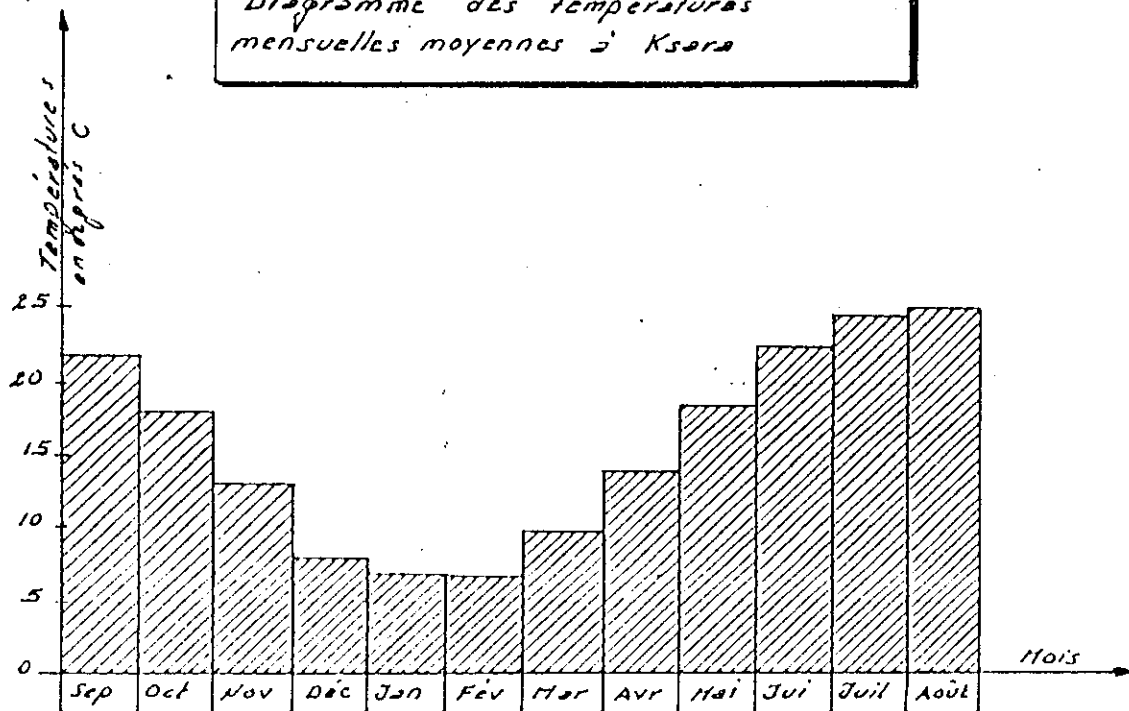
Hu: représente l'humidité relative, en %

TABLEAU N° 1.10

Evaporation et humidité relative mensuelles à Ksara

| Mois | S | O | N | D | J | F | M | A | M | J | J | A |
|-------|-----|-----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Année | | | | | | | | | | | | |
| 1951 | | | | | | | | | | | | |
| Ev | 200 | 118 | 75 | 73 | 57 | 65 | 145 | 142 | 205 | 208 | 243 | 230 |
| Hu | 50 | 63 | 71 | 70 | 73 | 70 | 55 | 58 | 45 | 47 | 45 | 46 |
| 1952 | | | | | | | | | | | | |
| Ev | 186 | 111 | 69 | 32 | 52 | 55 | 97 | 155 | 194 | 215 | 245 | 271 |
| Hu | 50 | 66 | 69 | 82 | 77 | 77 | 68 | 50 | 45 | 43 | 44 | 39 |
| 1953 | | | | | | | | | | | | |
| Ev | 235 | 166 | 76 | 62 | 59 | 65 | 66 | 152 | 219 | 207 | 255 | 232 |
| Hu | 38 | 49 | 67 | 72 | 75 | 73 | 73 | 56 | 44 | 47 | 39 | 44 |

Diagramme des températures mensuelles moyennes à Ksara



Temp moyenne
Ann. 15.5°C
Hiver 9.8°C
Ete 21.3°C

| Mois | S | O | N | D | J | F | M | A | M | J | J | A | |
|-------|----|-----|-----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Année | | | | | | | | | | | | | |
| 1954 | Ev | 169 | 158 | 64 | 33 | 55 | 60 | 110 | 138 | 241 | 248 | 295 | 287 |
| | Hu | 51 | 44 | 71 | 76 | 77 | 76 | 64 | 64 | 42 | 43 | 38 | 42 |
| 1955 | Ev | 196 | 158 | 76 | 44 | 60 | 103 | 109 | 160 | 205 | 286 | 269 | 221 |
| | Hu | 53 | 53 | 72 | 82 | 75 | 65 | 66 | 58 | 53 | 38 | 52 | 57 |

Il en résulte, pour cette même période:

TABLEAU N°1.11

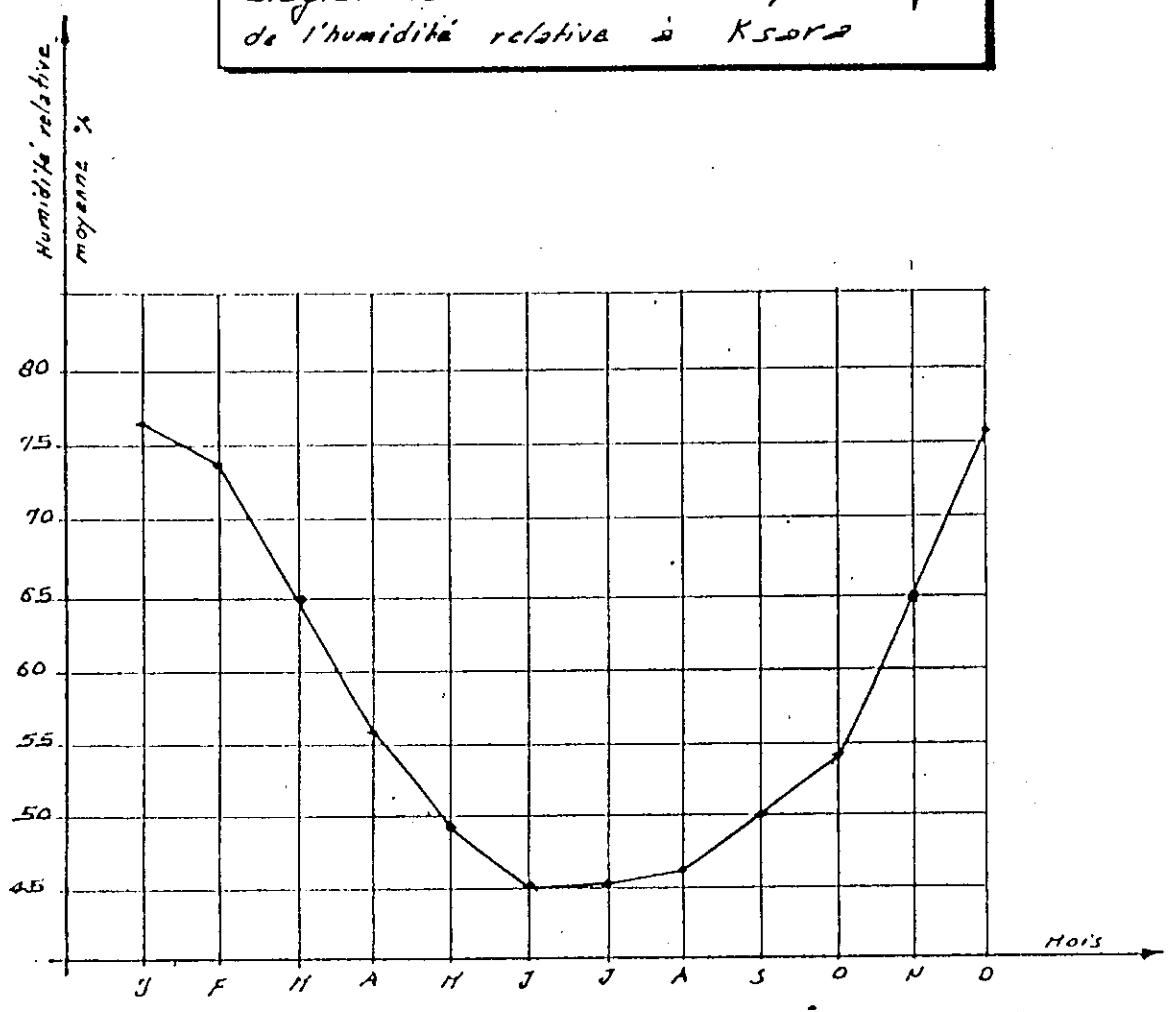
Evaporation et humidité relatives annuelles à Ksara

| Année | Evaporation totale annuelle en mm | Pourcentage annuel moyen de l'humidité relative |
|-------|-----------------------------------|---|
| 1951 | 1761 | 58 |
| 1952 | 1682 | 59 |
| 1953 | 1794 | 56 |
| 1954 | 1858 | 68 |
| 1955 | 1887 | 60 |

D'après l'Atlas Climatique du Liban, nous constatons qu'à Ksara l'humidité relative moyenne a été égale à 58 % et elle a atteint 76 % en hiver (Décembre, Janvier et Février). Durant les mois d'été elle descend jusqu'à 45 %.

Le diagramme de variation du pourcentage de l'humidité relative, à Ksara, est tracé sur la page ci-après.

Diagramme de la variation du pourcentage de l'humidité relative à KSORA



1.7 - Etude hydrographique de Nahr El Berdaoui

1.7.1 - Débit mensuel moyen

En prenant les moyennes des débits des sources Berdaoui déjà mentionnés, durant la période 1962 - 1965, on peut dresser le tableau suivant donnant le débit mensuel moyen:

TABLEAU N° 1.12

Débit mensuel moyen des Sources Berdaoui

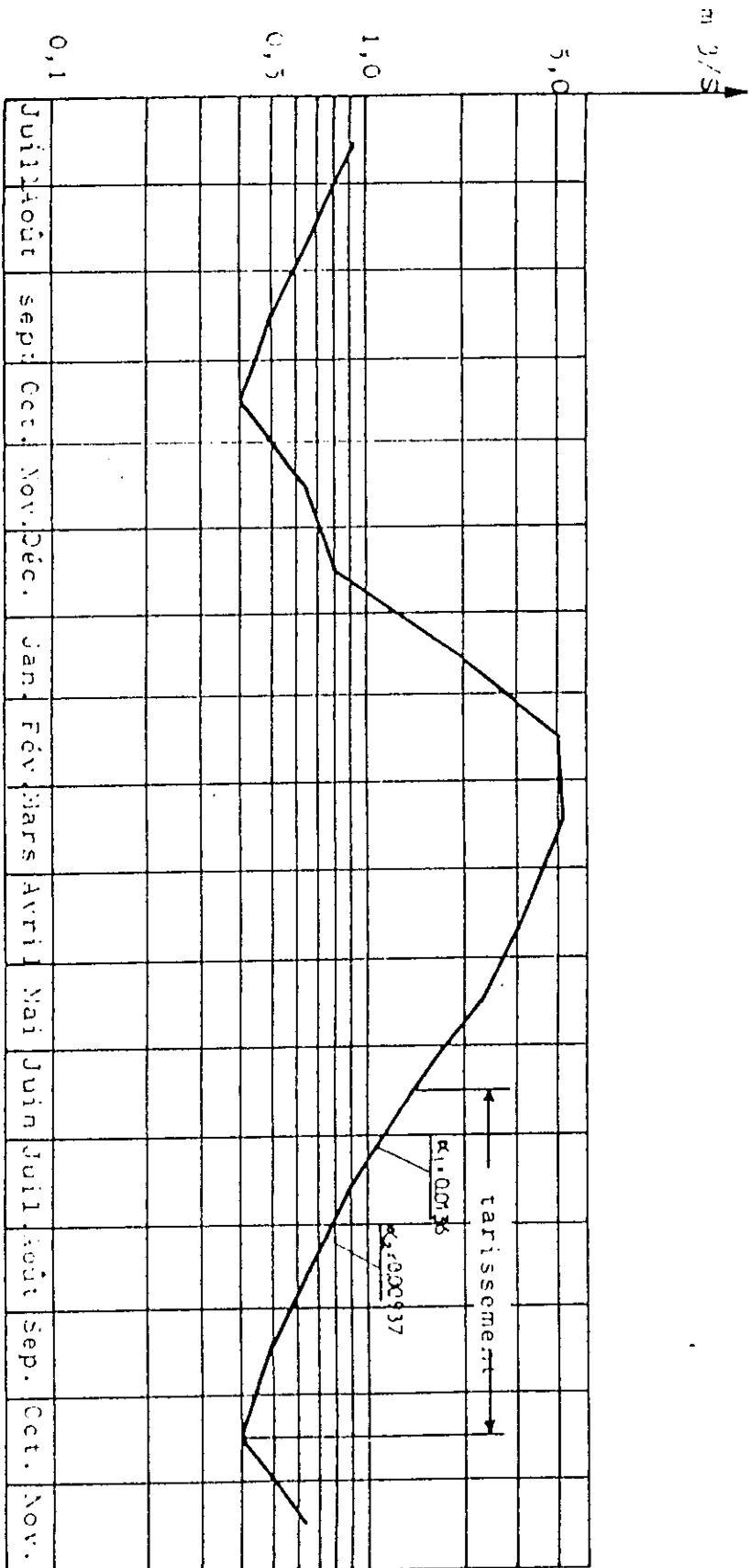
| Mois | S | O | N | D | J | F | M | A | M | J | J | A |
|----------------------------|-----|-----|-----|------|-----|---|-----|-----|-----|-----|------|------|
| Débit en m ³ /s | 0.5 | 0.4 | 0.6 | 0.78 | 1.9 | 4 | 4.2 | 3.2 | 2.3 | 1.4 | 0.93 | 0.67 |

Le débit total annuel de Nahr El Berdaoui s'élève à 44.51 millions de m³.

1.7.2 - Hydrogramme des Sources Berdaoui

Les résultats précédents nous permettent de tracer l'hydrogramme des Sources Berdaoui, c.à.d. la courbe Q (t) des débits en fonction du temps. Cet hydrogramme figure sur la page suivante:

Hydrogramme moyen de la source de Verdawni (1962 - 1965)



De l'examen de cet hydrogramme, il ressort les résultats suivants:

- i) La pointe de l'hydrogramme a pour valeur 4.2 m³/s;
- ii) Il existe un palier de débit pendant les mois de Février et Mars qui est la conséquence d'une fonte lente et régulière des neiges que Nahr Berdaouni draine des hauts plateaux;
- iii) Le «délai de réaction» c.à.d. le temps de réponse de l'écoulement à la sortie des sources à l'averse qu'il reçoit est quatre mois. Ce délai représente le retard entre la courbe chronologique des débits des sources et celle des débits de la pluie;
- iv) La courbe de décrue de l'hydrogramme global est linéaire, en échelle logarithmique, ce qui montre bien que cette courbe de décrue peut être représentée par une fonction exponentielle de la forme: $Q(t) = Q_0 \cdot e^{-\alpha t}$, où $Q(t)$ représente le débit à un instant t et α est une constante positive caractéristique de la source et du bassin versant;

- v) La courbe de tarissement (ou courbe de Maillet), en période non influencée par la précipitation, représentant la décrue des eaux souterraines, est composée de deux segments bien distincts. L'intégrale

$$W = \int_0^{+\infty} Q(t) dt = \int_0^{+\infty} Q_0 \cdot e^{-\alpha t} dt = \frac{Q_0}{\alpha} ,$$

où α est une constante positive caractéristique des Sources et du bassin versant, donne approximativement le volume d'eau W emmagasiné dans les réserves souterraines du bassin versant à l'instant zéro pris comme origine et représente une estimation de la capacité de rétention.

Par planimétrage, on trouve pour les deux coefficients de tarissement correspondant aux deux segments les valeurs;

$$\alpha_1 = 0.0136 \quad \text{et} \quad \alpha_2 = 0.00937$$

On peut admettre que la première partie de la courbe correspond à une époque où l'écoulement s'effectue surtout à travers les chenaux largement ouverts alors que la seconde partie représente le ressuyage de fissures étroites;

- vi) La vidange de la nappe est rapide jusqu'au mois de Juillet. Elle se ralentit jusqu'en Octobre, date à laquelle les premières pluies mettent fin à la période neutre.

1.7.3 - Caractéristiques des Sources Berdaoui

Durant les années 1952 - 1968, les caractéristiques des Sources Berdaoui sont les suivantes:

- Surface du bassin : 79 km³
- Débit au cours de l'hiver: 33 x 10⁶ m³
- Débit au cours de l'été: 11 x 10⁶ m³
- Débit annuel total: 44 x 10⁶ m³
- Module: 17.7 l/s/km²
- Coefficient de tarissement: 0.00950

Ces sources, comme d'ailleurs toutes les grandes sources de la région de Zahlé sont alimentées par les terrains qui absorbent le ruissellement de façon massive: calcaires jurassiques, cénomaniens et éocènes moyens.

1.7.4 - Caractéristiques de la nappe du Berdaoui

Des pompages effectués sur les Sources Berdaoui ont montré que les niveaux piézométriques accusent des variations saisonnières importantes, de l'ordre de 20 m. Ce phénomène est une manifestation des variations importantes des réserves dynamiques entre le début et la fin de la période neutre.

Un forage de reconnaissance exécuté au voisinage des Sources Berdaoui a permis de suivre la variation annuelle du niveau piézométrique qui est de l'ordre de 20 à 25 m.

Les régions où les niveaux piézométriques sont situés à moins de 150 m de profondeur sont limitées aux voisinages immédiats des Sources.

CHAPITRE II
LES RISQUES DE POLLUTION

CHAPITRE II
LES RISQUES DE POLLUTION

2.1 - Introduction

L'eau potable distribuée aux usagers n'est pas réellement consommée : elle est utilisée et porte le nom d'eau usée, et rendue en quantité quasi égale, mais avec une qualité dégradée ; elle est polluée, et son rejet sans précaution risque bien souvent de provoquer des contaminations préjudiciables à la santé de la population.

Aussi est-il indispensable de l'évacuer par un réseau spécial d'égouts, en prenant toutes les précautions contre les risques de contamination, et de la conduire soit vers un endroit où son rejet se fait sans risques, soit vers une installation d'épuration ou de traitement ayant pour but de rendre ce rejet inoffensif pour l'environnement.

Pour tout traitement, le terme de « désinfection » signifie ayant pour but non pas de supprimer, mais seulement de réduire le risque de contamination microbiologique.

2.2 - Microorganismes pathogènes dans les eaux usées

Les eaux usées domestiques (eaux vannes et eaux ménagères), parce qu'elles représentent les déchets de la vie individuelle et collective des agglomérations humaines, et contiennent tous les agents susceptibles de déclencher des maladies transmissibles et excrétés par la voie intestinale ou rénale.

Les microorganismes transportés sont aussi bien d'origine humaine qu'animale et comprennent :

- les bactéries
- les virus entériques : dépourvus d'enveloppe lipidique ce qui leur assure une stabilité relative
- les protozoaires
- les helminthes

Vis-à-vis de ces microorganismes pathogènes, les eaux usées se comportent comme un milieu de survie.

Au niveau des stations d'épuration, les traitements biologiques des eaux usées, lorsqu'ils existent, ne retiennent qu'une fraction de la charge en germes pathogènes influents : de l'ordre de 70 à 99 %.

A préciser, finalement, que le nombre de microorganismes pathogènes susceptibles d'être isolés des eaux usées varie, dans une large mesure, avec la méthodologie mise en oeuvre, ce qui est en particulier le cas pour les virus dont les quantités obtenues sont certainement sous-estimées, de fait des difficultés rencontrées pour concentrer, puis dissocier, les particules absorbées sur les systèmes particulaires.

2.3 - Le risque épidémiologique

Les risques pour la santé que représentent les germes entéropathogènes sont liées :

- directement à l'ingestion d'eaux polluées par les eaux usées, donc plus ou moins fécalisées. C'est, le plus fréquemment, le cas des eaux de surface ou des eaux souterraines non traitées ou dont la désinfection est inadéquate ou interrompue, ou surtout, la contamination massive d'un réseau de distribution publique par des rejets d'eaux usées, ce qui a été le cas de certains tronçons du réseau de la Ville de Zahlé, en 1993.
- indirectement à la consommation d'aliments contaminés par des eaux usées, soit au cours de leur production, soit au cours de leur préparation.

Le risque, qui découle des eaux usées pour la santé humaine, est bien connu :

- i) il est maximal au niveau des eaux usées domestiques puisqu'il s'agit des matières fécales plus ou moins diluées. La concentration des populations bactériennes et virales pathogènes est généralement supérieure à toute « dose minimale infectante ». A ce sujet, l'effluent de seules fosses septiques sera plus dangereux que celui de stations d'épuration de grande dimension.

- ii) il diminue au fur et à mesure que l'on s'éloigne du point d'émission et de collecte, et qu'on avance dans le cycle de l'eau :
 - suivant le facteur de dilution du milieu récepteur.
 - suivant le facteur temps et les conditions écologiques de ce milieu.
- iii) il réapparaîtra dans toute son ampleur, dès qu'un court-circuit réintroduira les eaux usées et leur charge dans l'un des maillons de la chaîne.

2.4 - Pollutions hydriques

L'eau recevant de nombreux déchets, résidus et rejets des habitations, des industries et de l'agriculture, alors il est pratiquement inévitable qu'il y ait des souillures.

Les eaux souillées s'infiltrant en partie dans le sol où elles peuvent polluer les nappes phréatiques et en partie ruissellent sur le sol, comme était le cas aux quartiers à habitation dense, en l'occurrence à Haouche El Omara et à El Karak, avant d'être rejetées soit dans Nahr El Berdaouni constituant l'exutoire naturel des eaux de ruissellement, soit dans les canaux véhiculant les eaux vers les terrains agricoles à Haouche El Omara, Maallaqa et El Karak. Cette situation entraîne la pollution des eaux du fleuve et des canaux. Au fur et à mesure que cette pollution augmente, elle provoque de risques certains pour la santé publique et réduit les ressources en eau.

2.5 - Classement des pollutions

La qualité et la pollution des eaux sont évidemment mêlées.

Selon leurs natures, les pollutions peuvent se classer :

- i) en pollution organique engendrée par les égoûts ;
- ii) en pollution chimique créée par les industries ;
- iii) en pollution physique provenant des déchets ;
- iv) en pollution microbienne provoquée par les microbes pathogènes existant dans l'eau.

2.6 - Caractères des eaux usées

Ces eaux usées comprennent les EU domestiques et les EU de ruissellement. Elles sont polluées et nuisibles. Leurs caractères qualitatifs se résument en :

- i) Caractères physico-chimiques: Présence de matières minérales et organiques en particulier l'azote sous forme de nitrates dans les EU provenant de l'urine et du lessivage des sols agricoles enrichis en engrais azotés, en particulier à Haouche El Omara, Maallaqa et El Karak.
- ii) Caractères biologiques: Présence des microorganismes en suspension dans les EU.

Dans la région de Zahlé, des analyses faites en 1965 par A.C.E. sur les EU ont donné les résultats suivants pour 4 échantillons:

TABLEAU N° 2.1
Analyse des EU à Zahlé

| | BOD (mg/l) | Solides en suspension SS (mg/l) |
|----------------|---------------|------------------------------------|
| Maximum | 950 | 2 030 |
| Minimum | 100 | 294 |
| Valeur moyenne | 350 | 705 |

Par ailleurs, des analyses effectuées par KHATIB & ALAMI CEC, sur l'eau potable, ont donné les résultats suivants:

TABLEAU N° 2.2
Analyse de l'eau potable distribuée à Zahlé

| Date de l'analyse | Lieu de prélèvement | Nombre par ml de | |
|-------------------|-------------------------|------------------|----------|
| | | E. Coli | Coliform |
| 20/7/94 | Réseau d'eau potable | 0 | 0 |
| 20/7/94 | Réseau d'eau potable | 0 | 0 |
| 20/7/94 | Réseau d'eau potable | 0 | 0 |
| 20/7/94 | Réseau d'eau potable | 200 | 200 |
| 26/7/94 | Réseau d'eau potable | 18 | 100 |
| 24/8/94 | Réseau d'eau potable | 0 | 0 |
| 24/8/94 | Réseau d'eau potable | 0 | 0 |
| 24/8/94 | Réseau d'eau potable | 40 | 75 |
| 24/8/94 | Source | 70 | 200 |
| 24/8/94 | Réservoir d'eau potable | 0 | 0 |
| 29/6/94 | Puits | 200 | 200 |
| 29/6/94 | Puits | 200 | 200 |
| 5/11/94 | Puits | 200 | 200 |

CHAPITRE III
LES EAUX USEES

CHAPITRE III
LES EAUX USEES

3.1 - Situation actuelle

Etant donné l'importance de la Ville de Zahlé du point de vue population et développement, et étant le chef-lieu du Mohafat El Beqaa, la Ville de Zahlé est l'une des rares régions du Liban où ont été exécutés des collecteurs généraux des eaux usées (EU) depuis assez longtemps et d'après les documents de la Municipalité de Zahlé - Ma'allaqat, les premiers collecteurs de EU ont été mis en exécution en 1930. Malheureusement les plans et profils en long relatifs à ces conduites sont inexistant nulle part.

Avec l'extension démographique d'autres conduites ont été exécutées, cependant ces collecteurs n'ont pas fait l'objet d'une étude globale.

A l'heure actuelle, il existe un réseau des EU qu'on estime qu'il dessert 80 % de la population; cependant il est vétuste, de longueur totale voisine d'une vingtaine kilomètres et de diamètres variant entre 15 cm et 50 cm, en précisant que 60 % des conduites ont des diamètres de 15 et 20 cm .

Tous les conduits de EU de la région ouest de la ville de Zahlé c.à.d. les quartiers de Er Rassiyé, Saidat En Najat et Mar Antonios, Mar Mikhael et Mar Gérios déversent leurs eaux directement dans la partie du fleuve Nahr El Berdaouni située dans la zone comprise entre l'Hotel Kadri et le nouveau Sérail de Zahlé dont la longueur approximative est de 1.2 Km et qui longe le boulevard de Zahlé et, de ce fait, une odeur désagréable se dégage, en particulier durant la saison sèche quand le débit du fleuve Berdaouni devient assez faible de façon que pendant la dite saison ce cours d'eau de vient pratiquement un collecteur des eaux usées à ciel ouvert, et l'eau sera quasi stagnante provoquant ainsi une pollution de l'environnement.

D'autre part, la région Est de la ville de Zahlé, c.à.d. les quartiers de El Berbara, El Midane, Haouche Ez Zaraané et une partie de Ma'alaqa, est desservie par des conduites d'égoûts reliées à un collecteur général de diamètre 50 cm longeant la rive gauche de Nahr El Berdaouni sur une longueur approximative de 2 km, puis les eaux usées sont déversées directement dans le fleuve Berdaouni dans la région Sud de la Route Internationale entre Chtaura et Baalbeck.

Les EU de la région d'El Karak et une partie de Ma'allaqat Zahlé sont collectées dans une conduite de diamètre 30 cm longeant la partie située entre Ksara et El Karak de la Route internationale Chtaura - Baalbeck.

Par ailleurs, les EU des deux derniers collecteurs, d'une part, et la totalité des eaux de Nahr El Berdaouni, d'autre part, sont utilisées exclusivement pour l'irrigation des terrains cultivées provoquant ainsi une pollution dangereuse de la culture agricole et, par suite présentant un danger sûr pour la santé publique.

Sur un plan, à l'échelle 1/5000, joint à ce rapport, nous avons figuré les collecteurs existants des EU dans la région d'étude.

