

AGENCE JAPONAISE DE COOPERATION INTERNATIONALE (JICA)
MINISTRE DE L'EQUIPEMENT ET DE L'HABITAT
REPUBLIQUE TUNISIENNE

L'ETUDE
SUR LE
PROGRAMME DE PROTECTION CONTRE LES INONDATIONS
POUR
LE GRAND TUNIS ET LE GRAND SOUSSE

RAPPORT FINAL

Volume I RESUME

Mars 1994

Nippon Koei Co., Ltd., Tokyo

S	S	S
J	R	
94 - 027		

L'ETUDE SUR LE PROGRAMME DE PROTECTION CONTRE LES INONDATIONS
POUR LE GRAND TUNIS ET LE GRAND SOUSSE

RAPPORT FINAL

Volume I RESUME

Mars 1994

Nippon Koei Co.

417

617

SSS

BAR

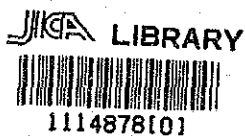
AGENCE JAPONAISE DE COOPERATION INTERNATIONALE (JICA)

MINISTERE DE L'EQUIPEMENT ET DE L'HABITAT
REPUBLIQUE TUNISIENNE

L'ETUDE
SUR LE
PROGRAMME DE PROTECTION CONTRE LES INONDATIONS
POUR
LE GRAND TUNIS ET LE GRAND SOUSSE

RAPPORT FINAL

Volume I RESUME



Mars 1994

Nippon Koei Co., Ltd., Tokyo

LISTE DES VOLUMES

Volume I RESUME

Volume II RAPPORT PRINCIPAL
PARTIE I ETUDE DU PLAN D'ERECTEUR
PARTIE II ETUDE DE FAISABILITE
- OUED ENNKHILET
- OUED HAMMAM



AVANT-PROPOS

En réponse à la demande du Gouvernement de la République de Tunisie, le Gouvernement du Japon a décidé d'entreprendre l'étude du schéma directeur et l'étude de factibilité du Projet de lutte contre les crues dans le Grand Tunis et le Grand Sousse. L'exécution de ces études a été confiée à l'Agence Japonaise de Coopération Internationale (JICA).

La JICA a envoyé à Tunisie, à deux reprises pendant la période de février 1993 à février 1994, une mission d'étude dirigée par Monsieur Hideki Sato de Nipon Koei Co., Ltd.

La Mission a tenu des discussions avec les responsables intéressés du Gouvernement de la République de Tunisie et a effectué les enquêtes sur les lieux. Après le retour de la Mission au Japon, des études plus détaillées se sont poursuivies et le présent rapport a été élaboré.