3.2 - Pollution de l'environnement

Le problème de la pollution de l'environnement se pose actuellement d'une façon imposante et commence à être traité par priorité dans les projets d'intérêt public.

Dans la région de Zahlé la pollution provient des faits suivants :

- i) l'irrigation par les eaux usées sans aucun traitement préalable, ce qui entraîne de multiples atteintes par certaines maladies. Il a été prouvé par certains médecins spécialistes qu'il existe une relation étroite entre la pollution des eaux et l'extension de certaines maladies durant des périodes précises de l'année.
- ii) dans les régions dépourvues de réseau d'EU, les habitants ont construit des fosses ordinaires non conformes aux normes et dimensions des fosses septiques. ces « puits » sont vidés d'une manière irrégulière dans le temps dans les plaines, les vallées ou les cours d'eau de la région de Zahlé, en l'occurrence dans Nahr El Berdaouni et Nahr El Litani, ce qui provoque la pollution des zones avoisinantes.
- iii) la croissance rapide du nombre des usines de natures diverses: papeterie (MIMOSA), fromageries et chocolateries dans le village de Qaa Er Rim commence à être l'origine de la pollution des eaux de Nahr El Berdaouni.

Egalement la région de la cité industrielle déverse les EU directement dans une tranchée véhiculant l'eau servant à l'irrigation, ce qui constitue une violation des lois et normes internationales concernant les eaux destinées à l'irrigation.

A l'heure actuelle, le problème d'élimination de la pollution s'impose expressément, d'autant plus que les eaux polluées commencent à transmettre la pollution aux eaux souterraines et aux eaux des sources ce qui a pour conséquence désastreuse l'arrêt obligatoire de l'alimentation en eau potable de certaines régions, comme c'est le cas de la source Naba'a Halabiyé qui a été polluée en juin 1979 à cause des eaux usées de certaines usines de Qa'a Er Rim qui ont déversé leurs eaux surchargées en cellulose et autres matériaux nuisibles à la santé publique et alors l'Office des Eaux de Zahlé et de ses Environs a été contraint d'arrêter l'alimentation à partir de cette source des conduites d'adduction d'eau potable à la ville de Zahlé depuis ladite date jusqu'à l'heure actuelle, ce qui a privé cette ville d'une source d'alimentation en eau potable dont le débit varie de 2300 m³/j, en été, à 5700 m³/j, en hiver et ces débits sont indispensables pour satisfaire les besoins croissants en eau des habitants de la ville de Zahlé.

3.3 - Besoin en eau d'irrigation

Durant la période sèche s'étalant de mai jusqu'au début novembre, le débit de Nahr El Berdaouni diminue d'une façon notable et étant la source principale pour les eaux d'irrigation des régions irriguées des localités de:

- Haouche El Omara
- Ma'allaqat Zahlé
- El Karak

Ces régions souffrent d'une pénurie d'eau destinée à l'irrigation pendant la période précitée.

Ce problème devient grave lorsqu'on sait que les eaux usées sont utilisées pour l'irrigation pendant cette période d'où la nécessité absolue de traiter les eaux usées dans le but de les réutiliser pour l'irrigation des terrains agricoles.

Il est à mentionner qu'il faut utiliser le pompage pour ramener l'eau déjà traitée aux endroits élevés de certaines zones agricoles, en l'occurrence les zones hautes de Haouche El Omara et de Ma'allaqat Zahlé.

Ces zones ont une superficie de:

- 640 hectares à Haouche El Omara
- 310 hectares à Ma'allaqat Zahlé

A raison de 0.6 l/ha/s, les débits nécessaires aux besoins des terrains agricoles sont de:

- * 384 l/s pour la zone irrigable de Haouche El Omara
- * 186 l/s pour la zone irrigable de Ma'allaqat Zahlé

L'élévation moyenne de refoulement est de:

- 11 m pour la zone irrigable de Haouche El Omara
- 19 m pour la zone irrigable de Ma'allaqat Zahlé

3.4 - Travaux proposés par le NERP

Dans le cadre du National Emergency Recovery Program (NERP), le relevé des réparations urgentes qui doivent être effectuées a été fait par le Consultant JOUZY & PARTNERS, en 1992.

Ces réparations concernent, en première phase, les installations déjà existantes: Conduites des eaux usées et regards. Actuellement ces réparations sont en cours d'exécution.

Ces travaux sont évidemment nécessaires et urgentes, d'autant plus que la Municipalité de Zahlé - Ma'allaqa n'a pas les moyens financiers pour les mettre en exécution; d'ailleurs le manque de crédit a pratiquement paralysé cette institution, depuis bientôt une vingtaine d'années, dans le cadre de l'exploitation et de l'entretien des ouvrages des eaux usées. Actuellement, la Municipalité commence à entreprendre certains travaux de réhabilitation de quelques ouvrages des EU, et ce dans les limites des crédits disponibles.

Cependant ces travaux, de court terme, ne constituent pas la solution du problème des EU dans la région de Zahlé: Il faut étudier et exécuter des collecteurs généraux des EU, d'une part, et construire et équiper une station de traitement de ces eaux, d'autre part, dans un délai ne dépassant pas deux à trois ans puisque le degré de pollution de l'environnement commence à croître d'une manière appréciable et sa croissance est assez aigue.

3.5 - Travaux réalisés sur le réseau

Pendant la période de la guerre libanaise, les travaux sur le réseau des EU étaient quasi inexistantes pour deux raisons: manque de crédit et situation défavorable à l'exécution de travaux.

A partir de l'année 1990, les travaux suivants ont été réalisés sur ce réseau:

- i) Exécution en 1990 - 1991 par le Ministère des Ressources Hydrauliques et Electriques d'un collecteur général des EU à Haouche El Omara dont la longueur est de 1 300 m, environ, de diamètres 20, 25 et 30 cm.

Cette conduite collecte les EU d'une zone représentant 50 % de l'ensemble de la localité.

L'achèvement de cette conduite a permis l'arrêt du déversement des EU sur la rue principale de Haouche El Omara en bordure de laquelle ladite conduite a été posée.

Cette conduite est représentée sur le plan à l'échelle 1/20 000 figurant ci-après.

- ii) Exécution en 1992 par l'Organisation « SAVE THE CHILDREN » d'un collecteur général des EU à El Karak de longueur approximative 700 m, de diamètre 30 cm.

Cette conduite est également représentée sur le plan à l'échelle 1/20 000.

- iii) Le Ministère de l'Habitat et des Coopératives a chargé notre Bureau en 1994 d'étudier des conduites isolées des EU dans la région de Zahlé et de ses environs; les conduites devant desservir des zones résidentielles récemment construites et leurs longueurs cumulées sont de 4 000 m, environ.

Ce Ministère a mis en adjudication certaines de ces conduites et leur mise en exécution a déjà commencé, en particulier un collecteur général de la localité de Haouche El Omara a été achevé: sa longueur est de 900m, le diamètre varie entre 20 et 30 cm et il déverse dans un collecteur déjà existant.

Cette conduite est représentée sur le plan à l'échelle 1/20 000 figurant ci-après.

- iv) La Municipalité de Zahlé - Maallaqa a déjà mis en exécution certains tronçons isolés des conduites des EU durant la période s'étalant entre 1990 et 1994.

3.6 - Eaux usées des usines

Dans la région de Zahlé il existe une cité industrielle dont la superficie est évaluée à 260 hectares et cette cité est en croissance et extension continues on y trouve les usines de façonnage du fer, les ateliers de réparation des véhicules et des engins utilisés en agriculture et, également, la Boucherie de Zahlé. Dans la zone de Qa'a Er Rim surplombant la ville de Zahlé, il existe également de nombreuses usines: papeterie, fromageries, chocolateries et usines de façonnage du carton.

Ces deux zones déversent leurs eaux usées dans divers cours d'eau naturels, permanents ou hivernaux, polluant ainsi leurs eaux.

Dès que l'eau de ces canaux arrive à la plaine de Zahlé, on constate qu'elle est polluée par les EU, domestiques ou provenant des usines et des stations d'essence et elle est véhiculée par des canaux soit pour la transiter pour l'irrigation, soit pour la stocker pour faire le lavage des produits agricoles avant de les acheminer vers les marchés de vente. On doit insister sur ce fait nuisible à la santé publique.

3.7 - Pollution des sources

Le sol de la région d'étude étant du type calcaire où existent en abondance des fissures favorables à l'emmagasinement de l'eau formant une nappe qui est, dans cette région, relativement peu profonde (40 à 60 m, dans l'ensemble).

Les caractères hydrogéologiques du sol de la région permettent l'acheminement de l'eau et la nappe souterraine est apte à être contaminée par les infiltrations des cours d'eau, eux-mêmes pollués, ce qui provoque la pollution des sources existant dans la région d'étude, plus particulièrement la Source de Naba'a Halabiyé, situé à la côte 1096 m, d'où la nécessité absolue et urgente de traiter les EU dans le but de réduire au maximum le danger public de la pollution.

CHAPITRE IV
COLLECTEURS GÉNÉRAUX DES EAUX USEES

CHAPITRE IV

COLLECTEURS GÉNÉRAUX DES EAUX USEES

4.1 - Généralités sur les eaux usées

4.1.1 - Débits extrêmes

Les quantités des eaux usées (EU) à évacuer sont à considérer selon les valeurs extrêmes des débits qui conditionnent la détermination des caractéristiques physiques et hydrauliques des réseaux d'égouts.

Ces valeurs extrêmes sont:

- i) d'une part, les débits de pointe d'avenir qui sont à la base du dimensionnement des collecteurs ; la sommation des débits des EU entraîne, dans certains cas, des surdimensions d'ouvrages ;
- ii) d'autre part, les débits minimaux qui doivent assurer la capacité d'autocurage des conduites, étant donné que le curage est indispensable au bon écoulement des flots.

D'une manière générale, les débits seront évalués sur la base des consommations d'eau globales, de l'agglomération ou du secteur industriel, recensés au jour de la plus forte consommation de l'année, en tenant en compte le facteur d'évolution, en remarquant que les consommations d'eau dépendent beaucoup plus de l'équipement des logements que du type d'agglomération.

Par ailleurs, du fait que les caractéristiques chimiques et biologiques des effluents peuvent être différentes selon les provenances, on doit toujours bien distinguer les EU domestiques des EU industrielles susceptibles de transiter des déchets industriels très polluants.

4.1.2. - Eaux usées domestiques

4.1.2.1 - Evaluation

Les débits maximaux d'avenir sont évalués à partir des consommations d'eau correspondant aux plus fortes consommations journalières de l'année rapportées à l'unité habitant sur une période de 24 heures.

Ces débits sont estimés sur la base des volumes réellement distribués, bien que l'eau consommée ne correspond pas à la totalité de l'eau produite puisqu'il y a toujours des pertes inévitables.

En évaluant les débits maximaux, on doit tenir compte :

- i) de l'accroissement prévisible de la démographie en analysant particulièrement les plans d'urbanisme ;
- ii) du développement probable de la consommation d'eau;

iii) du coût de l'eau consommée dans le cas où, éventuellement, l'Etat décide que toute dépense d'eau sera payée.

4.1.2.2 - Coefficient de pointe

On évaluera les valeurs de débits moyens journaliers applicables aux différents points du réseau, qu'on affectera avec le coefficient de pointe donnée par la relation:

$$p = 1.5 + \frac{2.5}{\sqrt{q_m}} \leq 4 \quad (*)$$

où :

- * p est le coefficient de pointe ;
- * q_m est le débit moyen journalier des rejets exprimé en l/s.

Cette formule suppose que l'écoulement est nul pendant les huit heures de nuit.

(*) Référence: Guide de l'assainissement en milieu urbain et rural par Christian Coste et Maurice Loudet - Editions du MONITEUR - PARIS 1980 - (Page 185)

Les différentes valeurs de débits moyens q_m sont estimées comme celle correspondant aux débits d'avenir, d'où la nécessité de vérifier les conditions d'autocurage du système, ce qui exige parfois des modifications de profil et, éventuellement, des changements de diamètre.

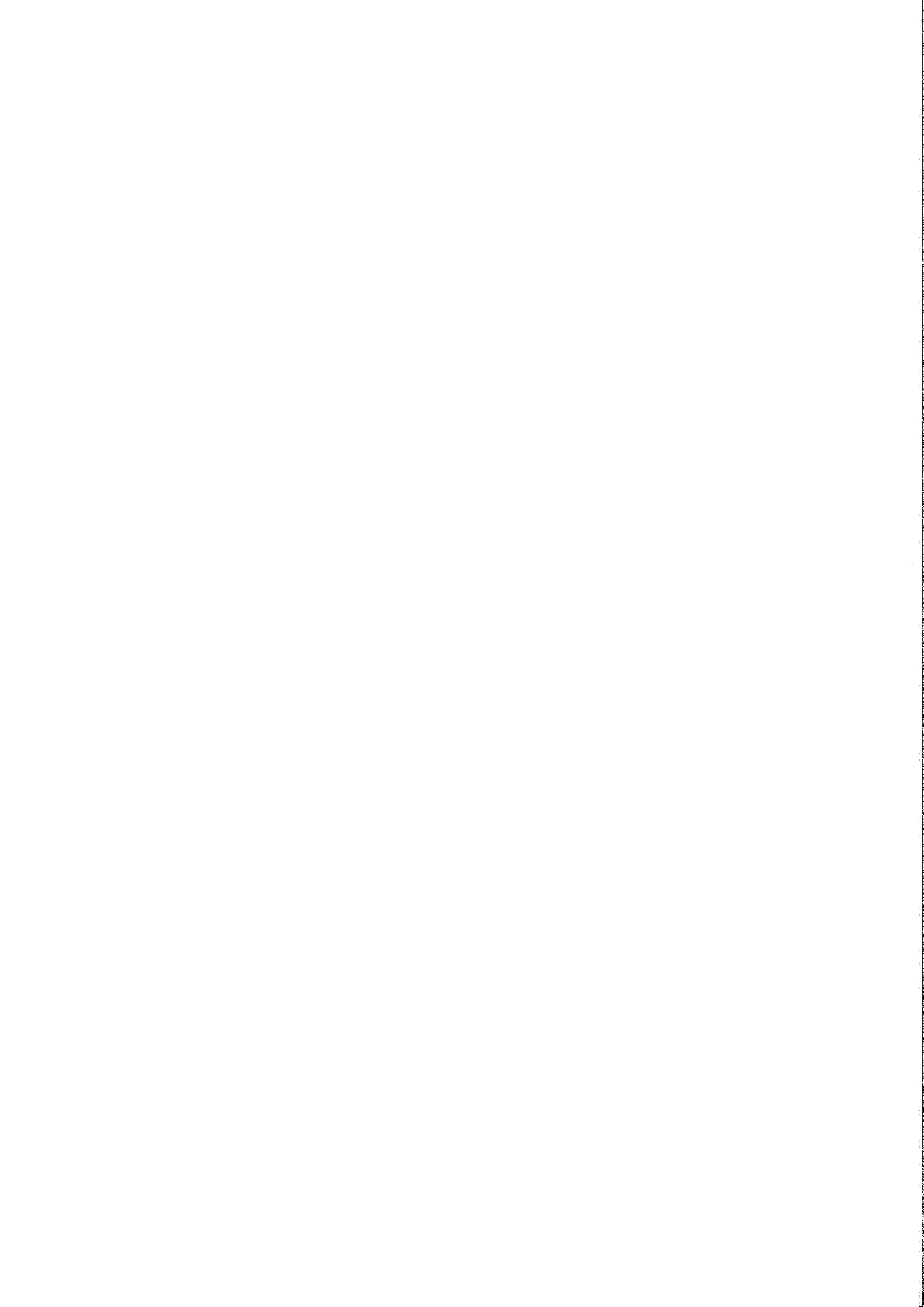
Pour le calcul de la station de traitement des EU, on doit tenir compte des conditions réelles afin d'éviter les insuffisances de débits toujours préjudiciables au bon fonctionnement.

4.1.3. - Eaux usées industrielles

4.1.3.1- Particularité

De la part de leur nature, les EU d'origine industrielle sont souvent différentes de celles en provenance des agglomérations où les EU domestiques sont prépondérantes aussi bien en qualité qu'en quantité, même si quelques industries, de natures essentiellement différentes, sont réparties dans la zone à assainir.

L'influence des rejets industriels doit faire l'objet d'une étude poussée, d'autant plus qu'on envisage de la faire transiter par le réseau général des EU de l'agglomération, les pointes de rejets industriels ne correspondant pas nécessairement avec celles des rejets domestiques.



Les industries existant dans la région d'étude étant les suivantes:

- i) Façonnage du fer;
- ii) Fabrication de halawa et téhiné;
- iii) Fabrication de bonbons.

Dans le calcul des débits à transiter, nous allons en tenir compte.

4.1.3.2 - Evaluation des débits

Pour l'évaluation des débits des EU industrielles, on distingue :

- i) les industries existantes où il est aisé d'effectuer des prélèvements pour les analyses et des mesures de débits ;
- ii) Les industries futures à installer où les incertitudes sont de tout ordre, en particulier leur nature et leur importance.

Les débits à transiter seront calculés avec un coefficient de pointe variant entre 2 et 3 selon la nature de l'industrie et de la surface utilisée par celle-ci.

4.2 - Débits à évacuer

4.2.1 - Débit par capita

La Direction Générale de l'Équipement Hydraulique et Électrique proposait d'adopter le débit de 100 litres/jour/personne pour les besoins en eau potable, par une note de service datée de 1966.

Cependant cette valeur est actuellement insuffisante, étant donnée la hausse du niveau de vie et, par conséquent, la demande accrue en eau.

Le débit nécessaire à la consommation journalière varie suivant les types d'habitat et l'importance de l'agglomération.

Nous adopterons pour le dimensionnement des collecteurs généraux un débit futur:

$$Q = 200 \text{ l/j/personne}$$

tandis qu'actuellement et comme conséquence du manque d'eau, on adopte un débit:

$$Q = 150 \text{ l/j/personne}$$

et, par mesure de sécurité, nous supposons que tout le débit doit être collecté pour les eaux usées (EU).

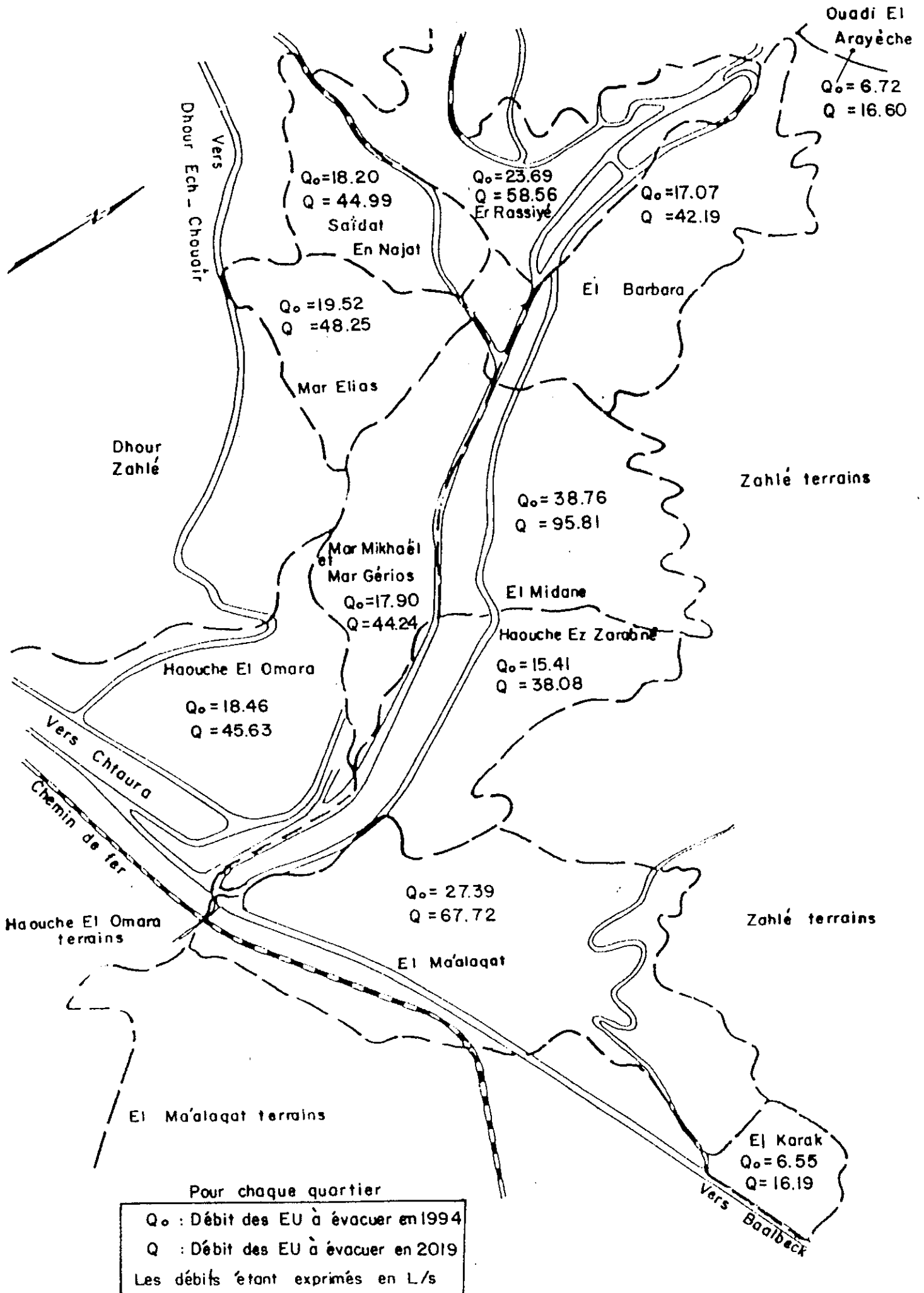
4.2.2 - Débit à évacuer

D'après les nombres d'habitants, actuels et futurs, (Tableau N° 3 où les nombres sont affectés d'un coefficient de majoration de 20 % pour tenir compte du manque des données, ce qui est un pourcentage raisonnable), et d'après les valeurs adoptées pour les débits, les volumes des EU domestiques à évacuer sont les suivants :

TABLEAU N° 4.1

Débits des EU à évacuer

| Année | Débit unitaire l/j/capita | Nombre des habitants | Débit à évacuer | |
|-------|------------------------------|-------------------------|-------------------|---------------------|
| | | | m ³ /j | Mm ³ /an |
| 1994 | 150 | 145 000 | 21 750 | 7.94 |
| 2019 | 200 | 270 000 | 54 000 | 19.71 |



4.3 - Projet proposé

4.3.1 - Système d'évacuation des EU

L'établissement d'un réseau d'assainissement d'une agglomération doit répondre à deux catégories de préoccupation, à savoir :

- assurer une évacuation correcte des eaux pluviales de manière à empêcher la submersion des zones urbanisées et éviter toute stagnation dans les points bas après les averses.

- assurer l'élimination des eaux usées ménagères, des eaux usées vannes et, le cas échéant, des eaux résiduaires industrielles.

Alors il est permis d'imaginer un ou plusieurs réseaux de canalisations où l'effluent s'écoule généralement gravitairement, mais qui peut, dans certaines sections, se comporter en écoulement forcé.

Plusieurs systèmes d'évacuation des eaux résiduaires et des eaux de pluie sont susceptibles d'être mis en service :

- i) système séparatif ;

- ii) système unitaire ;

- iii) système mixte.

Le but de l'assainissement collectif de Zahlé et de ses environs étant :

- d'évacuer au plus bas coût possible les eaux usées et les eaux de ruissellement ;
- de respecter les objectifs de qualité des eaux rejetées dans le milieu naturel ;

alors le choix entre les systèmes d'assainissement est une conséquence :

- de considérations techniques et des conditions régionales (topographie des quartiers, emplacements du réseau des routes et rues, répartition des zones résidentielles et des zones industrielles)
- de considérations économiques tenant en compte les dépenses d'investissement et les frais d'entretien et d'exploitation des équipements des eaux usées : conduites, regards de visite et station de traitement
- de considérations d'urbanisme (réparation des zones)
- de considérations de main-d'oeuvre.

Tenant compte du nouveau plan urbanistique de la ville de Zahlé et de ses environs et étant donnée l'existence de Nahr El Berdaouni dont le parcours occupe les points bas de Zahlé et, de ce fait, constitue l'évacuateur naturel et rapide des eaux pluviales avec un large appel au ruissellement superficiel dans les caniveaux, il est impératif d'adopter le système séparatif.

D'ailleurs, la collecte séparative des EU domestiques nécessite des ouvrages de sections réduites en raison du volume limité des effluents, ce qui constitue un système économique et, de plus, le système séparatif présente les avantages suivants :

- 1 - il est le seul concevable pour les zones où l'habitation est dispersée (Ksara - Dhour Zahlé) ;
- 2 - il permet d'éviter le recours à des installations de pompage imposées par un système unitaire aux endroits de faible pente ;
- 3 - il permet d'évacuer d'une manière efficace les eaux polluées sans aucun contact avec l'extérieur, ce qui n'est pas le cas en système unitaire nécessitant, en cas d'orages, le fonctionnement de déversoirs de trop plein;

- 4 - il assure à la station de traitement des EU un fonctionnement stable, puisque les eaux à traiter ont des débits faibles et réguliers ; la station d'épuration reçoit alors des eaux ayant un degré de pollution uniforme et connu d'où une connaissance parfaite de la nature et de l'importance quantitative du traitement convenable.

4.3.2 - Evacuation des EU industrielles

Etant donnée que la zone industrielle, dans la région de Zahlé se trouve dans la partie aval du collecteur général des EU et au voisinage amont de la station de traitement projetée, nous proposons l'incorporation des eaux usées industrielles au réseau d'assainissement de la ville de Zahlé et, alors, de transiter les EU industrielles par les collecteurs des EU domestiques, ce qui va dans le sens de l'économie.

4.3.3 - Plan du projet proposé

Après étude sur le terrain et sur les plans du Cadastre, à l'échelle 1/2 000, et ceux de l'Armée, à l'échelle 1/20 000, de la région d'étude et à la lumière des diverses consultations de la Municipalité de Zahlé - Maalaqa, représentée en la personne de son Vice-Président, Monsieur Samir Hraoui, Ingénieur, le plan du projet qu'on propose pour l'assainissement de la ville de Zahlé et de ses environs est le suivant :

Ouadi El
Aarayèche

El
Berbara

Er
Rassiyé

El
Midane

Saldat En
Najat
&
Mar
Antonios

Mar
Eltas

Mar Mikhaël
&
Mar Gérios

Haouche
Ez Zaráané

Haouche
El
Omara

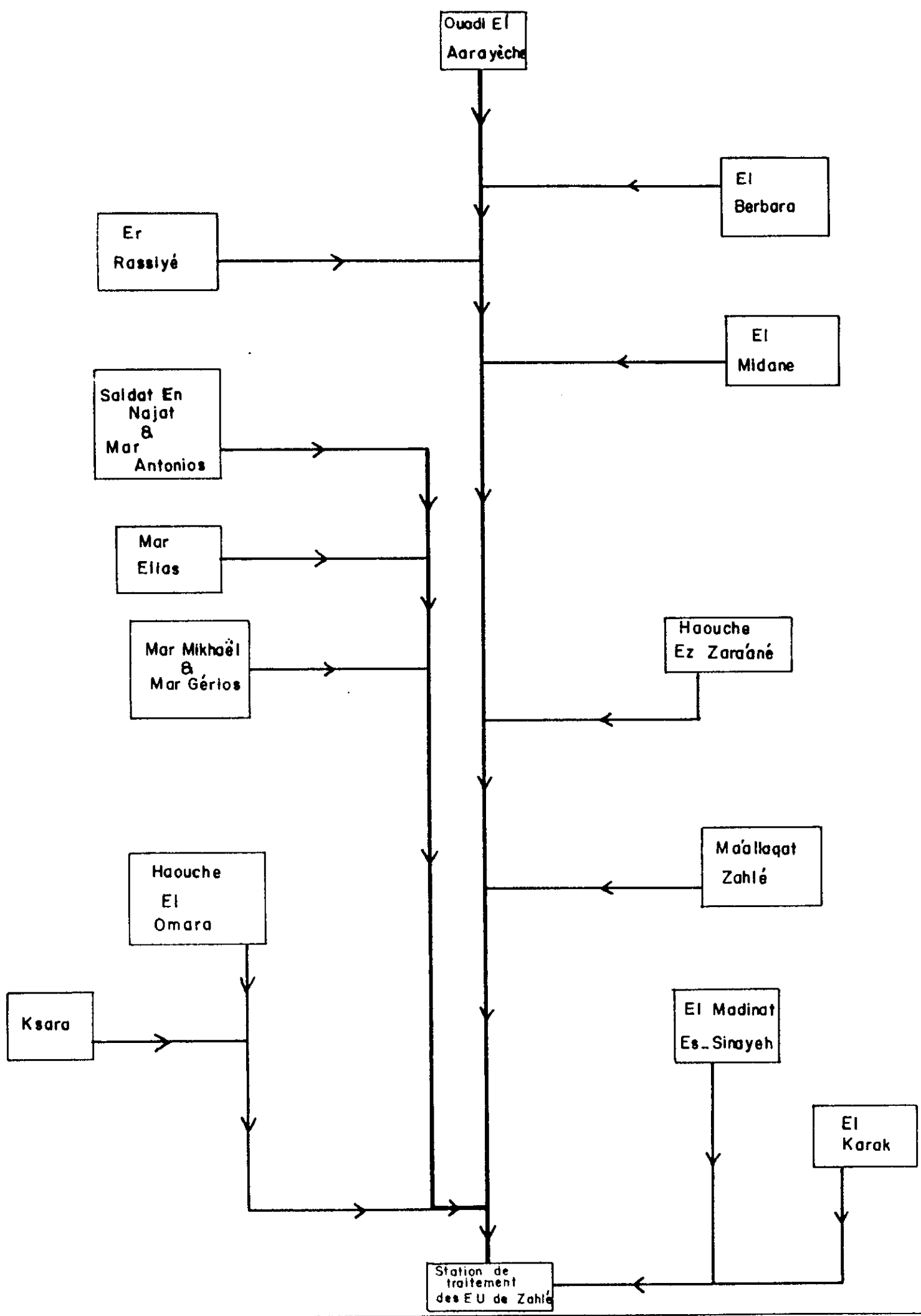
Ma'allaqat
Zahlé

Ksara

El Madinat
Es-Sinayeh

El
Karak

Station de
traitement
des EU de Zahlé



4.3.3.1 -Région du projet

La région desservie par le projet est celle indiqué sur le plan général, à l'échelle 1/10 000 [Plan N° AZ - 1 (P G)], donnée en annexe.

4.3.3.2 - Collecteurs généraux

Les collecteurs ci-dessous mentionnés sont indiqués sur le plan N° AZ-2 (CG) à l'échelle 1/20 000 donné en annexe.

- 1- Pose d'un collecteur général des EU de la ville de Zahlé, noté C1, qui débute à la localité de Ouadi El Aarayèche, longe la route reliant la ville de Zahlé au village de Qa'a Er Rim, traverse le pont de Ouadi El Aarayèche, pour éviter le passage à travers les cafés et restaurants situés aux deux rives de Nahr El Berdaouni, et continue à travers la rue surplombant et contournant le Grand Hôtel Kadri, puis longe la Rue du Brésil entre l'emplacement de la statue de Yussef El Braïdi et la Place du Lido, s'achemine à travers la rue entre la Librairie Hatem et le Souk des légumes, puis va vers le Sérail et longe Nahr El Berdaouni vers Jisr Zahlé - Ma'allaqa, passe au voisinage de l'immeuble Manara, continue vers l'Autoroute Ksara - El Karak et s'achemine vers

le Sud en longeant une rue partiellement asphaltée au bout de laquelle se trouve une plateforme, de côte moyenne 876 m, où est projeté l'emplacement de la station de traitement qui se trouve à une distance de 300 m de Nahr El Litani. La longueur totale de ce collecteur est voisine de 8.500 km.

2 - Pose d'un collecteur général des EU de la localité de Haouche El Omara, noté C2, qui débute au Souk de cette agglomération et longe la rue aménagant vers Bar Elias à travers la région d'El Faïda, dans la direction sud, parallèlement au collecteur général de Zahlé, et dans les régions de El Ksâr et de Deouâr et El Bassal, puis se dirige vers l'Est où est projetée la Station de traitement à une distance approximative de 900 m des régions précitées. La longueur de ce collecteur est de 4.800 km environ.

3 - Pose du collecteur général des EU de la région de Ksara, noté C3, débutant à la Station de carburants Hraoui, située sur l'Autoroute Ksara - El Karak et déversant dans le collecteur C2. La longueur de ce collecteur est voisine de 1.700 km.

4 - Pose du collecteur général des EU du village El Karak, noté C4, partant d'un point de la Route Chtaoura - Baalbeck, au voisinage de la Station de carburants Salhab, et se dirigeant vers le Sud en bordure de la rue asphaltée reliant El Karak à l'Autoroute Ksara - El Karak, puis longe la rue asphaltée vers Delhamiyé où il bifurque vers l'Ouest. La longueur de ce conduit étant voisine de 2.300 km.

5 - Pose d'un collecteur général des EU de Ma'alaqat, noté C5, à partir de la Gare qui se dirige vers C4 dans lequel il déverse. La longueur de cette conduite étant de 1.700 km environ.

6 - Pose d'un collecteur des EU de Ma'allaqa, noté C6, à partir de Jisr Zahlé - Ma'allaqa qui traverse l'Autoroute Ksara - El Karak et se dirige vers le Sud Est pour rencontrer C4. La longueur de ce conduit est approximativement de 1.800 km.

7 - Pose d'un collecteur général des EU de Ma'allaqa et d'El Karak, noté C7, transitant les EU de ces deux localités vers la Station de traitement.

Il est admis que les collecteurs proposés sont du type gravitaire à écoulement libre et ce, dans le but de simplifier le recours à l'équipement qui exige une main-d'oeuvre spécialisée. Pour atteindre cet objectif, on doit prévoir une station de pompage sur le collecteur C1, au voisinage de Jisr Ouadi El Aarayèche sur Nahr El Berdaouni

Cette station a les caractéristiques suivantes:

- * Débit: 50 l/s (Débit de pointe)
- * Hauteur de refoulement: 3.40 m

Il est recommandé d'assurer, sur toute l'étendue du réseau proposé de collecteurs, une aération efficace des conduites, afin de réduire la fermentation des matières organiques en suspension dans les effluents. Une attention particulière doit être attirée sur l'étanchéité du réseau pour éviter toute nuisance à l'environnement.

4.3.3.3 - Station de traitement

L'emplacement de la station est indiquée sur le plan N° AZ-2 (CG). Le choix de cet emplacement a été fait par la Municipalité de Zahlé-Ma'allaqa et celui-ci se trouve dans une zone agricole où il n'y a pas d'unités d'habitation dans son entourage, ce qui ne pose, ultérieurement, le problème de refus par les habitants de l'emplacement de cette station.

Le processus de traitement et les caractéristiques techniques de cette station sont détaillées dans le chapitre V.

Il est indispensable de faire la lutte contre les eaux parasites qui arrivent à la station de traitement, en vue d'éviter le mauvais fonctionnement de l'équipement d'épuration.

4.3.3.4 - Tableau des quantités

D'après les débits futurs à transiter dans les collecteurs et selon les pentes du terrain, on peut dresser, en première approximation, le tableau des quantités des travaux nécessaires.

TABLEAU N° 7

TABLEAU DES QUANTITES

| N° | Nature des travaux | UNITE | QUANTITE |
|-----|---|-------|----------|
| 1 | Fouilles et terrassement dans les terrains de toutes natures de profondeur comprise entre : | | |
| 1.1 | 1 m et inférieure à 2 m | m.l | 1 500 |
| 1.2 | 2 m et inférieure à 3 m | m.l | 18 000 |
| 1.3 | 3 m et inférieure à 4 m | m.l | 5 000 |
| 1.4 | 4 m et inférieure à 5 m | m.l | 500 |

| N° | Nature des travaux | UNITE | QUANTITE |
|-----|--|----------------|----------|
| 2 | Fourniture, transport et pose des conduites centrifugées en béton armé classe 6 000, de diamètres : | | |
| 2.1 | 300 mm | m.l | 7 000 |
| 2.2 | 400 mm | m.l | 9 000 |
| 2.3 | 500 mm | m.l | 1 200 |
| 2.4 | 600 mm | m.l | 1 700 |
| 2.5 | 750 mm | m.l | 1 800 |
| 2.6 | 900 mm | m.l | 4 300 |
| 3 | Construction des regards de visite en béton, de trappe en fonte de masse 155 kg, de hauteur comprise entre : | | |
| 3.1 | 1 m et inférieure à 2 m | Nombre | 200 |
| 3.2 | 2 m et inférieure à 3 m | Nombre | 350 |
| 3.3 | 3 m et inférieure à 4 m | Nombre | 80 |
| 3.4 | 4 m et inférieure à 5 m | Nombre | 20 |
| 4 | Fourniture, transport et pose de sable dans les tranchées | m ³ | 25 000 |
| 5 | Fourniture, transport et pose d'asphalte | m ² | 16 000 |
| 6 | Béton cyclopéen pour la construction de murs | m ³ | 100 |
| 7 | Béton ordinaire | m ³ | 200 |
| 8 | Béton : | | |
| 8.1 | * faiblement armé | m ³ | 60 |
| 8.2 | * moyennement armé | m ³ | 100 |
| 8.3 | * fortement armé | m ³ | 120 |

4.4 - Bases de l'étude

L'étude des collecteurs d'évacuation des EU sera conduite selon les bases suivantes :

- 1 - La vitesse d'écoulement est calculée d'après la formule de Manning - Strickler :

$$V = K R_H^{2/3} J^{1/2}$$

où :

- * V : désigne la vitesse en m/s ;
- * K : désigne le coefficient de Strickler qui est fonction de la nature du matériau constituant la conduite.
(Pour le béton centrifugé, armé ou non, on prend $1/k = n = 0.013$).
- * R_H : désigne le rayon hydraulique en m.
(Pour une conduite circulaire pleine, on a $R_H = 0.25 D$ où D est le diamètre de la conduite).
- * J : désigne la pente de la conduite posée dans la tranchée.

- 2 - Les pentes seront adoptées de façon que la vitesse d'écoulement soit :
 - * supérieure à 0.60 m.s.^{-1} pour éviter les dépôts solides.
 - * inférieure à 3.00 m.s.^{-1} pour éliminer tout risque d'érosion.
- 3 - Pour l'évaluation des débits, on considérera la densité future de population dans les zones d'étude.
- 4 - Le choix du diamètre et de la pente d'une conduite seront calculés en considérant que la quantité maximale des EU la remplit complètement.
- 5 - Les conditions d'autocurage sont à vérifier pour le 1/10ème du débit à pleine section et l'on considère généralement que cette condition est remplie si la vitesse obtenue est de l'ordre de 0.60 m.s.^{-1} .

Selon la circulaire N° 77 - 284 du 22/6/77, concernant l'instruction technique relative aux réseaux d'assainissement des agglomérations (Ministères de l'Intérieur, de la Culture et de l'Environnement, Paris 1977), d'autres conditions doivent être vérifiées :

- i) A pleine ou à demi-section, un tuyau circulaire doit assurer une vitesse d'écoulement de 0.70 m.s.^{-1} ou, à l'extrême, la vitesse d'écoulement doit être au moins égale à 0.30 m.s.^{-1} ;
 - ii) Le remplissage de la conduite au moins égal aux $\frac{2}{10}$ ème du diamètre doit être assuré pour le débit moyen actuel.
- 6 - On doit respecter, dans le profil en long, une profondeur minimale des collecteurs généraux en vue :
- i) de permettre une réalisation correcte des raccordements avec les conduites secondaires des EU ;
 - ii) d'éviter, sous l'effet des charges roulantes, tout risque d'écrasement des égouts sous la chaussée ; on estime nécessaire de disposer d'une épaisseur minimale de remblai égale à 1.20 m ;
 - iii) d'empêcher d'une façon absolue toute intercommunication entre le réseau d'assainissement et une canalisation voisine de distribution d'eau potable ; à cet effet, on devra veiller à construire l'égoût à un niveau très inférieur à celui de la conduite d'eau potable.

7 - Des regards de visite doivent être prévus en tout point où il y a un changement quelconque :

- * de pente ;
- * de direction ;
- * de diamètre ;

et, en outre, la distance entre deux regards ne doit pas dépasser 60 m pour faciliter les travaux d'entretien et de réparations futurs.

8 - Les unités de mesure adoptées sont celles du système international (SI).

CHAPITRE V

STATION DE TRAITEMENT DES EAUX USEES

CHAPITRE V

STATION DE TRAITEMENT DES EAUX USEES

5.1 - Introduction

5.1.1 - Considérations générales

Dans la zone d'étude, il convient de ne prévoir qu'une seule station d'épuration. En effet, l'expérience a montré que cette solution est préférable à une multiplication du nombre des installations du point de vue :

- de l'économie : investissements moindres ;
- de l'exploitation : l'entretien est mieux assuré.

La liaison des réseaux des eaux usées des localités dans la région d'étude étant possible, alors nous optons pour le regroupement des stations d'épuration en une seule exploitée en commun.

D'autre part, pour des raisons financières, il est possible de réaliser un ensemble d'installations d'épuration en plusieurs phases successives ; ces installations doivent permettre l'élimination d'au moins 53 % du flux journalier des matières décantables, comme stipulent les normes. Cette subdivision exige que soient programmées simultanément la construction de la station de traitement et l'exécution du réseau d'assainissement.

La station d'épuration des eaux usées est proposée au point bas de la zone d'assainissement intéressée, c.à.d. à la côte 876 m, près de Nahr El Litani qui constitue le récepteur possible et naturel des eaux traitées. De cette façon, les eaux à traiter seront transitées par gravité dans le collecteur général.

De plus, les conditions topographiques d'implantation de la station nécessitent une certaine hauteur représentant la perte de charge due à l'écoulement. Cette hauteur est de 0.30 m à 0.80 m pour les champs d'épandage, les lagunes, les cheneaux d'oxydation et les bassins à boues activées.

5.1.2 - Données de base

La station sera conçue d'une façon simple et économique pour le traitement des eaux usées domestiques. La surface nécessaire, la consommation d'énergie, le coût d'exploitation, la robustesse et l'entretien, la qualité d'effluent, sont des facteurs qui gèrent le choix de la méthode de traitement.

Les données de base pour la station de traitement des eaux usées de la Ville de Zahlé et de ses environs sont les suivantes :

- . Nombre d'habitants : 270 000
- . Débit : 200 l/personne/jour
- . Coefficient de pointe : 2.5
- . Qualité de l'eau brute : Solide en suspension
300 mg/l
DBO = 240 mg/l
- . Qualité de l'effluent
secondaire : Solides en
suspension 30 mg/l
DBO ≤ 20-30 mg/l
- . Chlore résiduel : 0.5 - 1 mg/l
- . Oxygène dissout : 0.5 - 2 mg/l
- . Altitude : 876 m.
- . Température minimale
de l'eau : 15° C.
- . Température maximale
de l'eau : 25° C.
- . Qualité de l'effluent
tertiaire : DBO ≤ 10 mg/l
- . Solides en suspension ≤ 10 mg/l

5.1.3 - Choix du procédé de traitement

5.1.3.1 - Principes de bases

Dans le but de traiter les eaux usées (EU), on doit, d'une part, retenir les déchets qui seront rejetés à la nature sous forme de produits inertes utilisables pour l'agriculture et de produits gazeux ayant une certaine valeur énergétique et, d'autre part, obtenir un effluent épuré et rejeté à la nature.

L'évolution des EU se fait en passant par divers stades consécutifs comprenant :

- les traitements préliminaires (ou : mécaniques) ;
- les traitements primaires ;
- les traitements secondaires ;
- les traitements tertiaires (ou : avancés).

Les épurations successives sont basées sur des phénomènes d'ordre physique, chimique et biologique.

5.1.3.2 - Traitements préliminaires

Les traitements préliminaires sont les préalables nécessaires à tout procédé d'épuration des eaux usées (EU).

Les EU brutes étant chargées de matériaux encombrants, il s'avère nécessaire de retenir ces matériaux pour protéger les installations de traitement placées en aval. Cette opération exige de placer les ouvrages suivants :

- 1 - un déversoir d'entrée et une station de jaugeage puisqu'une station ne peut fonctionner convenablement si les débits des EU varient sur un intervalle trop grand.

- 2 - une chambre de dessablement ayant pour but de protéger la station contre l'intrusion de graviers et sables ; l'élimination de ces matériaux s'effectue soit par des décanteurs, soit mieux, par centrifugation dans des dessableurs tangentiels.

- 3 - des grilles d'entrée pour retenir les matières volumineuses : c'est le dégrillage qui s'effectue manuellement ou mécaniquement. On note que la dilacération des résidus n'est pas recommandée pour éviter l'encombrement de la station d'épuration.

- 4 - une chambre de dégraissage permettant la séparation de l'effluent brut des huiles et des graisses en provenance des garages, des usines et de l'abattoir de Zahlé situé à El Madinat Es Sinayeh, afin d'éviter une certaine inhibition des processus biologiques.

A préciser que la destruction des résidus provenant des traitements préliminaires doit se faire par évacuation avec les ordures ménagères. D'ailleurs, le CDR a projeté l'étude d'une station de traitement des déchets solides dans la région de Zahlé.

5.1.3.3 - Traitements primaires.

Les procédés de traitements primaires sont physiques (décantation), et, éventuellement, physico-chimiques. Ils permettent l'élimination de 50 % à 60 % des matières en suspension (MES) décantables dans l'eau et de réduire la D.B.O. entre 25 % et 40 %.

- 1 - Procédé de décantation physique ayant pour objet l'obtention du dépôt des matières organiques en suspension : les corps en suspension dans les EU se séparent du liquide par sédimentation.

- 2 - Procédés physico-chimiques de décantation qui consistent à alourdir les particules en suspension et, aussi, à neutraliser les charges électriques portées par les substances colloïdales pour réduire leur dispersion en favorisant leur coagulation.

5.1.3.4 - Traitements secondaires

Le degré d'épuration exigé pour le rejet des effluents dans Nahr El Litani n'est pas, en général, atteint après les traitements préliminaires et primaires, d'où la nécessité de poursuivre les traitements dits secondaires.

Les procédés utilisés se classent en :

- 1 - Procédés chimiques

Appliqués aux eaux résiduaires industrielles ; le type et la quantité des réactifs à employer varient suivant la composition des eaux à traiter.

2 - Procédés biologiques

Parmi lesquels on distingue successivement:

a - les procédés biologiques naturels

Ces procédés réalisent l'épuration par le sol ; ils comprennent :

i) l'épandage sur le sol :

Procédé adopté lorsque la densité de la population est faible, ce qui n'est pas le cas de la Ville de Zahlé

ii) le lagunage naturel (ou : bassin de stabilisation) :

On distingue trois types de lagunes:

- Les lagunes profondes fonctionnant en anaérobiose ;
- les lagunes de faible profondeur où la flore bactérienne aérobie hydrolyse la matière organique ;
- Les lagunes de finition fonctionnant en aérobie.

b - Procédés biologiques artificiels.

Ils comprennent des dispositifs permettant de localiser sur de faibles surfaces et d'intensifier les phénomènes de transformations des matières organiques.

On utilise :

i) les lits bactériens.

Les EU, préalablement décantées, se font ruisseler sur une masse de matériaux poreux qui sert de support aux micro-organismes (bactéries) épurateurs où une aération est pratiquée pour apporter l'oxygène nécessaire pour garder les bactéries en bon état de fonctionnement.

Un lit bactérien est défini par sa charge hydraulique et par sa charge organique.

Sur la page suivante, nous figurons un schéma fonctionnel de lit bactérien.

ii) les boues activées

C'est une technique d'accélération artificielle des processus d'auto-épuration dans les milieux naturels: Les bactéries aérobies, à l'intérieur des EU, étant soumises à une forte oxygénation absorbent les matières organiques pour former des flocons qui décantent : ce sont les boues activées.

Le schéma de principe de ce procédé et celui d'une station de traitement par boues activées sont donnés sur la page suivante.

Le rendement d'épuration par boues activées dépend simultanément de deux facteurs :

- a) la fixation, par absorption et oxydation, des éléments polluants par la masse bactérienne ;

- b) la bonne séparation de cette masse et de l'eau interstitielle épurée.

Par ailleurs, l'installation d'une station d'épuration par boues activées comprend successivement :

- en amont : les traitements préliminaires et primaires ;
- le bassin d'aération (ou : d'activation) ;
- le décanteur secondaire avec reprise d'une partie des boues ;
- l'évacuation des eaux traitées.

Sur la page suivante, on figure le schéma d'une station d'épuration complète.

Des chenaux d'oxydation destinés à assurer une épuration efficace des EU grâce à un flux d'oxygène pur sont souvent utilisés, en particulier dans les stations d'épuration à environnement sensible où la désodorisation est strictement nécessaire. Cette méthode a l'avantage de la possibilité de réduction du volume des réacteurs biologiques du fait que la pression d'oxygène étant très élevée, on dispose de capacités d'oxygénation plusieurs fois supérieures à celles disponibles avec le seul air atmosphérique, d'où l'éventualité de pouvoir satisfaire les besoins de boues activées plus concentrées soumises à des charges volumiques plus importantes.

Par ailleurs, si la fourniture d'oxygène atmosphérique est gratuite, il est à noter que l'utilisation de l'oxygène pur est onéreuse. Les avantages essentiels de l'emploi de l'oxygène pur sont recherchés du point de vue sécurité de fonctionnement, facilités d'exploitation et conditions d'environnement, d'autant plus que le Liban met l'accent sur la nécessité de préserver l'environnement.

5.1.3.5 - Traitements tertiaires

Ces traitements constituent un complément d'épuration des EU pour les régérer, car l'épuration secondaire conduit à l'abattement des germes pathogènes au taux de 90 % environ, ce qui est insuffisant dans certains cas, en l'occurrence lorsque les EU traitées sont utilisées pour l'irrigation, ce qui est d'ailleurs le cas dans la zone agricole de Haouche El Omara, Ma'allaqat et El Karak.

Plus précisément, les traitements tertiaires permettent :

- la réduction supplémentaire de certains matériaux en suspension et de DBO ;
- la destruction de la plupart des micro-organismes pathogènes par la désinfection;

- la lutte contre les micro-polluants non dégradables (détergents, insecticides ...).

Les solutions possibles exigent des types de traitement :

- physiques : décantations, tamisages, etc. ;
- chimiques : à base de chaux, floculations, etc. ;
- biologiques : lagunages, boues activées, etc. ;
- bactériologiques : utilisation du chlore, de l'ozone, etc.

Bien entendu, ces types d'épurations sont coûteux et ne sont utilisés que dans le cas où l'eau traitée est nécessaire à des usages divers, en particulier à l'irrigation.

5.1.3.6 - Choix du procédé d'épuration

Le choix du procédé adéquat d'épuration dépend de plusieurs facteurs qui ne sont pas d'égale importance. En effet, la décision doit tenir compte des critères suivants :

1 - Critères d'ordre technique :

- les performances d'épuration : DBO - DCO ;
- la possibilité d'extension des installations ;
- le traitement des boues et leur élimination ;
- la qualité du génie civil.

2 - Critères d'ordre écologique :

- le souci de l'environnement ;

- l'importance des nuisances (bruits, odeurs) ;

- l'implantation de la station et la topographie des lieux.

3 - Critères relatifs à l'exploitation de la station :

- le degré de fiabilité de l'équipement ;

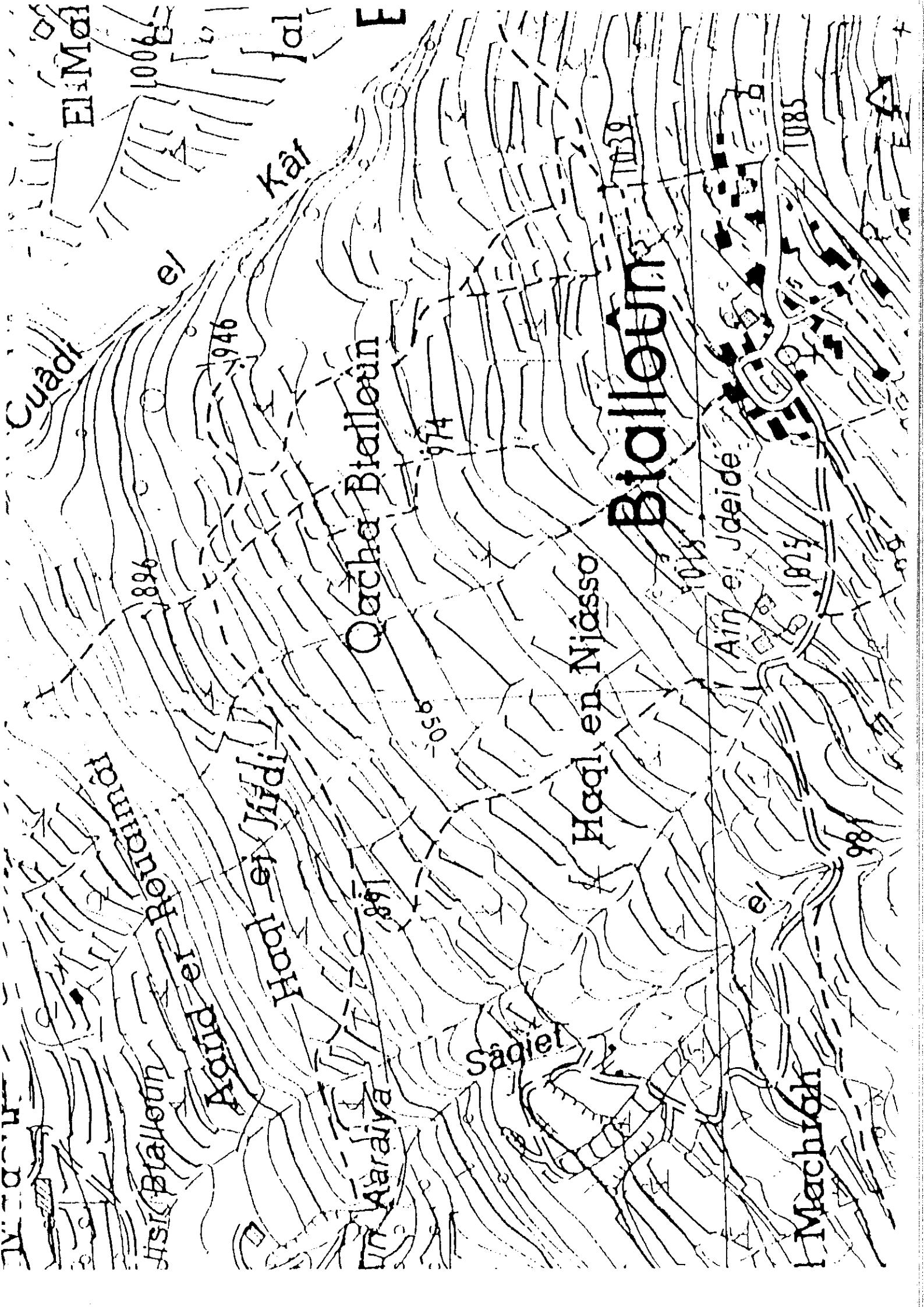
- les besoins en personnel (cadre, maîtrise et agents d'exécution) ;

- les problèmes des boues ;

- les besoins en matières consommables et les transports.

4 - Critères économiques :

- les coûts d'investissement ;



El Maâ

1006

Cuadr

el

Kâr

Qacha Bialloun

974

Haql en Niâso

Bialloun

Aïn el Jdeide

Mechighi

1039

1085

Haql en Niâso

Haql en Niâso

891

950

Sagiet

el

998

Haql en Niâso

Haql en Niâso

Haql en Niâso

886

946

1006

- les coûts de fonctionnement et de gestion ;

- les coûts d'entretien.

5.1.3.7 - Type de station adoptée

Les deux procédés sont adaptés les mieux pour le traitement des eaux usées, dans la zone d'étude sont :

- le système des bassins d'aération (lagunes) ;

- le système de l'oxydation par boucles.

D'après les données de base, on peut déduire les résultats suivants pour chaque procédé de traitement dans le but de les comparer :

i) Bassins d'aération

Durée de rétention : 8.37 jours.

| | | |
|---------------------------------------|---|------------------------|
| . Volume des lagunes | : | 329 400 m ³ |
| . Profondeur d'eau | : | 3 m |
| . Superficie du terrain nécessaire | : | 109 800 m ² |
| . Besoin en oxygène | : | 632 kg/h |
| . Puissance nécessaire | : | 550 CV |
| . Revanche minimum | : | 60 cm |

ii) Oxydation par boucles

| | | |
|---------------------------------------|---|-----------------------|
| . Duré de rétention | : | 24 heures |
| . Volume des boucles | : | 54 000 M ³ |
| . Profondeur d'eau | : | 3 m |
| . Superficie du terrain nécessaire | : | 18 000 m ² |
| . Besoin en oxygène | : | 927 kg/h |
| . Puissance nécessaire | : | 650 CV |
| . Revanche minimum | : | 30 cm |

A la lumière de ce qui précède et, en tenant compte des contraintes techniques, écologiques, d'exploitation et économiques dans la région de la Ville de Zahlé, nous optons pour le choix de la solution de bassin d'oxydation par boucles (Oxidation ditch process) pour les raisons suivantes :

- a - Le prix du m² du terrain proposé pour l'implantation de la station étant de 7 \$, alors l'économie en prix du terrain sera de:

$$(109\ 800 - 18\ 000) \times 7 = \underline{642\ 600\ \$}$$

- b - La puissance absorbée par l'oxydation par boucles est proportionnelle à sa charge.

- c - L'épuration par oxydation par boucle n'est pas très influencée par le débit de pointe, contrairement au cas des lagunes.

5.2 - Description du processus

5.2.1 - Equipement et écoulement

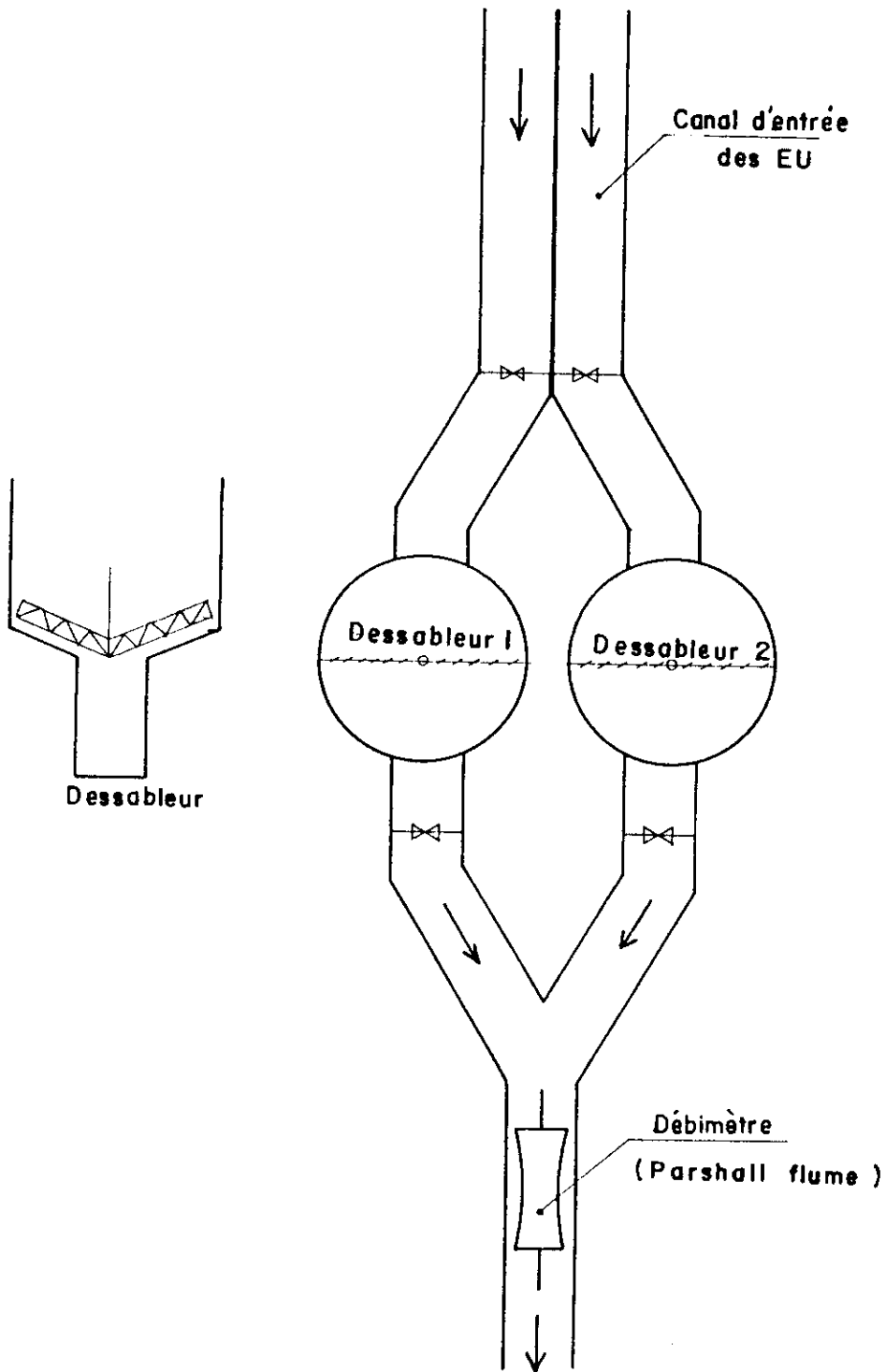
L'eau brute passe dans un canal rectangulaire à travers un système de dégrillage mécanique/manuel qui attrape les déchets encombrants (tels que les morceaux de bois, les boîtes de conserves, les étoffes ...) qui pourraient endommager les équipements mécaniques.

Le système de dégrillage doit être conçu de façon à éviter le colmatage. Le fonctionnement du système de nettoyage sera contrôlé par une minuterie et un système de détection de perte de charge.

Ensuite l'eau dégrillée passe à travers un système de dessablage formé de deux unités fonctionnant en intermittence pour atteindre un déversoir qui distribue l'eau également sur quatre bassins d'oxydation.

Sur la page suivante figure un schéma du canal d'entrée des eaux usées, des dessableurs et du débit mètre (Parshall flume).

Le déversoir étant muni de vannes murales permettant d'isoler un bassin pour les opérations d'entretien et de réparation nécessaires.



Puis, dans les bassins d'oxydation l'eau sera mélangée de façon continue et fournie avec de l'air par l'intermédiaire des aérateurs à axe horizontal. Un déflecteur sera prévu à l'aval de chaque aérateur de façon à assurer un bon mélange. Les coins inférieurs des bassins doivent être chanfreinés pour éviter toute accumulation de boue. L'aérateur est activé par un moteur électrique et un réducteur de vitesse supporté par l'axe de l'aérateur. Celui-ci reposant sur des roulements spéciaux.

5.2.2. - Problème de l'odeur

L'oxydation par boucle n'exige normalement aucune clarification primaire ni une digestion aérobique, alors les boues activées formées sont stables jusqu'à un degré élevé et non nuisibles du point de vue pollution et odeur.

De plus, les lits de séchage ne provoquent pas d'odeur si la stabilisation préalable des boues est correcte. Il est utile de réserver autour de ces lits une bande de terrain de 35 à 50 m de largeur au minimum sur laquelle on peut établir une plantation dense de 3 ou 4 rangées d'arbres disposés en quinconce: ces plantations (cyprès, sapins, etc...) doivent jouer un rôle efficace d'écran.

Le bassin est muni d'un déversoir rectangulaire réglable permettant d'ajuster le niveau de l'eau dans le bassin, augmentant ou réduisant ainsi la quantité d'oxygène fournie. La puissance absorbée par le moteur est proportionnelle donc à la quantité d'oxygène fournie. Le bassin est constitué en béton armé et traité

par une peinture résistante à l'agressivité des eaux usées. Une règle graduée en aluminium sera installée dans chaque bassin pour mesurer le niveau de l'eau.

L'eau aérée quitte le bassin d'oxydation pour passer au bassin de sédimentation où la séparation de la boue activée et de l'eau aura lieu. L'entrée de l'eau dans le bassin de sédimentation doit avoir lieu à travers un déflecteur cylindrique pour assurer une répartition uniforme de l'eau et éviter toute turbulence.

Le bassin de sédimentation doit avoir une surface et un temps de rétention nécessaires pour permettre une bonne sédimentation de la boue. L'eau claire quittera le clarificateur à travers un déversoir périphérique vers le bassin de désinfection conçu pour un temps de rétention suffisant.

Sur la page suivante figure un schéma de la station de traitement proposée.

A ce stade l'eau pourrait être évacuée directement vers le fleuve Litani ou bien dirigée vers un système de traitement tertiaire pour être utilisée ultérieurement pour l'irrigation. La boue accumulée au fond du bassin de sédimentation sera pompée vers les bassins d'oxydation ou, le cas échéant, envoyée vers les lits de séchage.

5.3 - Notes Techniques

5.3.1 - Traitements préliminaires et primaires

La partie de la station consacrée à ces traitements est simplement constituée par un système de dégrillage mécanique et d'un autre, manuel, pour permettre un entretien simple.

Les caractéristiques de ce système sont les suivantes :

| | |
|------------------------|---|
| Capacité | : 54 000 m ³ /jour |
| Inclinaison | : 60° par rapport à l'horizontale |
| Constitution | : barres en acier noir propement traité |
| Espacement des barres: | 25 mm |
| Dimensions des barres: | 30/10 mm |

La vitesse à travers une grille doit être:

| | |
|---------|---------------------------|
| 0.9 m/s | : pour le débit de pointe |
| 0.4 m/s | : pour le débit moyen. |

La quantité de déchets collectés est estimée à 2 m³/jour. (Voir Annexe N° 6)

5.3.2 - Traitements secondaires

Ces traitements se font dans les ouvrages constitué de :

- Bassin d'aération et d'oxygénation
- Bassin de sédimentation
- Bassin de désinfection
- Lits de séchage

5.3.2.1- Bassin d'aération et d'oxygénation

Le système de traitement biologique est basé sur le principe de « Oxidation Ditch ». Quatre bassin sont proposés (donc chacun servira $270\ 000/4 = 67\ 500$ personnes).

| | | |
|-------------------------------------|---|--|
| Nombre de bassins | : | quatre (4) |
| Temps de rétention | : | 24 h |
| Charge organique | : | 240 kg BDO / 1000 m ³ |
| Volume d'un bassin | : | 13 500 m ³ |
| Hauteur du bassin | : | 3.30 m |
| Largeur d'un bassin | : | 29 m |
| Longueur d'un bassin | : | ≅ 162 m |
| Nombre de rotors par bassin | : | huit (8) |
| Capacité d'oxygène d'un rotor | : | 695 kg Or / jour dans les conditions du site et 1253 Kg Or / jour dans les conditions standards |
| Puissance du moteur de chaque rotor | : | 40 CV |

| | | |
|---------------------|---|--------------|
| Immersion de calcul | : | 10" (254 mm) |
| Immersion maximale | : | 12" (305 mm) |
| Vitesse de rotation | : | 66 tours/s |

Le rotor sera constitué par :

- Un tube de 14" de diamètre en acier noir proprement protégé et de longueur 6.7 m ;
- Des lames en acier galvanisé convenablement renforcé rassemblées en anneaux de 12 lames chacune et espacées de 15 cm tout le long du tube ;
- Des axes de transmission avec brides.

5.3.2.2 - Bassin de sédimentation

A chaque bassin d'oxydation est associé un bassin de sédimentation. Chaque bassin de sédimentation doit avoir une capacité minimale de 2 250 m³ pour assurer un temps de rétention de 4 heures pour le débit journalier moyen. Le débit par unité de surface doit être de l'ordre 0,9 à 1 m³ /h.m².

| | | |
|------------------------------|---|------------|
| Quantité | : | Quatre (4) |
| Hauteur du bassin | : | 4,5 m |
| Diamètre du bassin | : | 26,7 m |
| Hauteur d'eau dans le bassin | : | 4 m |

Le bassin de sédimentation sera muni d'un collecteur de boue, tournant à la vitesse 0,1 tpm et d'un écumeur. La vitesse de rotation de 0.1 tpm a été choisie de façon à éviter tout risque de création de tourbillon et de turbulence dans le bassin.

La boue sera aspirée du fond de chaque bassin par l'intermédiaire de deux pompes centrifuges (l'une en opération, l'autre en attente) de capacité 0,5 à 1,25 fois le débit moyen.

5.3.2.3 - Bassin de désinfection

Un seul bassin de désinfection sera prévu pour tout le système. Il doit assurer un temps de rétention de 30 minutes (pour le débit journalier moyen : $V=1125 \text{ m}^3$ et doit être muni d'un système de déflecteurs pour éviter les court-circuits.

Le produit chimique à utiliser est le chlore gazeux stocké dans des réservoirs de capacité suffisante pour servir le fonctionnement durant un mois complet. Le chlore sera injecté avec la concentration l'ordre de 10 ppm c.à.d. 10 mg/l afin d'obtenir un chlore résiduel de 0.5 à 1 ppm.

La consommation du chlore est donc estimée à :

$$10 \text{ mg/l} \times 54\,000\,000 \text{ l} = 54 \times 10^7 \text{ mg} = \underline{540 \text{ kg}}$$

5.3.2.4 - Lits de séchage

Les lits de séchage sont utilisés pour déshydrater la boue produite. Celle-ci sera placée sur les lits d'épaisseur variant entre 20cm et 30 cm pour réaliser l'opération de séchage.

Une boue bien stable (comme dans le cas des « oxidation ditch ») ne doit pas présenter, lors de décharge sur les lits, des problèmes d'odeur. Après séchage, la boue est enlevée puis envoyée pour être remblayée quelque part ou utilisée comme engrais agricoles.

Le lit de séchage sera divisé en des lits individuels pour faciliter l'accès des équipements d'enlèvement de la boue. Le lit de séchage est équipé d'un système de drainage placé au centre du lit et drainant dans un puits de collecte. L'eau collectée sera pompée vers le bassin d'oxydation.

La surface consacrée aux lits de séchage qui est convenable pour le climat de la région de l'emplacement prévu pour la station de traitement des EU sera de l'ordre $0.5 \text{ m}^2/\text{m}^3$ soit $0.5 \times 54\ 000 = 27\ 000 \text{ m}^2$.

A remarquer que la boue représente, en moyenne, 1 % du volume de l'eau brut, ce qui, dans le cadre du projet, est évalué à 500 kg/j.

5.3.3 - Traitements tertiaires

Ces traitements seront utilisés pour l'eau destinée à l'irrigation. Après ce traitement, la qualité de l'effluent sera :

$DBO_5 \leq 10 \text{ mg/l}$

Solides en suspension $\leq 10 \text{ mg/l}$

En remarquant qu'avant la filtration tertiaire la DBO_5 était de 30 mg/l et que les solides en suspension étaient dans la proportion de 30 mg/l , également.

Il sera constitué :

- d'un réservoir tampon, de capacité 2500 m^3 .
(avec trop-plein) ;
- de pompes d'alimentation ;
- d'un système de filtration gravitaire ;
- d'un taux de filtration : $2.45 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$;
- d'une surface de filtration : 918 m^2 ;
- d'un réservoir de stockage, de capacité $2\ 700 \text{ m}^3$.

CHAPITRE VI

APERCU GEOLOGIQUE DE LA REGION DU COLLECTEUR GENERAL DES EAUX USEES A ZAHLE

CHAPITRE VI

APERCU GEOLOGIQUE DE LA REGION DU COLLECTEUR GENERAL DES EAUX USEES A ZAHLE

6.1 - Schéma structural de la région

Cette région se situe sur le versant intérieur du massif du Liban sur le flanc Est du massif tabulaire de Sannine (Qa'a Er Rim) et jusqu'au coeur de la plaine de la Béqaa (El Karak ou Fayda).

L'accident majeur du relief de cette région est la faille de Yammouneh. « Cette faille sépare le plateau du Sannine culminant à 2600 mètres de la demi voûte s'enfonçant doucement de 2000 mètres vers la Bekaa et sous ses alluvions » avec un rejet topographique de 600 mètres (Ref. Fig. de Zahlé - L. Dubertret).

La retombée du Sanine sur la Bekaa est constituée de calcaires fissurés extrêmement perméables donc peu favorables au ruissellement et à l'érosion. Cette constitution explique le vif contraste du versant méditerranéen entaillé d'un dense réseau de profondes vallées et le versant intérieur où les seuls ravins profonds sont ceux qui suivent la faille de Yammouneh, c'est-à-dire d'origine tectonique (Exemple Wadi El Berdaouni). Les eaux d'infiltration sourdent du côté de la Béqaa au voisinage de la plaine et sont privées de force érosive.

Toutefois, l'apport de nombreuses petites rivières dans la région de Zahlé nourrit le Litani qui, d'un mince filet d'eau à Rayak, devient dans cette région le principal cours d'eau du Liban.

6.2. - Aperçu stratigraphique régional

Dans les massifs du Liban et de l'Anti Liban, le Jurassique constitue le substratum profond alors que le Crétacé jusqu'au Turonien en forme la couverture.

Dans le couloir de la Béqaa, le Sénonien, le Paléogène, l'Eocène, le Néogène continental et les alluvions quaternaires prédominent.

6.2.1- Le Jurassique

- Dolomies et calcaires gris reconnaissables le long de la route Mrouj-Antoura-Zahlé. Ils constituent aussi le socle de Djebel Zaarour.

- Les termes supérieures marquent une tendance à l'émersion, plus marquée sur le flanc Ouest de l'Hermon (Anti-Liban).

6.2.2 - Le Crétacé

- Inférieur : gréseux et argilo-gréseux.
- Moyen: calcaires marquant une transgression franche reconnaissable entre Mdeïrej et Dahr El Baïdar et sur le versant Nord de Nahr El Berdaoui.
- Supérieur: marne crayeuse sur les flancs et la Béquaa. Le changement de faciès marque un changement des conditions paléogéographiques à la suite d'un début d'orogénèse.

6.2.3 - Le Paléogène

- Crayeux et calcaire subrécifal à grosses Nummulites observés en amont de Zahlé.
- Il se termine par une régression de la mer avec l'absence de l'Eocène supérieur et de l'Oligocène.

6.2.4 - Le Néogène Continental

- Poudingues inférieurs s'appuyant en discordance sur les calcaires paléogènes.
- Marnes lacustres finement stratifiées avec fins lits de lignites.
- Poudingues supérieurs s'enfonçant vers la plaine alluviale quaternaire.

6.3. - Série Lithostratigraphique le long de la conduite

L'étude des affleurements le long du versant Nord du Nahr El Berdaoui montre les formations stratigraphiques suivantes (Cf. Coupes sur la page suivante).

6.3.1 - Le Crétacé moyen «C₄₋₅»

- « C₄ »- Le Cenomanien à base dolomitique puis une alternance de fins bancs calcaires et marneux.
- « C₅ » - Le Turonien à calcaires compacts semblables aux précédents.

6.3.2 - Le Crétacé supérieur «C₆»

Ce sont des Calcaires Crayeux et marneux avec des niveaux glauconieux et des lits de silex.

6.3.3 - Le Paléogène «e»

La base est marmo-calcaire alors que le sommet est à calcaire fin dur devenant bréchiq.

6.3.4 - Le Néogène «m_L - m_{cgl}»

- «m_L» - la marne lacustre formée par des niveaux calcaires mal indurés, calcaires compacts fins et des niveaux marneux grumelleux à aspect terrigène avec quelques passées ligniteuses fines.
- «m_{cgl}» - des niveaux conglomératiques supérieurs à galets arrondis et certains sont bien indurés comme à Tal Chiha ou Tallet El Hammar. D'autres passées ne sont pas consolidées.

6.3.5 - Le Quaternaire «q »

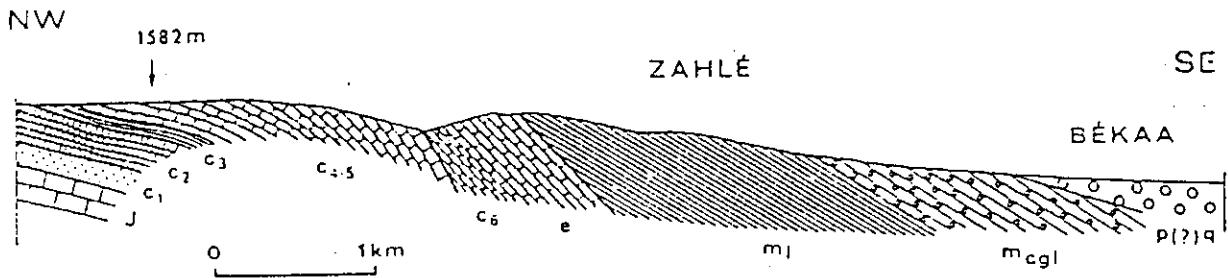
- Un alluvionnement quaternaire dont l'épaisseur des dépôts ne peut être précisée sans sondages ponctuels.
- Une décalcification active a permis le développement des sols surtout au niveau de cette partie centrale alors qu'ailleurs des nappes de galets et de graviers sont plus abondants.

6.4 - Conclusion

De cet aperçu géologique rapide de la région il est à signaler que:

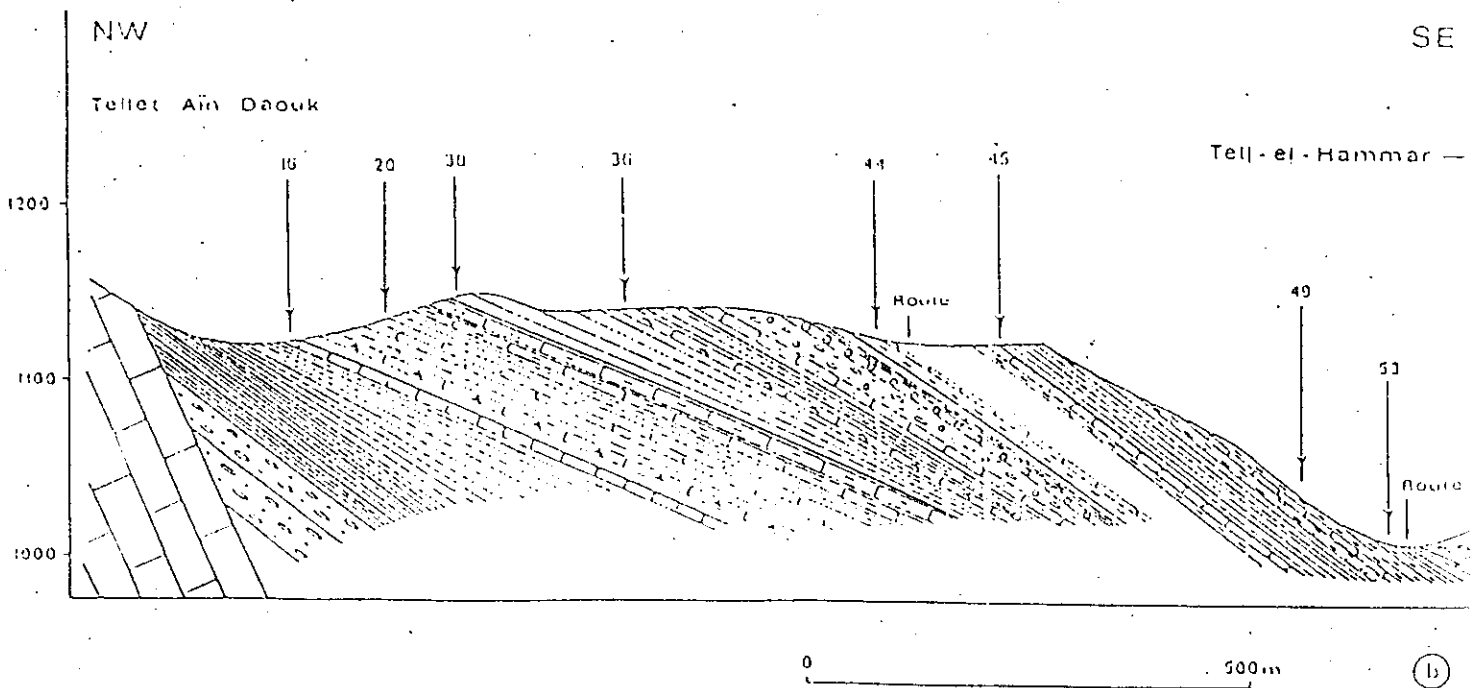
- i) La majeure portion du collecteur en aval de Zahlé (7/8 de son parcours) passe par des formations meubles ou friables (marnes néogènes et alluvions quaternaires) marquant une certaine instabilité sur les versants. Des glissements se sont déjà manifestés lors des constructions sur les versants Sud du Nahr El Berdaouni, d'ailleurs le nom de la ville est là pour nous le rappeler.

- ii) La Lithologie calcaro-argileuse laisse plus facilement percoler l'eau et causer une usure de fond sur les conduits souterrains qui n'est pas à négliger.



COUPE LE LONG DU VERSANT NORD DU NAHR
BERDAOUNI - (Zahlé, Békaa - Carte géologique du
 Liban au 1/200.000)

SCHEMA DE LA COUPE DE ZAHLE



CHAPITRE VII
COÛT DES TRAVAUX

7.1 - Position du problème

Dans le but d'évaluer avec précision les crédits qui doivent être disponibles pour pouvoir réaliser les travaux nécessaires à effectuer sur les équipements des eaux usées (EU), on doit, à priori, préciser les coûts actuels et courants des travaux.

Insistons sur un fait important : les coûts mentionnés ci-après sont le résultat de calcul de valeurs moyennes des coûts des travaux similaires dans différentes régions libanaises.

Ce travail de synthèse est intéressant pour faire appel à des normes d'estimation sommaires, permettant une évaluation rapide des ouvrages. Et il semble illusoire de chercher au début des études une plus grande précision, car de nombreux facteurs ne peuvent être définis qu'après la mise au point du projet d'exécution. Enfin, ces coûts peuvent présenter une certaine utilité lorsqu'on désire établir une programmation d'ensemble des investissements à long terme.

Les prestations entrant en ligne de compte pour fixer les coûts d'investissement des réseaux d'assainissement se composent des éléments suivants:

- i) les terrassements dans les terrains de natures différentes, y compris les sujétions des rencontres partielles de roches, les boisages et l'épuisement, la profondeur maximale des terrassements étant de 5 m ;

- ii) la fourniture et la pose des conduites en béton centrifugé, armé ou non suivant l'emplacement, ou en amiante-ciment ou, éventuellement, en fonte ductile, de diamètres nominaux variant entre 20 cm, valeur minimale adoptée pour éviter les dangers d'obstruction, et 90 cm, pour les collecteurs généraux des EU.
- iii) la mise en oeuvre des ouvrages annexes (regard de visite et de changement de pente ou de direction, boîtes de branchement) ;
- iv) le remblaiement des tranchées et la remise en état des sols et des chaussées ;
- v) la construction des murs de soutènement servant de support des tranchées où seront posés les égouts, en béton cyclopéen ou ordinaire ou armé ;
- vi) la construction et l'équipement de la station de traitement des EU ;

D'une manière générale, les dépenses d'investissement des réseaux d'assainissement sont conditionnées par un grand nombre de paramètres, mais il est possible d'établir des coûts moyens de premier établissement ou de réhabilitation.

Dans ce qui suit, nous dressons les tableaux des coûts actuels des travaux énumérés ci-dessus suivant leur nature, en remarquant que du fait de variations brusques du taux d'échange : dollar américain - livre libanaise, des modifications doivent être apportées aux prix des carburants, au coût de la main d'oeuvre et autre, ce qui exige l'actualisation des prix à la date de mise en adjudication des travaux nécessaires.

7.2 - Coût des terrassements

A l'heure actuelle, en prenant la valeur moyenne actuelle (*) du coût des terrassements dans les terrains de toutes natures dans la région d'étude, le coût est donné par le tableau suivant :

TABLEAU N° 8

COUT DES TERRASSEMENTS

| Profondeur en m | Largeur en m | Coût du mètre linéaire en US \$ |
|--------------------|-----------------|------------------------------------|
| 1 | 0.7 | 5 |
| 1.5 | 1 | 7 |
| 2 | 0.9 | 13 |
| 3 | 1.1 | 25 |
| 4 | 1.5 | 46 |
| 5 | 2 | 80 |

(*) Novembre 94

7.3 - Coût des conduites

Pour les marchés publics des travaux d'assainissements, l'Administration Libanaise (Ministère de l'Habitat ou Ministère des Ressources Hydrauliques et Electriques ou Ministère de l'Intérieur : Municipalités) propose aux entrepreneurs le choix entre les conduites en béton centrifugé, celles en amiante - ciment et celles en fonte ductile. Alors nous dressons le tableau des prix courants de fourniture des conduites centrifugées :

TABLEAU N° 9

PRIX DES CONDUITES CENTRIFUGEES

| Diamètre nominal en cm | Prix du mètre linéaire des conduites, avec joint, en US \$ (*) | | | |
|------------------------|--|-------------------------|-------------------------|--------------------------|
| | Béton non armé | Béton armé classe 6 000 | Béton armé classe 9 000 | Béton armé classe 13 500 |
| 20 | 10 | Inexistant | Inexistant | Inexistant |
| 25 | 12 | Inexistant | Inexistant | Inexistant |
| 30 | 14 | 20 | 27 | 38 |
| 40 | 17.5 | 26 | 43 | 60 |
| 50 | 23 | 32 | 53 | 75 |
| 60 | 27 | 38 | 68 | 98 |
| 75 | Inexistant | 60 | 86 | 118 |
| 90 | Inexistant | 85 | 111 | 149 |

7.4 - Coût des travaux de génie civil

Le coût des travaux de construction est le suivant :

TABLEAU N° 10

COUT DES TRAVAUX DE GENIE CIVIL

| N° | Nature | Unité | Prix Unitaire en US \$ (*) |
|----|--|----------------|-------------------------------|
| 1 | Béton cyclopéen | m ³ | 60 |
| 2 | Béton ordinaire | m ³ | 80 |
| 3 | Béton faiblement armé (moins que 20 kg d'acier/m ³) | m ³ | 100 |
| 4 | Béton moyennement armé (entre 20 et 80 kg/m ³) | m ³ | 120 |
| 5 | Béton fortement armé (plus que 80 kg/m ³) | m ³ | 140 |
| 6 | Enduit étanche d'épaisseur 20 mm | m ² | 8 |
| 7 | Enduit étanche d'épaisseur 30 mm | m ² | 10 |
| 8 | Peinture | m ² | 6 |

(*) Prix en date du 12/11/94

7.5 - Coûts d'investissement des stations d'épuration biologique

7.5.1 - Considérations générales

Les prestations entrant en ligne de compte pour fixer les coûts d'investissement des stations d'épuration biologique se composent des éléments suivants :

- l'acquisition du terrain ;
- les voiries et réseaux divers sur l'étendue de l'enceinte de la station, c'est-à-dire les travaux d'aménagement des sols, les bâtiments de service nécessaires à l'entretien, l'exploitation et la gestion des installations ;
- les clôtures et les plantations, ainsi que toutes sujétions imposées par le site ;
- la station d'épuration proprement dite avec tous ses équipements (canalisations, appareillages, alimentation, en eau et en énergie, etc.).

7.5.2 - Acquisition du terrain

La surface de terrain nécessaire est fonction notamment du nombre d'équivalents-habitants desservis. Mais cette surface, rapportée au nombre d'habitants, diminue au fur et à mesure que le nombre d'habitants à desservir augmente ; on obtient ainsi les surfaces de terrain nécessaires détaillées comme il suit (lits de séchage des boues inclus):

TABLEAU N° 11

SURFACE DE TERRAIN NECESSAIRE A
UNE STATION DE TRAITEMENT

| Nombre d'équivalents-habitant | Surface en m ² /hab |
|-------------------------------|--------------------------------|
| 500 | 1,6 |
| 1 000 | 1,2 |
| 2 000 | 1,0 |
| 5 000 | 0,75 |
| 10 000 | 0,60 |
| 20 000 | 0,55 |
| 50 000 | 0,40 |
| 100 000 | 0,37 |

Ainsi, pour une collectivité importante où il est plus économique de construire une station en plusieurs tranches, il est recommandé d'acheter, dès le début du projet, tout le terrain nécessaire aux extensions futures, au moins pour une prévision de 15 à 20 ans.

En pourcentage de l'investissement total de la station d'épuration, le prix du terrain est variable suivant les conditions locales et l'emplacement précis des installations. En moyenne, le prix du m² du terrain où est proposé la station de traitement est évalué à 15 US\$.

7.5.3 - Travaux d'aménagement du terrain

Dans des conditions normales des terrains amenés à recevoir l'ensemble des installations d'épuration, on estime les travaux d'aménagement entre 15 et 20 % du total des investissements de la station.

Dans ces pourcentages, il n'est pas tenu compte des dépenses supplémentaires dues aux fondations spéciales des bâtiments, des remblais souvent importants et des lignes électriques très longues, surtout si l'agglomération se trouve éloignée du cours d'eau récepteur des rejets.

7.5.4 - Station d'épuration proprement dite

Le coût d'investissement d'une station d'épuration comprend deux postes de travaux:

- En tout premier lieu, on doit exécuter les travaux de génie civil, tout l'ensemble des ouvrages en béton de l'installation d'épuration proprement dite (bassins, gros oeuvre des bâtiments, cuves, regards, massifs de fondation des machines, étanchéités, etc.). La part du génie civil dans le coût d'une station est de 50 à 60 % du total des investissements de la station proprement dite.

- En second lieu, on doit procéder à la mise en place du matériel électromécanique (racleurs, sprinklers, turbines, aérateurs, pompes, tuyauteries, commandes électriques, automatisations, signalisations, etc.). La part de cet équipement dans le coût d'une station est généralement comprise entre 40 et 50 % du total des investissements de la station proprement dite.

Bien entendu, ces deux postes de travaux sont réalisés par des entreprises différentes et le conseil que l'on peut donner en cette circonstance consiste à désigner l'entreprise chargée des équipements pour remplir le rôle de coordinateur de l'ensemble des travaux, entre le génie civil et la fourniture, le montage des appareillages électro-mécaniques.

A titre indicatif, on estime à 30 ans la durée de vie d'une station d'épuration.

7.5.5 - Cas d'une station d'épuration biologique

Les coûts d'investissement d'une telle station d'épuration peuvent se déterminer en fonction de sa capacité exprimée:

- soit en nombre d'équivalent-habitants (E.H.);
- soit en débit journalier des effluents des eaux usées.

On peut noter qu'en moyenne l'équivalent-habitant représente 147 g/jour de pollution totale, c'est-à-dire les matières en suspension (M.E.S.), plus les matières oxydables (M.O.). Autrement dit, 1 kg/jour de pollution totale est celle de 7 équivalents-habitants.

En outre, il convient de signaler que le débit journalier conventionnel des eaux usées varie avec la taille de la collectivité, c'est-à-dire:

- 30 000 équivalents-habitants correspondent à un débit de 7 000 m³/jour (soit 235 l/hab./j.);
- 100 000 équivalents-habitants correspondent à un débit de 30 000 m³/jour (soit 300 l/hab./j.);

D'après des projets exécutés dans divers pays et par projection des prix sur le Liban, on déduit les coûts d'investissement des stations d'épuration biologique en fonction du nombre d'équivalents-habitants sont donnés par le tableau suivant:

TABLEAU N° 12

COÛT PAR HABITANT D'UNE STATION D'ÉPURATION

| Nombre d'équivalent-habitants en milliers | Coût de la station d'épuration biologique en milliers US \$ | Coût par équivalent-habitants en US \$ |
|---|---|--|
| 5 | 250 | 50 |
| 10 | 400 | 40 |
| 20 | 700 | 35 |
| 30 | 990 | 33 |
| 40 | 1 280 | 32 |
| 50 | 1 500 | 30 |
| 60 | 1 740 | 29 |
| 70 | 1 960 | 28 |
| 80 | 2 160 | 27 |
| 90 | 2 340 | 26 |
| 100 | 2 500 | 25 |

7.5.6 - Recherches sur l'optimisation financière

Pour les petites stations, il est avantageux de prévoir, dès le début, la capacité de la station à l'horizon de 10 ans au maximum, à cause des conditions économiques et des lenteurs pour obtenir l'accord des riverains réalisant les branchements à l'égouts.

En prenant des mesures technologiques appropriées, on peut maintenir le niveau de rendement presque constamment au maximum. On peut facilement adapter le fonctionnement de ces petites installations au changement de la charge polluante des effluents, en rapport avec l'accroissement de la population.

Pour la station d'épuration proposée, elle doit être conçue pour permettre une exécution par tranches en ajoutant des unités d'équipements complémentaires.

7.6 - Coût des travaux

7.6.1 - Coût des collecteurs

D'après le tableau des quantités figurant au § 4.3.3.4 et les tableaux figurant aux § 7.2, 7.3 et 7.4, nous pouvons dresser le tableau suivant du coût de la fourniture, transport et pose des collecteurs des EU dans la région de la Ville de Zahlé et de ses environs immédiats :

TABLEAU N° 13

COUT DES COLLECTEURS

| N° | Nature des travaux | UNITE | QUAN- TITE | PRIX UNITAIRE EN US \$ | PRIX TOTAL EN US \$ |
|-----|---|-------|---------------|------------------------------|---------------------------|
| 1 | Fouilles et terrassement dans les terrains de toutes natures de profondeur comprise entre : | | | | |
| 1.1 | 1 m et inférieure à 2 m | m.l | 1 500 | 13 | 19 500 |
| 1.2 | 2 m et inférieure à 3 m | m.l | 18 000 | 25 | 450 000 |
| 1.3 | 3 m et inférieure à 4 m | m.l | 5 000 | 46 | 230 000 |
| 1.4 | 4 m et inférieure à 5 m | m.l | 500 | 80 | 40 000 |
| 2 | Fourniture, transport et pose des conduites centrifugées en béton armé classe 6 000, de diamètres: | | | | |
| 2.1 | 300 mm | m.l | 7 000 | 40 | 280 000 |
| 2.2 | 400 mm | m.l | 9 000 | 52 | 468 000 |
| 2.3 | 500 mm | m.l | 1 200 | 64 | 76 800 |
| 2.4 | 600 mm | m.l | 1 700 | 76 | 129 200 |
| 2.5 | 750 mm | m.l | 1 800 | 120 | 216 000 |
| 2.6 | 900 mm | m.l | 4 300 | 170 | 731 000 |
| 3 | Construction des regards de visite en béton, de trappe en fonte de masse 155 kg, de hauteur comprise entre : | | | | |
| 3.1 | 1 m et inférieure à 2 m | | 200 | 600 | 120 000 |
| 3.2 | 2 m et inférieure à 3 m | | 350 | 750 | 262 500 |
| 3.3 | 3 m et inférieure à 4 m | | 80 | 900 | 72 000 |
| 3.4 | 4 m et inférieure à 5 m | | 20 | 1 100 | 22 000 |

| N° | Nature des travaux | UNITE | QUAN- TITE | PRIX UNITAIRE EN US \$ | PRIX TOTAL EN US \$ |
|---------------------------------|---|----------------|---------------|------------------------------|---------------------------|
| 4 | Fourniture, transport et pose de sable dans les tranchées | m ³ | 25 000 | 11 | 275 000 |
| 5 | Fourniture, transport et pose d'asphalte | m ² | 16 000 | 10 | 160 000 |
| 6 | Béton cyclopéen pour la construction de murs | m ³ | 100 | 60 | 6 000 |
| 7 | Béton ordinaire | m ³ | 200 | 80 | 16 000 |
| 8 | Béton : | | | | |
| 8.1 | * faiblement armé | m ³ | 60 | 100 | 6 000 |
| 8.2 | * moyennement armé | m ³ | 100 | 120 | 12 000 |
| 8.3 | * fortement armé | m ³ | 120 | 140 | 16 800 |
| TOTAL | | | | | 3 198 800 |
| Imprévisus \cong 10 % | | | | | 301 200 |
| Coût d'expropriation éventuelle | | | | | <u>200 000</u> |
| TOTAL GENERAL | | | | | 3 700 000 |

Soit un total général de trois millions sept cent mille dollars américains

7.6.2 - Coût de la station de traitement

Les prix budgétaires de la station dépendent de la nature du traitement des eaux usées. D'après le processus et l'équipement d'épuration détaillé au chapitre V (STATION DE TRAITEMENT DES EAUX USEES) les coûts sont détaillés ci-dessous :

TABLEAU N° 14

COÛT DE LA STATION DE TRAITEMENT

| N° | Nature des travaux | UNITE | QUAN TITE | PRIX UNITAIRE EN US \$ | PRIX TOTAL EN US \$ |
|-----|--|----------------|--------------|------------------------------|---------------------------|
| 1 | <u>Traitement primaire et secondaire</u> | | | | |
| 1.1 | Equipements électromécaniques | Forfait | | | 9 000 000 |
| 1.2 | Excavations | m ³ | 100 000 | 6 | 600 000 |
| 1.3 | Béton armé | m ³ | 10 000 | 120 | 1 200 000 |
| 1.4 | Expropriations | m ² | 100 000 | 15 | <u>1 500 000</u> |
| | Total partiel 1 | | | | 12 300 000 |
| 2 | <u>Traitement tertiaire</u> | | | | |
| 2.1 | Equipements électromécaniques | Forfait | | | 1 200 000 |
| 2.2 | Excavations | m ³ | 3 000 | 6 | 18 000 |
| 2.3 | Béton armé | m ³ | 4 500 | 120 | <u>540 000</u> |
| | Total partiel 2 | | | | 1 758 000 |

d'où :

| | | |
|------------------------|---|------------------------|
| TOTAUX PARTIELS 1 ET 2 | : | 14 058 000 US \$ |
| Imprévis \cong 10 % | : | <u>1 442 000 US \$</u> |
| TOTAL GENERAL | | 15 500 000 US \$ |

Soit un total général de quinze millions cinq cent mille dollars américains.

7.6.3 - Coût des travaux d'assainissement et de traitement

D'après les deux tableaux précédents, on déduit le coût total des travaux d'assainissement et de traitement des eaux usées dans la Ville de Zahlé et de sa banlieue :

| | | |
|------------------------------------|---|--------------------------------|
| - Coût des collecteurs | : | 3 700 000 US \$ |
| - Coût de la station de traitement | : | <u>15 500 000 US \$</u> |
| TOTAL | = | <u><u>19 200 000 US \$</u></u> |

Soit le total général de dix neuf millions deux cent mille dollars américains.

7.6.4 - Coût par personne

Etant donné que le projet d'assainissement et de traitement dans la région d'étude sert à un nombre d'habitants futur s'évaluant à 270 000 personnes, alors, en moyenne, les coûts par personne des travaux d'équipements sont comme suit :

* Coût par personne pour les travaux des collecteurs : 14 \$

* Coût par personne pour les travaux de traitement : 57 \$

d'où:

| | | |
|---------------------------------------|---|-------|
| * Coût total par personne pour les EU | : | 71 \$ |
|---------------------------------------|---|-------|

CHAPITRE VIII

PROGRAMME DES TRAVAUX

8.1 - Phases d'exécution

En vue de mettre en exécution les travaux nécessaires à l'assainissement de la ville de Zahlé et de ses environs, nous proposons les phases suivantes :

Phase 1

i) Station de traitement:

- Acquisition du terrain
- Construction du gros oeuvre
- Equipement électromécanique pour les traitements primaire et secondaire
- Construction des bassins d'oxygénation, de sédimentation, de désinfection et des lits de séchage

ii) Collecteurs généraux:

Fourniture, transport et pose des collecteurs généraux des EU:

- de la ville de Zahlé
- du village de Haouche El Omara
- du village de Maallaqa

Phase 2

i) Station de traitement

- Construction du réservoir tampon
- Equipement électromécanique pour le traitement tertiaire

ii) Collecteurs généraux

Fourniture, transport et pose des collecteurs généraux des EU:

- du village El Karak
- de la localité de Ksara

8.2 - Programme des travaux

Le programme d'avancement des travaux est donné par le tableau suivant:

8.3 -Coût des travaux mensuels

D'après le tableau précédent et, d'après le tableau des coûts des travaux d'assainissement de la ville de Zahlé et de ses environs, les coûts mensuels des travaux nécessaires sont détaillés sur la page suivante:

TABLEAU N° 16

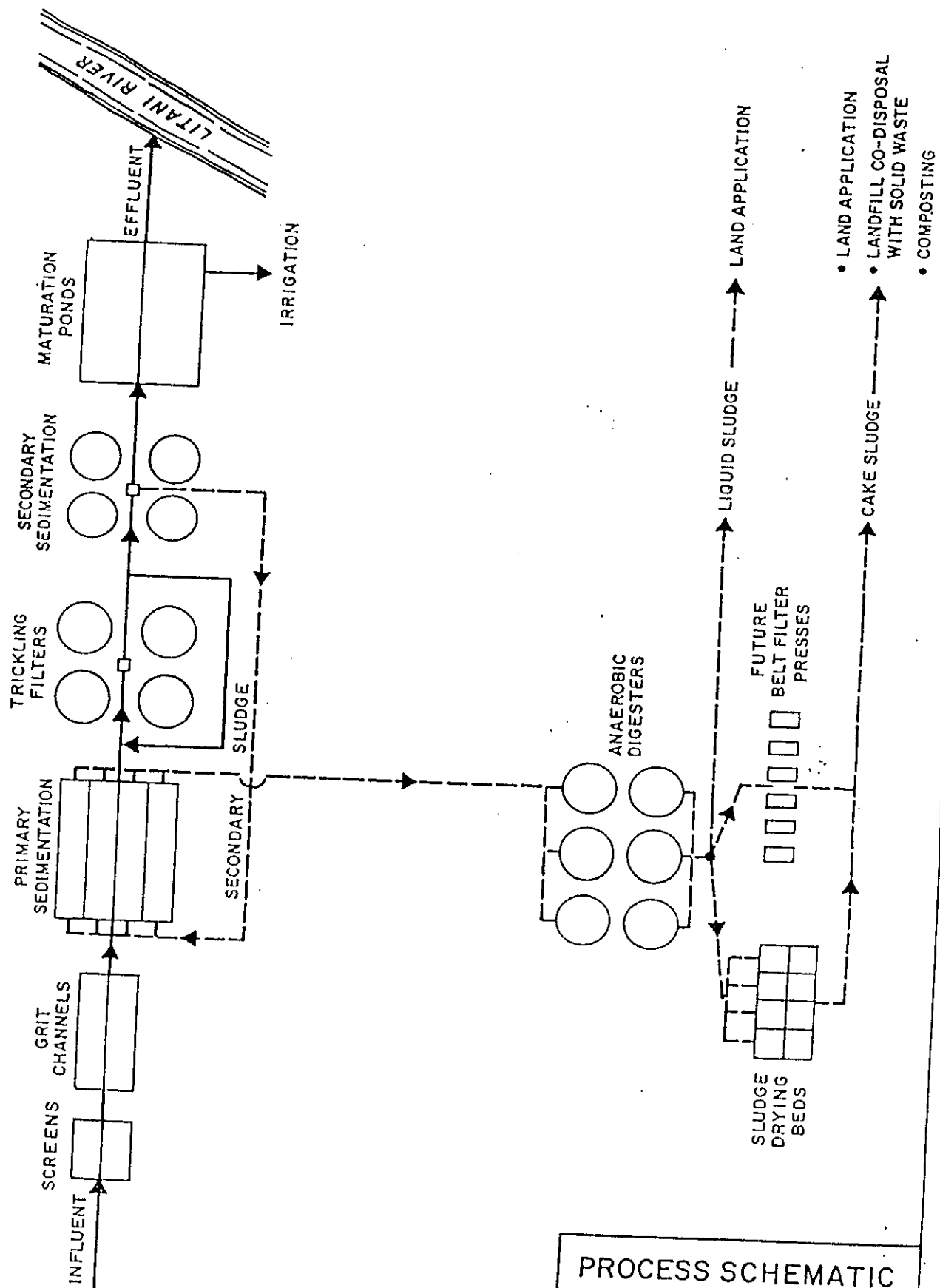
COUTS MENSUELS DES TRAVAUX D'ASSAINISSEMENT
DANS LA VILLE DE ZAHLE ET DE SES ENVIRONS

| N° | NATURE DES TRAVAUX | COUTS EN MILLION USS SUIVANT LE MOIS N° | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|--|---|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|-----|------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| <u>Phase 1</u> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.1 | Station de traitement des EU: | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.1.1 | Acquisition du terrain | 1.5 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.1.2 | Construction du gros oeuvre | | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | | | | | | | | | | | | | |
| 1.1.3 | Pose de l'équipement électromécanique | | | | | | 6 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | |
| 1.1.4 | Construction des bassins et des lits de séchage. | | | | | | | | | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | | | | | | |
| <u>Phase 2</u> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.2 | Collecteurs généraux des EU: | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.2.1 | Collecteurs de la ville de Zahlé | | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.3 | 0.3 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | | | | | | | |
| 1.2.2 | Collecteurs de Haouche El Omara | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.2.3 | Collecteurs de Maallaqa | | | | | | | | | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | | | | | | |
| 2.1 | Station de traitement des EU: | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2.1.1 | Construction du réservoir | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2.1.2 | Equipement électromécanique | | | | | | | | | | | | 0.3 | 0.3 | | | | | |
| 2.2 | Collecteurs généraux des EU: | | | | | | | | | | | | 0.9 | 0.2 | 0.2 | | | | |
| 2.2.1 | Collecteur d'El Karak | | | | | | | | | | | | | | | 0.3 | 0.2 | 0.2 | |
| 2.2.2 | Collecteur de Ksara | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | TOTAL | 1.5 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.5 | 6.5 | 1.3 | 1.5 | 1.4 | 0.7 | 0.4 | 0.4 | 1.2 | 0.5 | 0.5 | 0.4 | 0.4 | 0.2 |
| | TOTAL CUMULE | 1.5 | 2.1 | 2.7 | 3.3 | 3.8 | 10.3 | 11.6 | 13.1 | 14.5 | 15.2 | 15.6 | 16 | 17.2 | 17.7 | 18.2 | 18.6 | 19 | 19.2 |

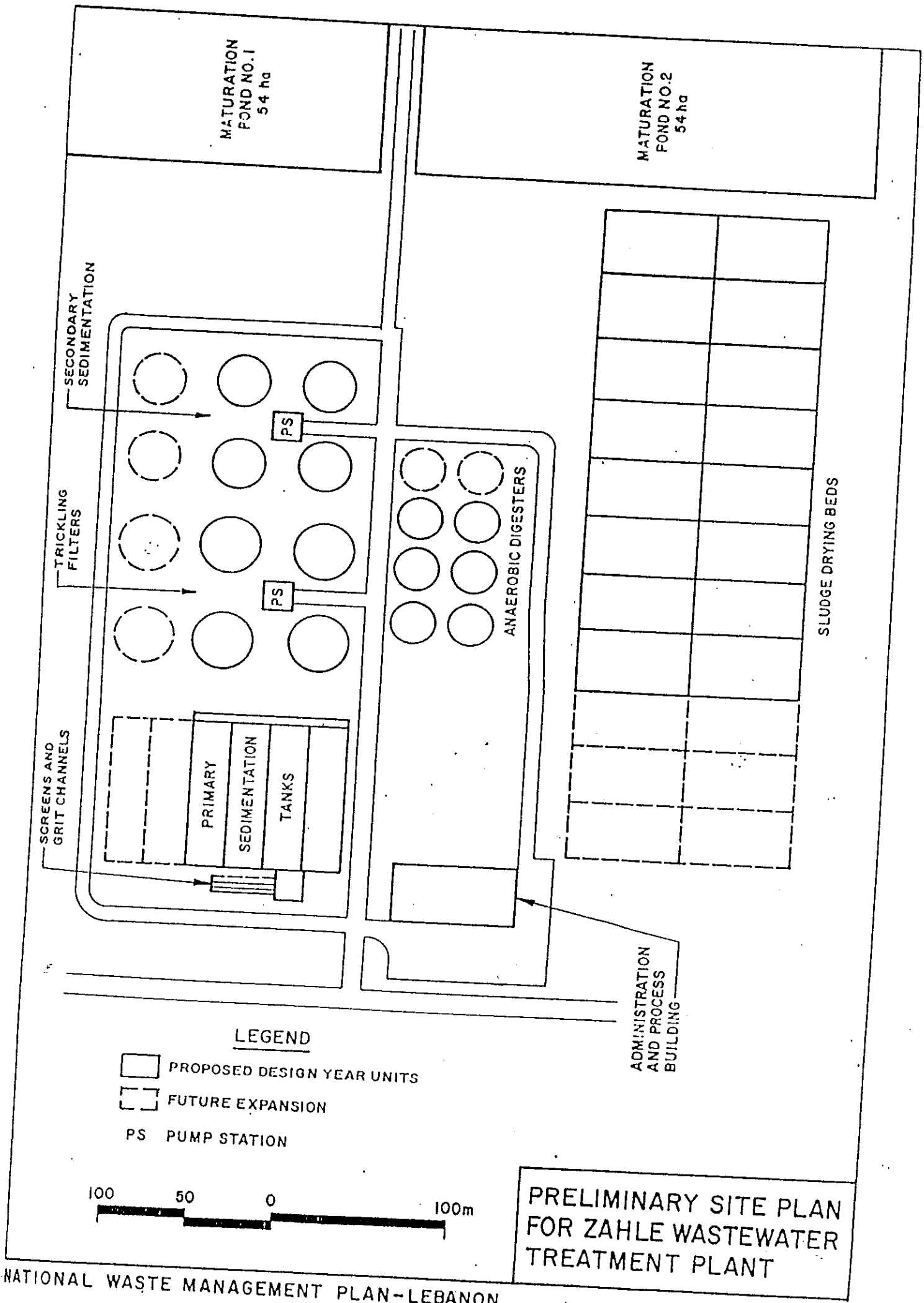
ANNEXES

ANNEXE 1

**SCHEMA DE FONCTIONNEMENT
DE LA STATION DE TRAITEMENT
DES EAUX USEES PROPOSEE A
BAR ELIAS (ETUDE DE CDR)**

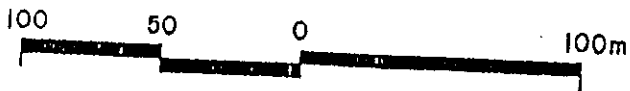


PROCESS SCHEMATIC OF PROPOSED ZAHLE WASTEWATER TREATMENT PLANT



LEGEND

- PROPOSED DESIGN YEAR UNITS
- FUTURE EXPANSION
- PS PUMP STATION



**PRELIMINARY SITE PLAN
FOR ZAHLE WASTEWATER
TREATMENT PLANT**

ANNEXE 2

**VARIANTES POUR LE
PROBLEME DE POLLUTION
DE NAHR EL BERDAOUNI
(ETUDE DE FAO)**



R E P U B L I C O F L E B A N O N

P R E L I M I N A R Y S T U D Y F O R T H E R E A L I Z A T I O N
O F W A T E R S E W A G E A N D W A T E R T R E A T M E N T P L A N T S I N T H E

A R E A O F Z A H L E

W A S T E W A T E R T R E A T M E N T P L A N T S T E C H N I C A L D E S C R I P T I O N

P R E P A R E D F O R

F A O

F O O D A N D A G R I C U L T U R E O R G A N I Z A T I O N

O F T H E U N I T E D N A T I O N S

B Y

E F I M P I A N T I S . p . A .

S E P T . 9 0

P A R T . - B -



CONTENT

| | | |
|-----|--|--------|
| - | FOREWORDS | page 4 |
| I | SCOPE | " 6 |
| II | SITE DESCRIPTION | " 8 |
| III | CAUSES OF RIVER POLLUTION | " 10 |
| IV | LIST OF OPTIONS RELEVANT TO THE TECHNICAL SOLUTIONS | " 11 |
| | IV A) BARDOUNI RIVER BETWEEN QAA EL REEM AND WADI AL ARAYECH | " 11 |
| | IV A.1) GENERAL | " 11 |
| | IV A.2) ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF EACH OPTION | " 14 |
| | IV B) BARDOUNI RIVER BETWEEN AL ARAYECH AND AL FAIDA (GARBAGE DISPOSAL AREA IN THE BEKAA) | " 15 |
| | IV B.1) GENERAL | " 15 |
| | IV B.2) ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF EACH OPTION | " 17 |
| | IV C) AL FAIDA AREA | " 17 |
| | IV C.1) GENERAL | " 17 |
| | IV C.2) ADVANTAGES AND DISADVANTAGES | |



| | | |
|-----|---|------|
| | OF EACH OPTION | " 20 |
| V | DIRECT IMPACT OF THE PLANT PRODUCTS WITH AGRICULTURE | " 23 |
| VI | ESTIMATED COST OF EACH OPTION | " 25 |
| VII | CONCLUSIONS | " 30 |



- FOREWORD

Water is becoming an increasingly scarce resource especially in the arid and semiarid zones of Near East countries forcing planners to safeguard it, thus improving agricultural productivity and living standards. Increasing urbanization of population and industrial development, in both developed and developing countries is putting pressure on water resources and causing the serious deterioration of its quality.

In general this deterioration is affecting the quality of life, public hygiene and the environment. More specifically, polluted water is threatening agricultural production, recreation and tourism activities. It also contaminates drinking water with a consequent negative socioeconomic impact.

Actually most developed countries have already experienced this deterioration and are now protected by legislation. This is the case in Italy where, in 1976, a special law was passed and programs of practical intervention were set up.

In the area under consideration (Zahle and suburbs) the high level of water pollution is forcing the Government of Lebanon to take urgent action, even in absence the of appropriate legislation, to guarantee the population with acceptable living standards and save economic activities.



The Bardouni river was unpolluted a few years ago; it is now an open sewer system causing a major decrease in tourism. This has had a negative consequences on the local economy of Zahle and its approximately 120,000 inhabitants.

On the other hand, the health hazard from unrestricted irrigation of crops with polluted water is spreading and, combined with groundwater contamination, is affecting the health of the more than 250,000 inhabitants of the Zahle and Bekaa valley. Evidence of intestinal diseases (amebiasis, salmonellosis, gastroenteritis, hepatitis, etc) are well documented as well as is the massive use of medication for their treatment.

FAO was requested by the Government of Lebanon to assist in solving this problem.

FAO approached EFIMPIANTI, well known in this field, to prepare a basic proposal under a loan agreement to identify possible solutions to elimination of the area's water pollution and the re-establishing of healthy environmental conditions.



I - SCOPE

This report examines the problems inherent to Bardouni river pollution and not only suggests their possible solutions, but also ways to transform the substances which cause the pollution into fertilizing products for agriculture and the recycling of the treated waste water for safe irrigation.

The actual level of pollution in the river is very high. In fact, both of the small villages upstream of the town of Zahle (Qaa El Rem, Wadi Arayech) and Zahle itself discharge waste waters directly into the river.

This causes the following main problems:

- A) Risks for the inhabitants' health due to the pollution which attracts large numbers of insects. Also, because the water of the river at present is used to irrigate the valley, there is a consequent contamination of agricultural products.
- B) The emission of odours during the warmest summer months, starting from the upstream town of Zahle and continuing along the whole river.
- C) Contamination of the potable water resources.



Therefore, the removal of river pollution creates advantages not only for public health and for the improvement of the quality of life in the valley, but also for the increase of tourism.

Tourism, which is one of the most important resources for the town of Zahle, has been badly damaged by the pollution and odours along the river especially in the area where hotels and restaurants are located (Wadi Zahle).

The scope of this report is to make a general review of the situation relevant to the sources of pollution of the Bardouni river, to suggest in a preliminary way alternate solutions which could be adopted to eliminate the problem, and provide the relevant estimated cost for each . Further ideas could be taken into consideration after a deeper examination of all the aspects of the problem and subsequent discussions with local authorities.

In order to simplify the drafting of the report, we have divided the geographical area of Bardouni river into three parts:

- a - between Qaa El Reem and Wadi - Al Arayech
- b - between Wadi Al Arayech and Al Faida
- c - Al Faida area.

There is a chapter each section and a final chapter which gives a summary of the economic impact.



- SITE DESCRIPTION

The Bardouni river, born in the Qaa El Reem, comes down through a narrow deep canyon in the mountains, with a 3 to 8 % slope, crosses the town of Zahle and ends in the Bekaa valley flowing into the Litani, the main river of Lebanon, which flows into the Mediterranean Sea.

Immediately downstream from the source, at Qaa El Reem, one part of the river is deviated for potabilization treatment, a second part for the Zahle upstream area irrigation, and a third part is sent to the small hydroelectric power-station (300 Kw approx rated), whose unpolluted water discharge flows again into the Bardouni river several kilometers downstream.

The river flow rate is between 6000 cm/d during the summer season and 60.000 cm/d during winter.

(A map of the zone is annexed to this report).

Population distribution along the river is the following:

- near the river source there are two villages: Hezerta and Qaa El Reem, with 5000 and 4000 inhabitants respectively;
- about 2,5 Km downstream, there is the village of Wadi Al Arayesh, with approx 2000 inhabitants;
- a few hundred meters downstream, there is the town of Zahle with the restaurant area (Wadi Zahle). At present, about 110,000 people live there.



In this area (upstream from the town of Zahle) there is some industry.

Namely, along the way between Qaa El Reem and Wadi Zahle, there are the following factories:

- mineral water bottling
- two factories for manufacture of chocolate, cheese and milk
- a factory for paper manufacturing (recycle only)
- a factory for Arak production
- minor factories

Downstream from the town of Zahle there is another industrial area with many mechanical and electrical workshops and civil and industrial material shops.



III - CAUSES OF THE RIVER POLLUTION

At present, all the houses, hotels and industries discharge their waste waters without any treatment straight into the river.

On site we examined the industrial discharges of the town of Zahle's upstream factories, and feel that their industrial waste water is not very polluted.

We have concluded that the industrial discharges also have a reduced flow rate (presently, about 4000 cm/d), which can be treated with the municipal discharges.

In fact, the municipal discharges are the main cause of the river pollution, upstream and through the town of Zahle.

A second reason for the river pollution is the presence of workshops in the downstream Zahle industrial area, which are rich in oily and iron oxide discharges.



IV - LIST OF OPTIONS RELEVANT FOR TECHNICAL SOLUTIONS

Three different geographical areas have been identified for operations. In particular:

IV A) - BARDOUNI RIVER BETWEEN QAA EL REEM AND WADI AL ARAYECH

IV A.1) GENERAL

From our preliminary survey of the area, from Qaa El Reem to Wadi Al Arayech and in particular along the bed of the river, the causes of pollution of the river stream entering the town were identified as follows:

- civil waste water from Qaa El Reem village (4000 inhabitants)
- civil waste water from restaurants and houses located along the river (number of inhabitants stated above)
- industrial waste water coming from small factories (total flow actually discharged 4000 cumt/day).

To resolve this problem, which creates serious damage to the town of Zahle



threatening the summer tourist season and causing health hazards, (due to irrigation of vegetable crops with polluted water), two basic alternate solutions are proposed:

IV A.1.1 To install a concrete culvert (main header) between the two villages to collect all the civil waste water noted above and lay it along the river.

Qaa El Reem village to be connected to this mainheader by means of a PVC culvert.

It should be noted that the waste water coming from Hezerta (another village of 5000 inhabitants located on the right side of the river facing Qaa El Reem) is already collected in local septic tanks and then diffused underground. Therefore Hezerta, so far, does not discharge waste in the Bardouni river.

Regarding the industrial waste water, due to its acceptable quality at present, it is not necessary that each factory specially treat its own waste water before discharging it into the mainheader culvert.

IV A.1.2 To collect all the municipal and



industrial waste water mentioned above, to a local treatment plant to be installed at Qaa El Reem consisting of:

- one IMHOFF basin
- one biological treatment equipment
- one secondary treatment equipment
- one disinfection treatment equipment.

The treated water leaving this plant will then be discharged into the river.



V A.2) ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF EACH OPTION ,

(Ref.: Area between Qaa El Reem and Wadi al Arayech)

IV A.2.1) Option IV A.1.1):

Some difficulties may arise in the laying of the pipe. In fact, for the first approximately 2.000 mt.; the culvert can be positioned underground by excavation along the river; in the next approximately 1000 mt., the soil becomes rocky and very difficult to excavate. Therefore, in this area, the mainheader should be made of carbon steel/cast iron pipe and run above ground. However laying of pipe creates problems of land expropriation from local owners a problem to be solved in due course.

The advantage of this solution is based on the fact that it completely resolves the problem of pollution of the river upstream from the town of Zahle because of the full separation of the two streams (river and waste water of all origins).

IV A.2.2) Option IV A.1.2):

The treatment plant could be installed in an area above the hydropower plant, between Qaa El Reem and Wadi al Arayesh. Due to the distribution of the villages of Qaa El Reem plus the houses located along the river, it would not be required



to install the mainheader of solution IV A.1.1), lowering costs particularly in places where the presence of rocks makes the work difficult.

Disadvantages of this option are two (both because the river may become the vehicle to carry waste water).

- The first is based on the fact that the plant has to continuously operate trouble-free (operation and maintenance rules must be strictly followed) otherwise there is the risk of discharging polluted water into the river.

- The second is based on the fact that, if new houses are built in the area between the treatment plant and Wadi-Zahle, due to the lack of culvert, they will probably discharge their waste water directly into the Bardouni river again causing pollution.

IV B) BARDOUNI RIVER BETWEEN WADI AL-ARAYECH AND AL - FAIDA
(GARBAGE DISPOSAL AREA IN THE BEKAA)

IV B.1) GENERAL

Same options as per previous chapter, in particular:

IV B.1.1) A local waste water treatment plant equal to that of Qaa El Reem (but of smaller size) could be installed to treat sewage from WADI AL ARAYESH and



discharge the effluent directly into the river. Then, a sewer starting from the area of Wadi-Zahle to Al Faida could be installed to collect all the waste water of Zahle. A collector, of standard English shape, would be laid on the bed of the river. This would be in prefabricated concrete externally coated with a further layer of hand made reinforced concrete. This reinforcement is required to withstand the erosive action of the river and the settlement of the river bed. Alternate solutions to the culvert below the roads seem difficult because of the particular building-up of the town. In any case, during the detailed designing of the sewage network of Zahle, the culvert could be examined section by section and a more suitable solution adopted. The length of the culvert would be approximately 5.000 meters.

IV B.1.2) If a culvert is laid as per solution IV A.1.1, it would be installed from Qaa El Reem to Wadi Al Arayesh. An alternative solution would be to continue with the same culvert from Wadi Al Arayesh down to the Al Faida area, therefore avoiding the installation of a local sewage treatment plant, as per the previous point.



IV B.2) ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF EACH OPTION.

(Ref. Area between wadi Al Arayech and Al Faida)

The same considerations could be made on point IV A.2, where applicable.

IV C) AL-FAIDA AREA

IV C.1) GENERAL

When the collector reaches the area of AL-FAIDA, there are two alternative options:

IV C.1.1) To free the end of the culvert and discharge the waste water in the Bardouni river. In this way the river remains clean through the town and downstream; this also gives the possibility of partially irrigating the fields of the Zahle area with clean water. However, in this way we have transferred the pollution from Zahle to the area between Al-Faida and the Litani river.

IV C.1.2) To realize a waste water treatment plant. (activated sludge type).

The epuration plant could be installed in Al-Faida garbage disposal area, of a size for 150.000 inhabitants with an overrating of 25%, to satisfy the needs of the whole population of Zahle



(at present of 110.000 inhabitants) plus the suburbs up to year 2000.

After this date a second parallel line could be installed. The area occupied by the plant is estimated to be approximately 4 ha for the first line and 2 ha for each following line. The quality of the water outlet from the plant would be then in accordance with acceptable international standards. (See technical description part. B)

Furthermore, the sludge produced would be neutralized and used as organic fertilizer for agriculture (high content of organic matter reaching 50% by weight). The practice of recovering sludge for agricultural purposes has the following advantages:

- It increases the organic content of the soil, which for the entire Beakaa Valley is very poor, due to the difficulty of finding organic fertilizers of other origin on the local market.
- The agricultural area of Zahle is estimated to be 600 ha. Sludge produced by the plant during the year is sufficient to satisfy 70% of the request for organic fertilizer for the whole area.
- Finally, due to the shortage of electrical power in the Zahle area, the plant would include a



system of gas engine generator sets (fed by biological gas produced in the digestors at no cost) in such a way as to make the treatment plant as autonomous as possible from external sources of electric power.

IV C.1.3) Lagoon (pond)

Another possibility for waste water treatment for the town of Zahle could be of a lagoon system of the aerobic/anaerobic treatment type.

In the lagoon, the waste water treatment is developed biologically, due to the combined action of colonies of algae (on the upper layers of the pond), aerobic bacteria (on the layers immediately below) and anaerobic bacteria on the bottom of the lagoon.

This involves the transferring of waste water to a flat area far from the town, in an area of not less than 100 to 120 ha. This area would be just sufficient for the present population of Zahle and would have to be almost doubled if the capacity of the lagoon is to compare with that of the waste water treatment plant installed at AL FAIDA.

The effluent of the lagoon would be carried back to the Bardouni river by means of another collector.



IV C.2) ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF EACH OPTION

(Ref: Al Faida area)

IV C.2.1) Alternative IV C.1.1)

This alternative allows the river to flow across Zahle and upstream, transferring pollution along the valley, which does not improve the situation of the Litani river.

Therefore it can be considered only a temporary solution as well as a short term investment. In fact, in order to avoid bad odours due to the local concentrated pollution, the flow of the river in which untreated waste water is discharged should be at least 15 times higher than that of waste water stream. However, in this alternative during the summer season, the two flows are of the same magnitude.

Therefore, as the sludge produced by the population of Zahle is all discharged in a small area, in a short time people could not live or work in the zone during the hot months. Please note that the industrial area of Zahle is very close to Al-Faida.



IV C.2.2) Alternative IV C.1.2):

This alternative resolves the problems of pollution of the Zahle area while also providing benefits for agriculture and eliminating health hazards. An economic evaluation of the gains obtained from the recycling of sludge as organic fertilizer could be made later in agreement with local agricultural authorities.

IV.C.2.3) Alternative IV C.1.3.

The advantage of waste water treatment by lagoon is that it is a simple matter, which requires minimal personnel for maintenance, as the amount of electro-mechanical equipment is not high. Therefore, investment costs would be low. However, the cost of the double transfer of the waste waters and the construction of the lagoon (about 1.500.000 - 2.000.000 cumt.of capacity) must also be taken into account.

Disadvantages to the lagoon are: the large disposal area for waste water (about 100-200 ha) and the impossibility of guaranteeing constant purification levels, considering varying climatic conditions and the variations of the polluted stream.

In addition, there is always the possibility of



unpleasant odors from putrefying processes, particularly in warm weather.

Finally, there is the difficulty of sludge removal on the lagoon bottom. This is a difficult process due to the high and often unstable water contents.



V) DIRECT IMPACT OF THE PLANT PRODUCTS WITH AGRICULTURE.

The products of the plant, in the most appropriate solution (IV.C.1.2), are the following:

- a) Purified waters;
- b) Digested dehydrated and dried sludge.

The reintroduction of purified water and dehydrated sludge in the environment will bring major agricultural benefits to the area.

Purified waters

The Bardouni water is presently used for irrigation of crops, including vegetables. Since all unprocessed civil and industrial sewage is discharged into the river, it is clear that the hygienic and sanitary hazards are very high. The reintroduction into the river of biologically treated and disinfected waters will allow for safe irrigation, completely avoiding contamination by pathogens.



Digested, dehydrated and dried sludge

The sludge produced in the plant being properly stabilized, dehydrated and dried, can be used for enrichment of the agricultural soil in the surrounding area. Because of its high nutritive (nitrogen and phosphore, 3% and 1% by weight) and organic contents (50% by weight), savings can also be made on the purchase of chemical fertilizers.

This is a major contribution since the soil in the zone is very poor in humus and therefore will benefit greatly from the addition of the organically rich dried sludge.



VI - ESTIMATED COST FOR EACH OPTION

Grouping the various options considered for each segment of the Bardouni river leads to five main solutions, namely:

| | SUBJECT | Estimated cost in US\$ |
|--------|--|---------------------------|
| VI.1 | SOLUTION 1 (SEE ANNEXED DRAFT) | |
| VI.1.1 | Section between Qaa El Reem village and main culvert laid along Bardouni river. Connection realized in 10" PVC pipe (solution as per IV A.1.1) | 110.000 |
| VI 1.2 | Concrete/carbon steel culvert laid along the river down to Wadi Al Arayech (solution as per IV A.1.1) | 380.000 |
| VI 1.3 | Concrete English shape culvert across Zahle up to Al Faida area (solution as per IV B.1.1 and IV C.1.1.) | 1.510.000 |
| | Total solution 1 | 2.000.000 |
| | ----- | ===== |

Note: Estimate does not include connection works between the main culvert and the existing sewer discharging points in the town of Zahle



| | SUBJECT | Estimated cost in US\$ |
|--------|---|---------------------------|
| VI 2 | SOLUTION 2 (SEE ANNEXED DRAFT) | |
| VI 2.1 | PVC culvert from Qaa El Reem village as per VI 1.1. | 110.000 |
| VI 2.2 | Concrete/carbon steel culvert to Wadi Al Arayech as per VI 1.2. | 380.000 |
| VI 2.3 | Concrete English shape culvert from Wadi Al Arayech up to waste water treatment plant in Al Faida area (solution as per IV B.1.1) | 1.510.000 |
| VI 2.4 | Construction and erection of a waste water treatment plant in Al Faida area (solution as per IV C.1.2) | 17.900.000 |
| | Total solution 2 | 19.900.000 |
| | ----- | ===== |

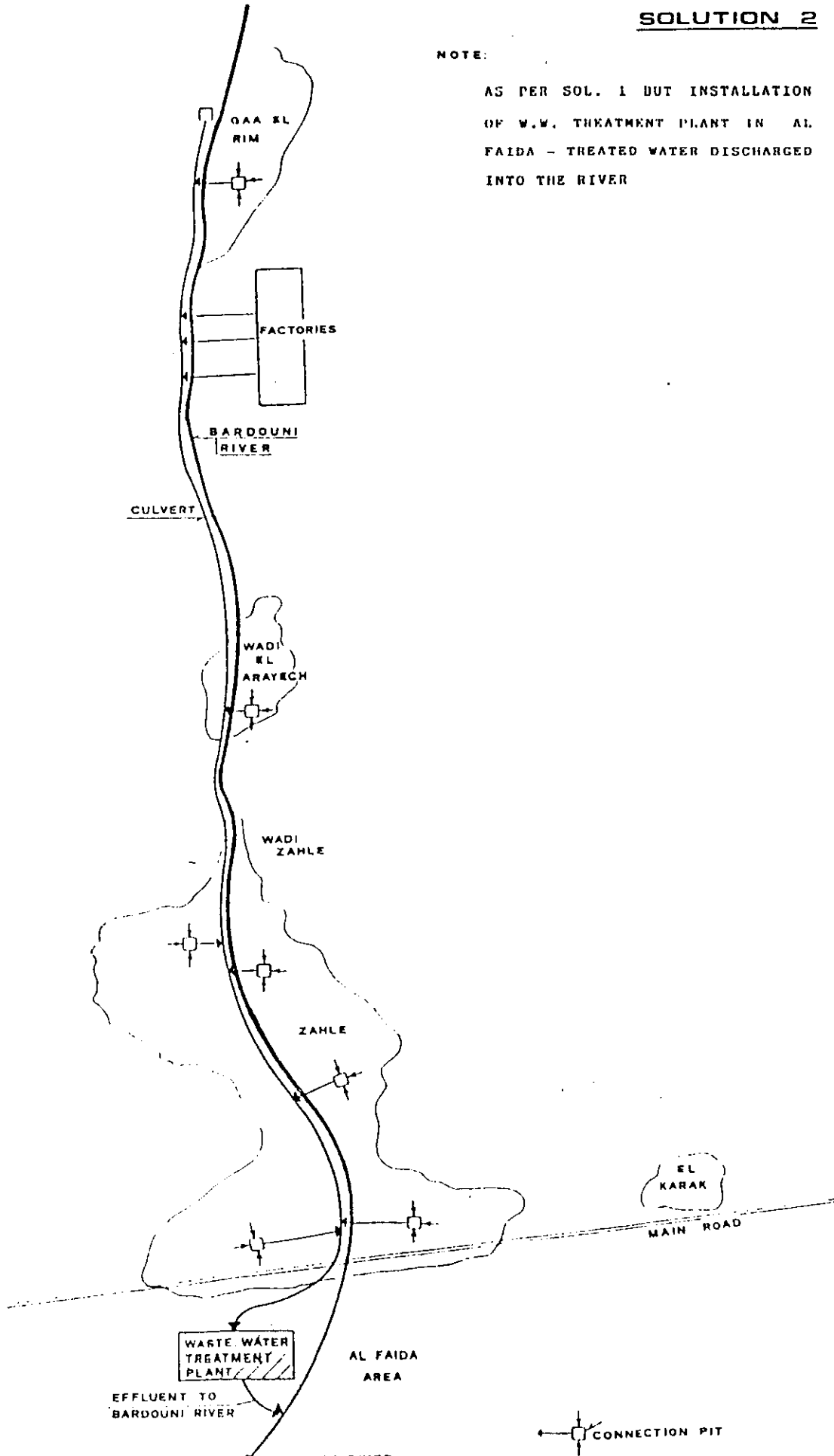
Note: Estimate does not include connection works between the main culvert and the existing sewer discharging points in the town of Zahle



DRAFT ANNEXED TO PARA VI
SOLUTION 2

NOTE:

AS PER SOL. 1 BUT INSTALLATION
OF W.W. TREATMENT PLANT IN AL
FAIDA - TREATED WATER DISCHARGED
INTO THE RIVER





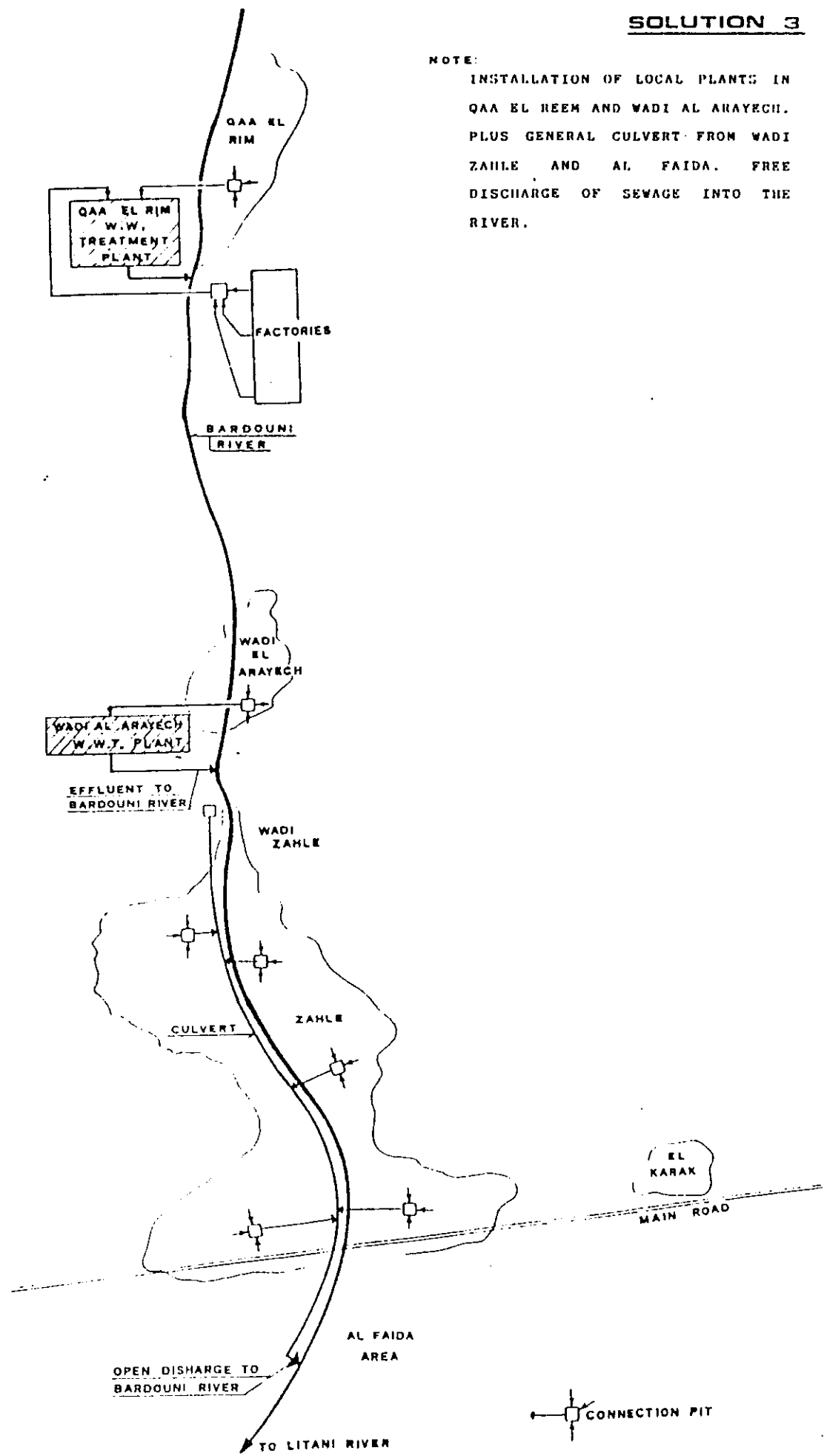
République Libanaise
Bureau du Ministre d'Etat pour la Réforme Administrative
Centre des Projets et des Etudes sur le Secteur Public
(C.P.E.S.P.)

| | SUBJECT | Estimated cost in US\$ |
|---------|---|---------------------------|
| VI 3 | SOLUTION 3 (SEE ANNEXED DRAFT) | |
| VI 3.1. | PVC culvert from Qaa El Reem village as per VI 1.1 up to local waste water treatment plant | 110.000 |
| VI 3.2 | Construction and erection of Qaa Ell Reem waste water treatment plant (solution as per IV A.1.2 | 1.440.000 |
| VI 3.3 | Construction and erection of Wadi. Al Arayech waste water treatment plant (solution as per IV B.1.1) | 830.000 |
| VI 3.4 | Concrete English shape culvert from Wadi Zahle to Al Faida area (solution as per IV B.1.1 and IV C.1.1 starting from Wadi Zahle instead of Wadi Al Arayech) | 1.320.000 |
| | Total solution 3 | 3.700.000 |
| | ----- | ===== |

Note: Estimate does not include connection works between the main culvert and the existing sewer discharging points in the town of Zahle

DRAFT ANNEXED TO PARA VI
SOLUTION 3

NOTE:
INSTALLATION OF LOCAL PLANTS IN
QAA EL REEM AND WADI AL ARAYECH.
PLUS GENERAL CULVERT FROM WADI
ZAHLE AND AL FAIDA. FREE
DISCHARGE OF SEWAGE INTO THE
RIVER.





| | SUBJECT | Estimated cost in US\$ |
|--------|---|---------------------------|
| VI 4 | SOLUTION 4 (SEE ANNEXED DRAFT) | |
| VI 4.1 | PVC culvert from Qaa El Reem as per VI 3.1 | 110.000 |
| VI 4.2 | Construction and erection of Qaa El Reem plant as per VI 3.2 | 1.440.000 |
| VI 4.3 | Construction and erection of Wadi Al Arayech plant as per VI 3.3 | 830.000 |
| VI 4.4 | Concrete culvert front Wadi Zahle to waste water treatment plant in Al Faida area as per VI 3.4 | 1.320.000 |
| VI 4.5 | Construction and erection of waste water treatment plant with sludge stabilization system in Al Faida area | 17.900.000 |
| | Total solution 4 | 21.600.000 |
| | ----- | ===== |

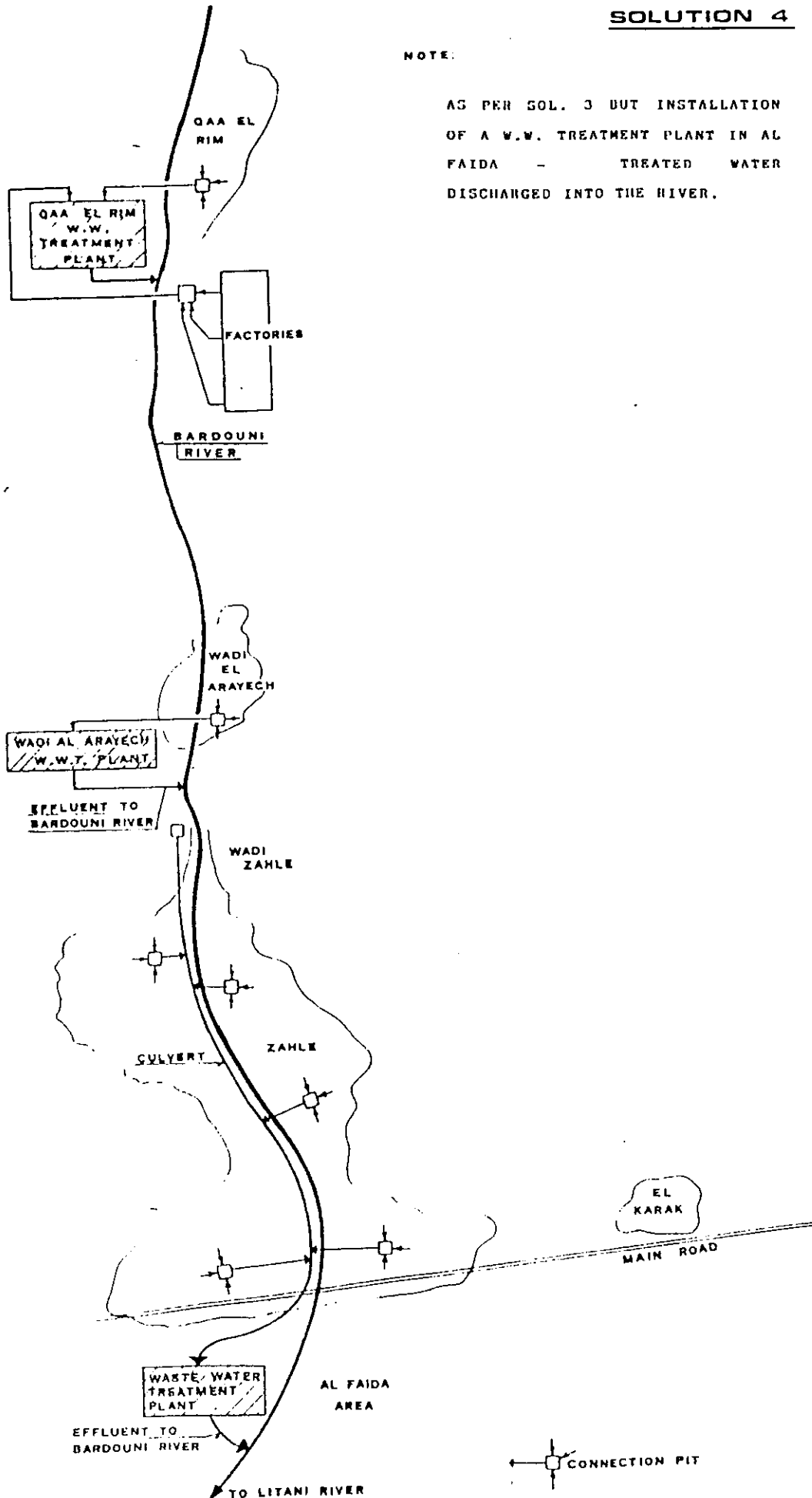
Note: Estimate does not include connection works between the main culvert and the existing sewer discharging points in the town of Zahle

DRAFT ANNEXED TO PARA VI

SOLUTION 4

NOTE:

AS PER SOL. 3 BUT INSTALLATION
OF A W.W. TREATMENT PLANT IN AL
FAIDA - TREATED WATER
DISCHARGED INTO THE RIVER.





| | SUBJECT | Estimated cost in US\$ |
|---------|---|---------------------------|
| VI 5 | SOLUTION 5 (SEE ANNEXED DRAFT) | |
| VI 5.1. | PVC culvert from Qaa El Reem as per VI 3.1 | 110.000 |
| VI 5.2 | Construction and erection of Qaa El Reem plant as per VI 3.2 | 1.440.000 |
| VI 5.3 | Concrets culvert from Wadi Al Arayech to Al Faida as per VI 1.3 | <u>1.510.000</u> |
| | Total solution 5 ----- | <u>3.060.000</u> |

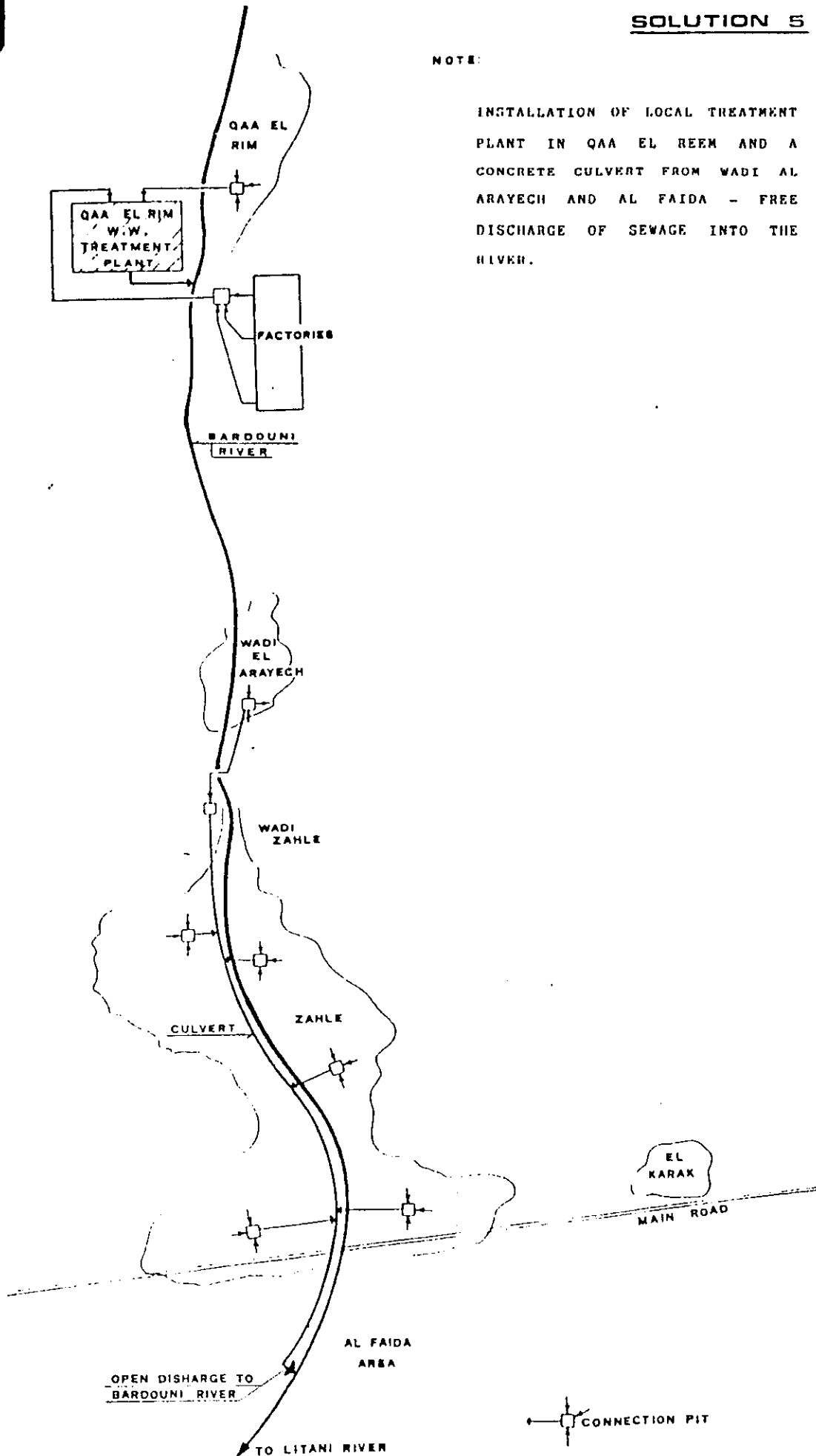
Note: Estimate does not include connection works between the main culvert and the existing sewer discharging points in the town of Zahle .

DRAFT ANNEXED TO PARA VI
SOLUTION 5



NOTE:

INSTALLATION OF LOCAL TREATMENT
PLANT IN QAA EL REEM AND A
CONCRETE CULVERT FROM WADI AL
ARAYECH AND AL FAIDA - FREE
DISCHARGE OF SEWAGE INTO THE
RIVER.





SUMMARY OF MAIN CHARACTERISTICS OF EACH SOLUTION

| SOLUTION N° | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------------------------------|---|------------------------------|---|---|--|
| Consisting of: | | | | | |
| Culvert | From Qaa El Reem to Al Faida | From Qaa El Reem to Al Faida | From Wadi Zahle to Al Faida | From Wadi Zahle to Al Faida | From Wadi El Arayech |
| Qaa El Reem W.W. Treatment Plant | no | no | yes | yes | yes |
| Wadi Al Arayech W.W. T. plant | no | no | yes | yes | no |
| Al Faida W.W. T. Plant | no | yes | no | yes | no |
| Effect on Pollution | Completely trasferred to Al Faida area and Litani River | Totally controlled | Controlled upstream of Zahle only. Major part transferred to Al Faida area and Litani river | Totally controlled (Better flexibility) | Controlled only upstream of Wadi El Arayech. Major part transferred to Al Faida and Litani River |
| BENEFITS TO: | | | | | |
| HEALTH | Few | much | few | much | few |
| AGRICULTURE | " | " | " | " | " |
| TOURISM | much | " | much | " | " |
| COST (Mill. US\$) | 2.0 | 19.9 | 3.7 | 21.6 | 3.06 |



VII - CONCLUSIONS

The main purpose of waste water treatment is to allow human and industrial effluent to be disposed of without endangering the health of the population or destroying the environment. Treated waste water can also be used for crop irrigation after pathogen removal, thus saving fresh water for other uses. For these reasons solution n° 4, or alternatively, solution n° 2 are recommended. As either of these solutions allows for the complete elimination and control of water pollution.

In general the main benefits may be summarized as follows:

- possibility of "unrestricted" irrigation of the agricultural area of Zahle.
- improvement of public health by eliminating the intestinal diseases caused by irrigation with untreated water and the relevant reduction of medicine consumption.
- total elimination of odours in the touristic area and in the town with consequent increase in tourism.
- General improvement in the quality of life



- use of dried sludge as organic fertilizer thus decreasing need to import chemical fertilizers .

- activation of a new economic cycle: direct work for 50:100 people in the plant, proceeds for local works (construction, erection of the plant etc.), sales of sludge, etc.

- possibility of exporting uncontaminated vegetable products from Bekaa valley to other Arab countries.

- introduction of new agro-industrial and irrigation technologies in the area.

- restoration of fishing activities in the area which at present is limited to the source of the Bardouni river.

- reactivation of water potabilization station, presently closed due to the high level of contamination of Bardouni river.

ANNEXE 3

TRAVAUX DE REHABILITATION

URGENTE DES OUVRAGES

DES EAUX USEES

(ETUDE DE CDR)

WASTE-WATER REHABILITATION WORKS
TO BE EXECUTED IN FIRST YEAR
 PACKAGE 8
 SANITARY SYSTEM

| CAZA | LOCATION | SYS. | DESCRIPTION | COST USD | | | | | R. | | |
|--|----------|------|---|----------|---|--------------|------------|-------|-----|------|----|
| | | | | DESIGN | SUPER-VISION | CONSTRUCTION | | TOTAL | | | |
| | | | | | | LABOR | EQUIP-MENT | | | | |
| ZAHLE | TAALBAYA | E1 | Inspection of lines 150,300 & 400mm diameter 600 l.m. | 0 | 180 | 1300 | 4200 | 6180 | 7 | | |
| | | | Visual inspection of inaccessible lines 2550 l.m. | 0 | 383 | 3825 | 8925 | 13133 | 7 | | |
| | | | Cleaning of manholes 10(No.) | 0 | 10 | 90 | 219 | 310 | 7 | | |
| | | | Cleaning & visual inspection of manholes 10(No.) | 0 | 11 | 107 | 250 | 368 | 7 | | |
| | | | Manhole repairs 1 (No.) | 0 | 10 | 21 | 49 | 80 | 7 | | |
| | | | Lowering manholes cover and frame 2 (No.) | 0 | 10 | 18 | 42 | 70 | 7 | | |
| | | | Installing manhole cover 2 (No.) | 0 | 10 | 48 | 111 | 169 | 7 | | |
| | | | Installing manhole frame 1 (No.) | 0 | 10 | 35 | 81 | 126 | 7 | | |
| | | | Installing head-wall at outlet | 0 | 10 | 30 | 70 | 110 | 7 | | |
| | | | | | | | | | 361 | 24 | |
| | | | ZAHLE & SUBURBS | E1 | Cleaning of lines 300mm diameter 35 l.m. | 0 | 11 | 105 | 245 | 361 | 24 |
| | | | | | Inspection of lines 300mm diameter 35 l.m. | 0 | 11 | 105 | 245 | 361 | 24 |
| | | | | | Cleaning of manholes 33(No.) | 0 | 30 | 297 | 693 | 1020 | 24 |
| Cleaning & visual inspection of manhole 1(No.) | 0 | 10 | | | 11 | 25 | 46 | 24 | | | |
| | | | | | | | | | | | |

WASTEWATER REHABILITATION WORKS
TO BE EXECUTED IN FIRST YEAR
 PACKAGE 8
 SANITARY SYSTEM

| CAZA | LOCATION | SYS. | DESCRIPTION | COST USD | | | | TOTAL | R. |
|-------|--------------------|--|---|----------|------------------|--------------|----------------|-------|----|
| | | | | DESIGN | SUPER- VISION | CONSTRUCTION | | | |
| | | | | | | LABOR | EQUIP- MENT | | |
| ZAHLE | ZAHLE & SUBURBS | E1 | Manhole repairs 3 (No.) | 0 | 10 | 63 | 147 | 220 | 24 |
| | | | New benching 1 (No.) | 0 | 10 | 15 | 35 | 60 | 24 |
| | | | Raising manholes cover and frame 14 (No.) | 0 | 13 | 126 | 294 | 433 | 24 |
| | | | Installing manhole cover 2 (No.) | 0 | 10 | 51 | 119 | 180 | 24 |
| | | | Installing manhole frame 1 (No.) | 0 | 10 | 35 | 81 | 126 | 24 |
| | | | Fixing frame 1 (No.) | 0 | 10 | 9 | 21 | 40 | 24 |
| | | | Disconnecting sewer line 1 (No.) | 0 | 10 | 15 | 35 | 60 | 24 |
| | E2 | Cleaning of lines 200 & 300mm diameter 1320 l.m. | 0 | 396 | 3960 | 9240 | 13596 | 1 | |
| | | Inspection of lines 200 & 300mm diameter 1320 l.m. | 0 | 396 | 3960 | 9240 | 13596 | 1 | |
| | | Visual inspection of inaccessible lines 5744 l.m. | 0 | 861 | 8614 | 20100 | 29576 | 1 | |
| | | Replacing damaged pipes 200mm diameter 368 l.m. | 0 | 567 | 5675 | 13241 | 19483 | 1 | |
| | | Replacing damaged pipes 300mm diameter 150 l.m. | 0 | 309 | 3092 | 7214 | 10615 | 1 | |
| | | | | | | | | | |

**WASTEWATER REHABILITATION WORKS
TO BE EXECUTED IN FIRST YEAR
PACKAGE 8
SANITARY SYSTEM**

| CAZA | LOCATION | SYS. | DESCRIPTION | COST USD | | | | TOTAL | R. | |
|-------|-----------------|------|--|---|--------------|--------------|------------|-------|------|----|
| | | | | DESIGN | SUPER-VISION | CONSTRUCTION | | | | |
| | | | | | | LABOR | EQUIP-MENT | | | |
| ZAHLE | ZAHLE & SUBURBS | 22 | Installing new manholes for lines replacing damaged pipes 11 (No.) | 0 | 155 | 1550 | 3850 | 5665 | 1 | |
| | | | Cleaning of manholes 11(No.) | 0 | 10 | 99 | 231 | 340 | 1 | |
| | | | Cleaning & visual inspection of manholes 34 (No.) | 0 | 36 | 357 | 833 | 1225 | 1 | |
| | | | Manhole repairs 8 (No.) | 0 | 17 | 158 | 392 | 577 | 1 | |
| | | | New benching 3 (No.) | 0 | 10 | 45 | 105 | 160 | 1 | |
| | | | Raising manhole cover and frame 93 (No.) | 0 | 84 | 837 | 1953 | 2874 | 1 | |
| | | | Lowering manhole cover and frame 9 (No.) | 0 | 10 | 81 | 190 | 281 | 1 | |
| | | | Replacing damaged manhole 1 (No.) | 0 | 10 | 9 | 21 | 40 | 1 | |
| | | | Installing manhole covers 17(No.) | 0 | 43 | 434 | 1012 | 1489 | 1 | |
| | | | Installing manhole frames 13(No.) | 0 | 45 | 449 | 1047 | 1541 | 1 | |
| | | | Disconnecting outlet sewer lines 2 (No.) | 0 | 10 | 30 | 70 | 110 | 1 | |
| | | | Installing head-wall at outlet | 0 | 10 | 30 | 70 | 110 | 1 | |
| | | | E3 | Cleaning of lines 300mm diameter 350 l.m. | 0 | 105 | 1050 | 2450 | 3605 | 29 |
| | | | | Inspection of lines 300mm diameter 350 l.m. | 0 | 105 | 1050 | 2450 | 3605 | 29 |

WASTEWATER REHABILITATION WORKS
TO BE EXECUTED IN FIRST YEAR
 PACKAGE 8
 SANITARY SYSTEM

| CAZA | LOCATION | SYS. | DESCRIPTION | COST USD | | | | | R. |
|-------|-----------------|------|---|----------|--------------|--------------|------------|-------|----|
| | | | | DESIGN | SUPER-VISION | CONSTRUCTION | | TOTAL | |
| | | | | | | LABOR | EQUIP-MENT | | |
| ZAHLE | ZAHLE & SUBURBS | E3 | Replacing damaged pipes 300mm diameter 225 l.m. | 0 | 464 | 4637 | 10820 | 15921 | 29 |
| | | | Cleaning of manhole 1 (No.) | 0 | 10 | 9 | 21 | 40 | 29 |
| | | | Cleaning & visual inspection of manholes 2 (No.) | 0 | 10 | 21 | 49 | 80 | 29 |
| | | | Installing manhole covers 2 (No.) | 0 | 10 | 51 | 119 | 180 | 29 |
| | | | Installing manhole frame 1 (No.) | 0 | 10 | 35 | 81 | 126 | 29 |
| | | | Installing head-wall at outlet | 0 | 10 | 30 | 70 | 110 | 29 |
| | | E4 | Cleaning of lines 300mm diameter 210 l.m. | 0 | 63 | 630 | 1470 | 2163 | 4 |
| | | | Inspection of lines 300mm diameter 210 l.m. | 0 | 63 | 630 | 1470 | 2163 | 4 |
| | | | Visual inspection of inaccessible lines 1300 l.m. | 0 | 195 | 1950 | 4550 | 6695 | 4 |
| | | | Cleaning of manholes 24 (No.) | 0 | 22 | 216 | 504 | 742 | 4 |
| | | | Cleaning & visual inspection of manholes 6 (No.) | 0 | 10 | 63 | 147 | 220 | 4 |
| | | | Manhole repairs 2 (No.) | 0 | 10 | 42 | 98 | 150 | 4 |
| | | | Raising manhole cover and frame 9 (No.) | 0 | 10 | 81 | 189 | 280 | 4 |
| | | | Replacing damaged manhole 1 (No.) | 0 | 15 | 150 | 350 | 515 | 4 |

WASTEWATER REHABILITATION WORKS
TO BE EXECUTED IN FIRST YEAR
 PACKAGE 8
 SANITARY SYSTEM

| CAZA | LOCATION | SYS. | DESCRIPTION | COST USD | | | | R. | | | |
|---|-----------------|-------------------|---|----------|--|--------------|------------|-------|-------|------|----|
| | | | | DESIGN | SUPER-VISION | CONSTRUCTION | | | TOTAL | | |
| | | | | | | LABOR | EQUIP-MENT | | | | |
| ZAHLE | ZAHLE & SUBURBS | E4 | Installing manhole covers 3 (No.) | 0 | 10 | 77 | 179 | 266 | 4 | | |
| | | | Installing manhole frames 2 (No.) | 0 | 10 | 69 | 161 | 240 | 4 | | |
| | | | New benching 5 (No.) | 0 | 10 | 75 | 175 | 260 | 4 | | |
| | | | Fixing frame 1 (No.) | 0 | 10 | 9 | 21 | 40 | 4 | | |
| | | | Installing head-wall at outlet | 0 | 10 | 30 | 70 | 110 | 4 | | |
| | | E5 | Cleaning of manhole 1 (No.) | 0 | 10 | 9 | 21 | 40 | 36 | | |
| | | | Cleaning & visual inspection of manhole 1 (No.) | 0 | 10 | 11 | 25 | 46 | 36 | | |
| | | | Raising manhole cover and frame 2 (No.) | 0 | 10 | 18 | 42 | 70 | 36 | | |
| | | ABLAH & NABI AILA | | E1 | Cleaning of lines 200,250 & 300mm diameters 695 l.m. | 0 | 209 | 2085 | 4865 | 7159 | 21 |
| | | | | | Inspection of lines 200,250 & 300mm diameters 695 l.m. | 0 | 209 | 2085 | 4865 | 7159 | 21 |
| Visual inspection of inaccessible lines 4800 l.m. | 0 | | | | 720 | 7200 | 16800 | 24720 | 21 | | |
| Cleaning of manholes 30 (No.) | 0 | | | | 27 | 270 | 630 | 927 | 21 | | |
| Cleaning & visual inspection of manholes 11 (No.) | 0 | | | | 12 | 116 | 270 | 397 | 21 | | |
| Manhole repairs 2 (No.) | 0 | | | | 10 | 42 | 98 | 150 | 21 | | |

ANNEXE 4

**TRAVAUX DE REHABILITATION A
MOYEN TERME DES OUVRAGES DES
EAUX USEES (ETUDE DE CDR)**

**WASTEWATER REHABILITATION WORKS
TO BE EXECUTED IN SECOND YEAR**

**PACKAGE B
SANITARY SYSTEM**

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.)

| CAZA | LOCATION | SYS. | DESCRIPTION | COST USD | | | | R. | |
|-------|--------------------|---|--|--|------------------|--------------|----------------|-------|-------|
| | | | | DESIGN | SUPER- VISION | CONSTRUCTION | | | TOTAL |
| | | | | | | LABOR | EQUIP- MENT | | |
| ZAHLE | ZAHLE & SUBURBS | E1 | Replacing improperly designed lines 300mm diameter 140 l.m. | 481 | 289 | 2886 | 6733 | 10388 | 24 |
| | | | Installing new lines 400mm diameter 75 l.m. | 360 | 216 | 2160 | 5040 | 7776 | 24 |
| | | | Installing new manholes 3(No.) | 75 | 45 | 450 | 1050 | 1620 | 24 |
| | | E2 | Replacing improperly designed lines 200mm diameter 420 l.m. | 1079 | 648 | 6477 | 15112 | 23316 | 1 |
| | | | Installing new manholes for lines replacing improperly lines 9 (No.) | 225 | 135 | 1350 | 3150 | 4860 | 1 |
| | | | E4 | Replacing under-sized lines 200mm diameter 75 l.m. | 193 | 116 | 1157 | 2699 | 4164 |
| | | Replacing under-sized lines 300mm diameter 515 l.m. | | 1769 | 1061 | 10614 | 24766 | 38210 | 4 |
| | | E5 | Extension of lines 300mm diameter 75 l.m. | 258 | 155 | 1546 | 3607 | 5565 | 36 |
| | | | Installing new manholes 3(No.) | 75 | 45 | 450 | 1050 | 1620 | 36 |
| | | | Disconnecting outlet from manhole 1(No.) | 3 | 10 | 15 | 35 | 63 | 36 |

ANNEXE 5

DIAGRAMMES DES PRECIPITATIONS

A QA'A ER RIM, ZAHLE ET KSARA

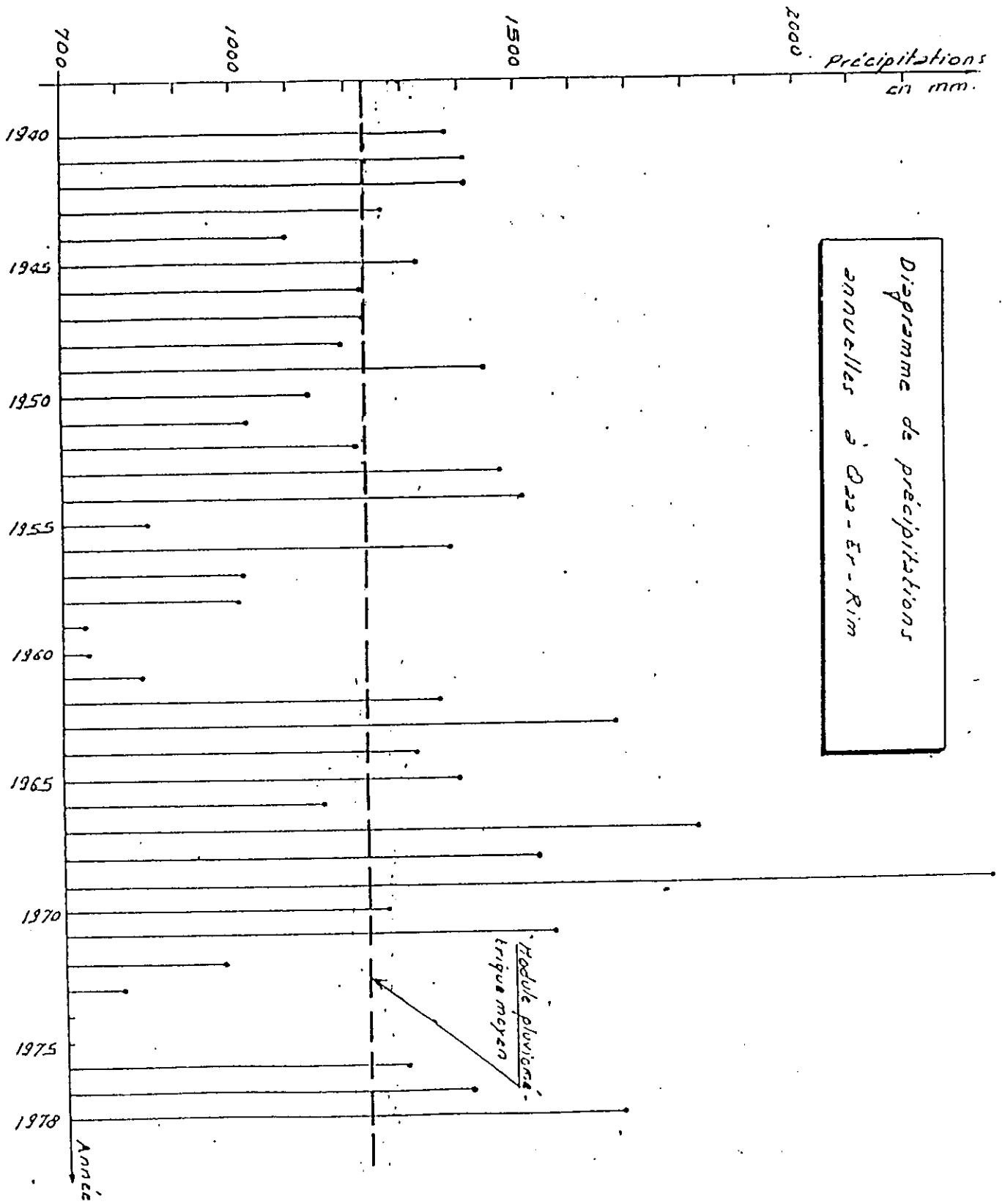
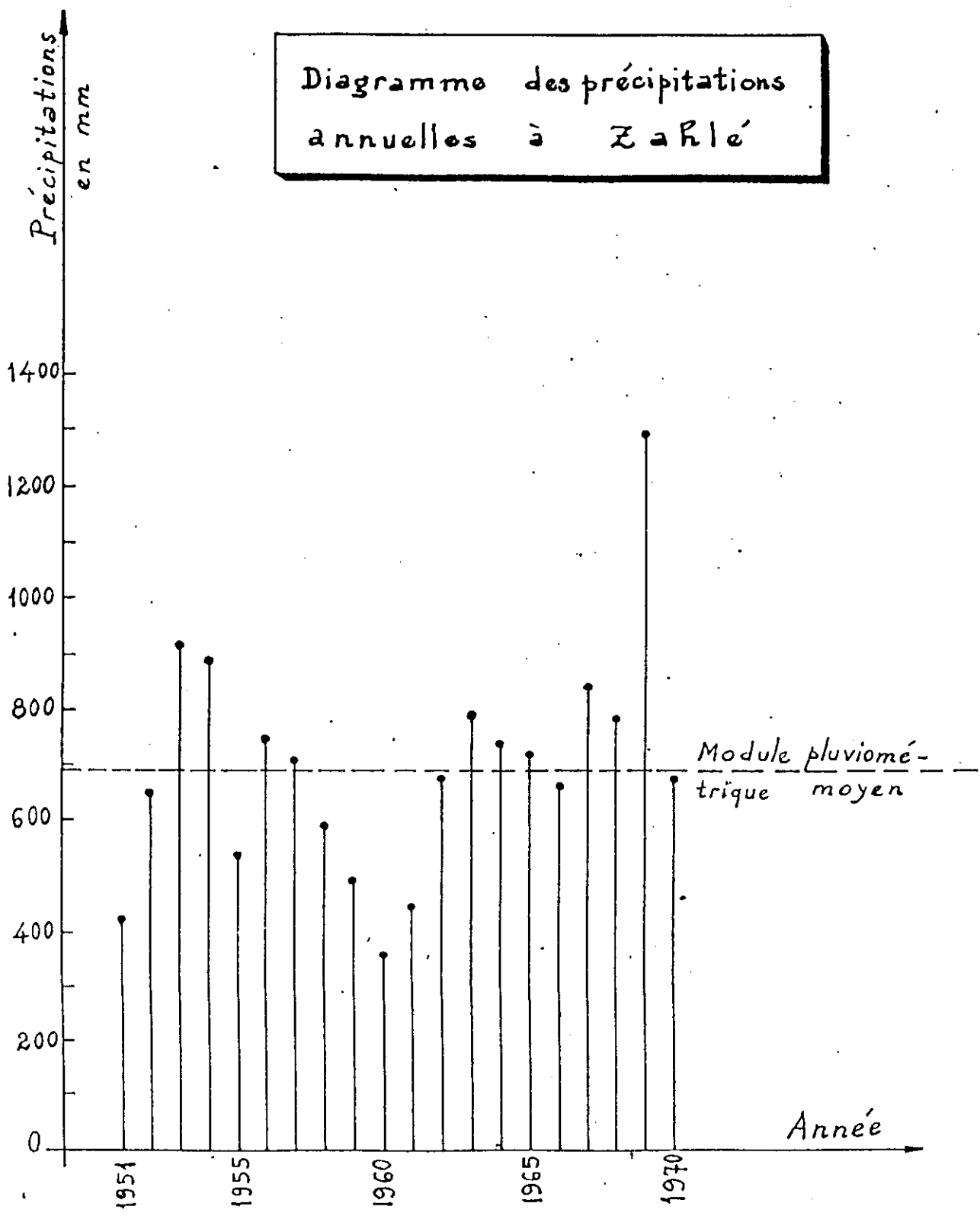


Diagramme des précipitations
annuelles à Zarlé



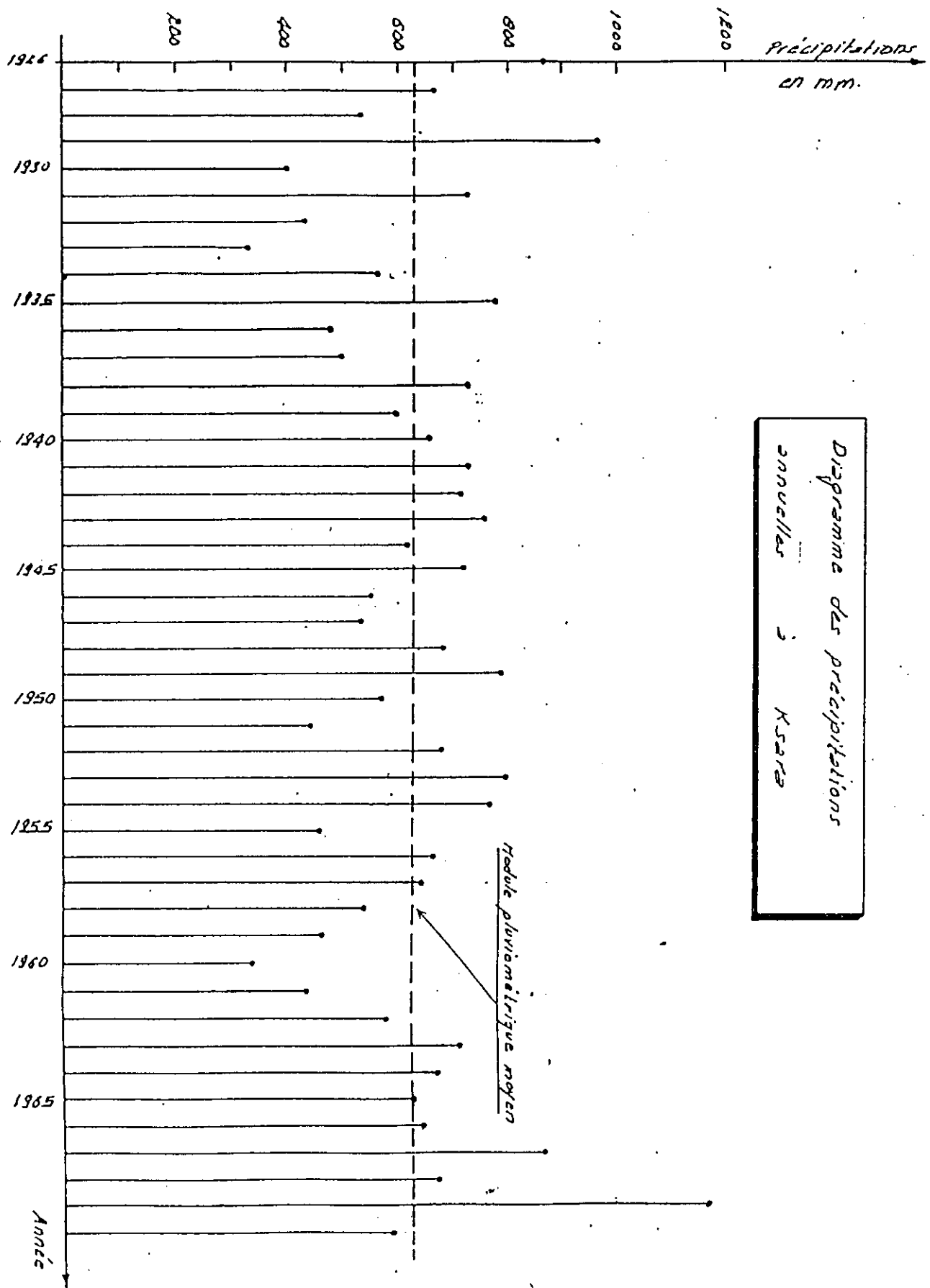


Diagramme des précipitations annuelles à Ksarsa

ANNEXE 6

QUANTITE DES DECHETS COLLECTES

8-3 DESIGN FACTORS FOR BAR RACKS 161

$$h_L = \frac{1}{2g} \left(\frac{Q}{CA} \right)^2$$

M/S GETI

(8-3)

A l'attention de M. Marwan Zoghbi

where

- h_L = head loss through the rack, m
- V = velocity through the rack and in the channel upstream of the rack, m/s
- g = acceleration due to gravity, 9.81 m/s²
- W = maximum cross-sectional width of the bars facing the direction of flow, m
- b = minimum clear spacing of bars, m
- h_v = velocity head of the flow approaching the bars, m
- θ = angle of bars with horizontal
- Q = discharge through screen, m³/s
- A = effective submerged open area, m²
- C = coefficient of discharge = 0.60 for clean rack
- β = bar shape factor. The values of bar shape factors for clean rack are summarized as follows:

| Bar type | β |
|---|---------|
| Sharp-edged rectangular | 2.42 |
| Rectangular with semicircular upstream face | 1.83 |
| Circular | 1.79 |
| Rectangular with semicircular upstream and downstream faces | 1.67 |
| Tear shape | 0.76 |

8-3-3 Removal of Screenings

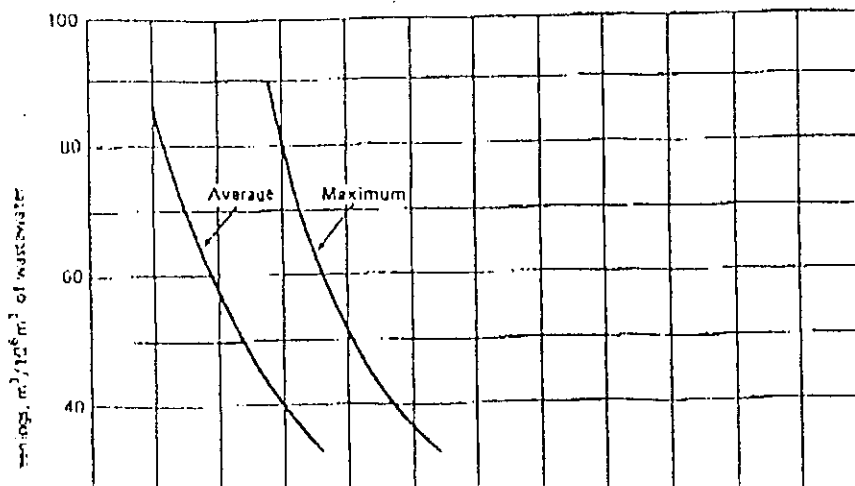
Manually cleaned bar racks have sloping bars that facilitate hand raking. The screenings are placed on a perforated plate for drainage and storage.

The mechanically cleaned bar racks are front-cleaned or back-cleaned. In both cases the traveling rake moves the screenings upward and drops them into a collection bin or a conveyor. The back-cleaned raking device has the advantage that it does not jam easily due to obstruction at the base of the screen. In both types the raking is performed continuously by means of endless chains operating over sprockets. The operation can be made intermittent by means of a time clock or actuated by a preset differential head loss across the screen.

8-3-4 Quantities and Composition of Screenings

The quantity of screenings depends on type of wastewater, geographic location, weather conditions, and type and size of screens. The quantity of screenings removed by bar racks vary from 3.5 to 80 m³/10⁶m³ (0.5-11 ft³/million gallons), with an average of about 20 m³/10⁶ m³ (2.7 ft³/million gallons).² The average and maximum amounts of screenings collected from mechanically cleaned bar racks with respect to size of the opening are shown in Figure 8-4.

The screenings contain approximately 80 percent moisture and normally weigh 960



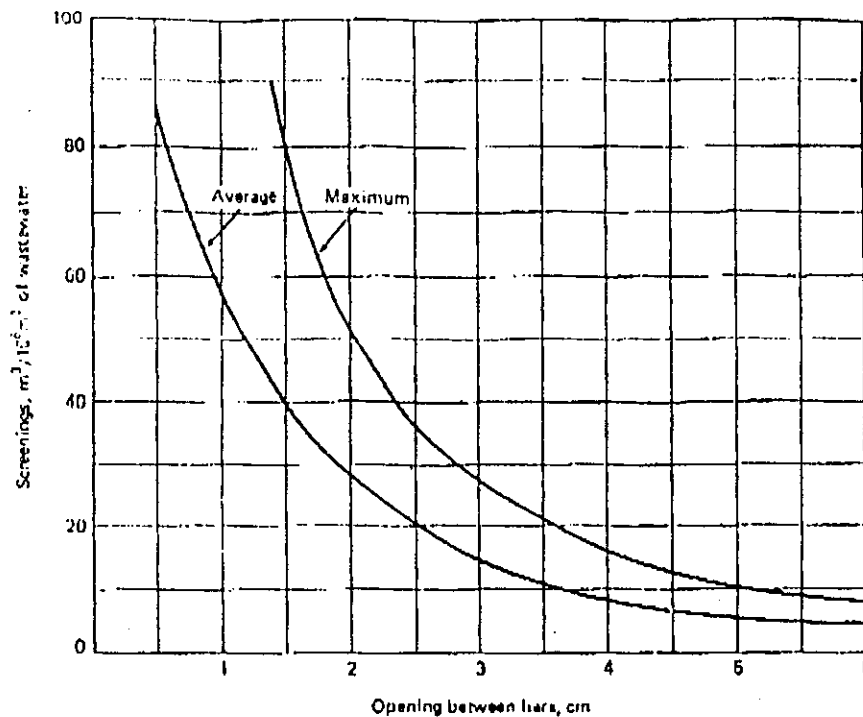


Figure 8-4 Quantiles of Screenings Collected from Mechanically Cleaned Bar Racks. (Courtesy Envirex Inc., a Rexnord Company.)

kg/m³ (60 lb/ft³). The screenings are odorous and attract flies. Disposal of screenings is achieved by landfilling or incineration. Often screenings are discharged into grinders where they are ground and returned into the wastewater treatment plant.

8-4 EQUIPMENT MANUFACTURERS OF BAR RACKS

A number of equipment manufacturers supply mechanically cleaned bar racks. The names and addresses of many manufacturers of screening devices is given in Appendix D. The design engineer must make many decisions in advance of selecting the equipment. Information such as width and water depth in the channel, clear spacings between the bars, velocity through screens, type of cleaning equipment (that is, front-cleaned or back-cleaned), etc., are necessary for making these decisions. Once these decisions are made, the design engineer must work in cooperation with the equipment manufacturers to select the equipment best suited for the project needs. Important considerations for equipment selection are also covered in Sec. 2-10.

8-5 INFORMATION CHECKLIST FOR DESIGN OF BAR RACK

Bar rack design should not be started until many important design decisions are made and the necessary data developed. The following is a listing of important items:

TOTAL P. 01

الجمهورية اللبنانية
وزارة البيئة

مقد اتفاق بالتراضي

لاجراء مشروع تخطيط ودرس تصريف المياه المبتذلة وكيفية معالجتها في
منطقة زحله وجوارها وتنظيم ملفات التلزم للاشغال العائدة لها
منظم استناداً الى المادة ١٥٠ فقرة ١ من قانون المحاسبة العمومية

بين

فريق أول
فريق ثاني

الدولة اللبنانية الممثلة بشخص وزير البيئة
والمهندس لطف الله الحاج

لما كانت الإدارة تنوي القيام بمشروع تخطيط ودرس تصريف المياه المبتذلة وكيفية
معالجتها في منطقة زحله وجوارها وتنظيم ملفات التلزم للاشغال العائدة لها بغية طرح الاشغال
اللازمة في التلزم ،

ونظرا لكون الأعمال المطلوبة تتجاوز إمكانيات الإدارة ، خاصة في الظروف الحالية
بسبب النقص في عدد المهندسين والفنيين في وزارة البيئة ،

ولما كان قد تبين للفريق الاول من خلال دراسة تفصيلية ان مكتب المهندس السيد
لطف الله الحاج ، المصنف بالدرجة الأولى للدراسات المائية ، مجهزا بالفنيين وتتوفر فيه المؤهلات
التقنية للقيام بمثل هذه الأعمال على اكمل وجه ، وقد سبق ان قام بدراسات سابقة تتعلق بالمواضيع
نفسها وذلك لصالح وزارة الاسكان والتعاونيات ، واستنادا الى احكام المادة ١٥٠ فقرة ١ من قانون
المحاسبة العمومية ،

لذلك تم الاتفاق على ما يلي:

المادة الاولى: غاية الاتفاق

يعهد الفريق الاول الى الفريق الثاني الذي قبل بذلك القيام بأعمال تنفيذ مشروع
تخطيط ودرس تصريف المياه المبتذلة وكيفية معالجتها في منطقة زحله وجوارها
وتنظيم ملفات التلزم للاشغال العائدة لها .
ويصرح الفريق الثاني انه اطلع على دفتر الشروط الخاص العائد لهذا المشروع وانه
مستعد لتنفيذ كل ما جاء فيه بكل دقة وأمانة.

لطف الله الحاج
مهندس

المادة الثانية: موجبات الفريق الثاني

يقوم الفريق الثاني بانتخطيطات والتصاميم والدراسات التفصيلية والمسح الطبوغرافي ووضع المواصفات الفنية وملفات التلزييم وفقا لدفتر الشروط ولائحة الاسعار والكشف التخميني المرفقة بهذا العقد والتي تعتبر جزءا متماكلا ووفقا للقوانين والانظمة المرعية ، ولاصول الفن الصحيح .

المادة الثالثة: قيمة العقد

ان القيمة الاجمالية لبذل الاتعاب المحددة لهذه الاعمال هي / ٢٧٠.٠٠٠.٠٠٠ ل.ل. فقط مائتان وسبعون مليون ليرة لبنانية لا غير .
وتعدل الاعمال الملحوظة على هذا الاساس عند اللزوم ، وتدفع على النحو المبين ادناه مع توقيف عشرة بالمئة (١٠ %) لحين الاستلام النهائي بعد مدة الضمان المنصوص عنها في المادة السادسة .

المادة الرابعة: المهل - جزاء التأخير

بعد تصديق هذا العقد من المراجع الصالحة يقوم الفريق الاول بتبليغه الى الفريق الثاني لتقديم الكفالة النهائية ومن ثم يعطيه امر المباشرة بالعمل .
على الفريق الثاني تقديم كافة الدراسات والمستندات العائدة للمشروع على مراحل ضمن مهلة اجمالية لا تتجاوز الستة اشهر من تاريخ تبليغه امر المباشرة بالعمل ، وذلك وفقا للجدول الزمني المرفق موقعا من قبل الفريقين .
تقوم الادارة بدرس ملفات المراحل الجزئية وابداء ملاحظاتها الى الفريق الثاني بمهلة خمسة عشر يوما من تاريخ التقديم وفي حال انقضاء هذه المهلة يعتبر الفريق الثاني مبكنا بالموافقة وعليه متابعة الاعمال . وفي حال عدم الموافقة ، على الفريق الثاني تعديل الدراسات على ضوء ملاحظات الجهاز الاداري واعادة تقديمها مصححة ضمن المهلة المحددة في جواب الادارة .
تدخل ضمن هذه المهلة ايام الاحاد والاعياد والعطل الرسمية ولا تحتسب مهل ملاحظات الادارة ضمن المهلة اجمالية .
يتحمل الفريق الثاني جزاء قدره / ١٠٠.٠٠٠ ل.ل. مئة الف ليرة لبنانية فقط لا غير عن كل يوم تأخير عن المهلة المحددة في العقد ويحتسب التأخير عن اي قسم من الدراسات بنسبة قيمة المهمة المعنية الى مجموع الاتعاب ، الا اذا كان التأخير خارجا عن ارادة الفريق الثاني ، شرط ابلاغ الامر فوراً الى الفريق الاول ، او ناتجا عن تبليغ المهمات او المعلومات الاساسية من قبل الفريق الاول او من يمثله .

المادة الخامسة: بدل الاتعاب - طريقة الدفع

يصرف ويدفع بدل الاتعاب بموجب كشوفات شهرية او بعد تقديم كل مرحلة من المراحل وفقا لجدولتها في دفتر الشروط الخاص وحسب الاسعار الواردة في الكشف التخميني .
يتم تنظيم الكشف النهائي بالاشغال بعد اجراء الاستلام .

١٠
١١
١٢
١٣
١٤
١٥
١٦
١٧
١٨
١٩
٢٠
٢١
٢٢
٢٣
٢٤
٢٥
٢٦
٢٧
٢٨
٢٩
٣٠
٣١
٣٢
٣٣
٣٤
٣٥
٣٦
٣٧
٣٨
٣٩
٤٠
٤١
٤٢
٤٣
٤٤
٤٥
٤٦
٤٧
٤٨
٤٩
٥٠
٥١
٥٢
٥٣
٥٤
٥٥
٥٦
٥٧
٥٨
٥٩
٦٠
٦١
٦٢
٦٣
٦٤
٦٥
٦٦
٦٧
٦٨
٦٩
٧٠
٧١
٧٢
٧٣
٧٤
٧٥
٧٦
٧٧
٧٨
٧٩
٨٠
٨١
٨٢
٨٣
٨٤
٨٥
٨٦
٨٧
٨٨
٨٩
٩٠
٩١
٩٢
٩٣
٩٤
٩٥
٩٦
٩٧
٩٨
٩٩
١٠٠

المادة السادسة: التأمين - استلام الدراسات

ان قيمة التأمين هي /... .. ٢٧ ل.ل. فقط سبعة وعشرون مليون ليرة لبنانية لا غير .

تقدم بموجب كفالة مصرفية صادرة عن مصرف مقبول محررة باسم وزارة البيئة وذلك خلال عشرة ايام من تاريخ ابلاغه تصديق العقد بحيث يعطى بعدها امر المباشرة بالعمل وترد هذه الكفالة كلياً بعد اجراء الاستلام النهائي لاشغال الدراسة كاملة او على اجزاء لدى استلام الاقسام المتتالية ، وفقاً لتقدير الفريق الاول .

نظراً لطبيعة الاعمال ، يجري الاستلام الموزقت والنهائي معاً ضمن مهلة شهر واحد من تاريخ تقديم الدراسة . ويبقى المكتب المكلف مسؤولاً عن كل خطأ في الخرائط والمعلومات التي اعطاها .

المادة السابعة: تصديق العقد

ان هذا العقد لا يصبح نافذا الا بعد تصديقه من المراجع المختصة .

المادة الثامنة: شروط خصوصية

يخضع تنفيذ عقد الاتفاق لاحكام دفتر الشروط الخاص للعائد لمشروع تخطيط ودرس تصريف المياه المبتذلة وكيفية معالجتها في منطقة زحلة وجوارها وتنظيم ملفات التلزم للاشغال العائدة لها ولانحة الاسعار والكشف التخميني المرفقين به الموقعين من قبل الفريقين ، وهذه المستندات تعتبر جزءاً لا يتجزأ من العقد.

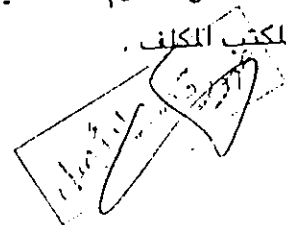
المادة التاسعة: احكام وشروط مختلفة

يخضع تنفيذ هذا العقد لجميع نصوص دفتر الشروط العام ودفتر الاحكام والشروط العامة المفروضة على متعهدي الاشغال العامة والتي لا تتنافى مع نصوص دفتر الشروط الخاص ، ولا تطبيق احكام المراد ٢٠ ، ٢١ ، و ٢٢ من دفتر الاحكام والشروط العامة ولا يحق للمكتب المكلف المطالبة بأي تعويض من جراء زيادة او نقصان الاعمال الملحوظة .

المادة العاشرة: رسوم مختلفة

ان جميع رسوم التصفية والضرائب الحكومية الناتجة عن هذا العقد هي على عاتق

المكتب المكلف .



٤٦ - ٤٦

المادة الحادية عشرة: حل الخلافات

تحل الخلافات الناتجة عن هذا العقد بواسطة المحاكم المختصة عند الاقتضاء .

المادة الثانية عشرة: نظم هذا العقد على نسختين وتسلم كل فريق نسخة للعمل بموجبها .

الفريق الاول

وزير البيئة

سمير مقبل

فريق وقبل

الفريق الثاني

المهندس لطف الله الحاج

الجمهورية اللبنانية

مكتب وزير الدولة لشؤون الادارة
مركز مشاريع ودراسات القطاع العام

وافق ديوان المحاسبة بقراره رقم ~~١١١~~ / ١١١١ تاريخ ١٤/١٠/٢٠١٥

رئيس ديوان المحاسبة بالوكالة

عفيف المقدم

٤٢٠٤٢

بيروت في ١٢/١٠/٢٠١٥
المشير النائب المركزي لمعد النفقات
ديوان المحاسبة
١٤/١٠/٢٠١٥
م. الطاهر حوريل

م. الطاهر حوريل
م. الطاهر حوريل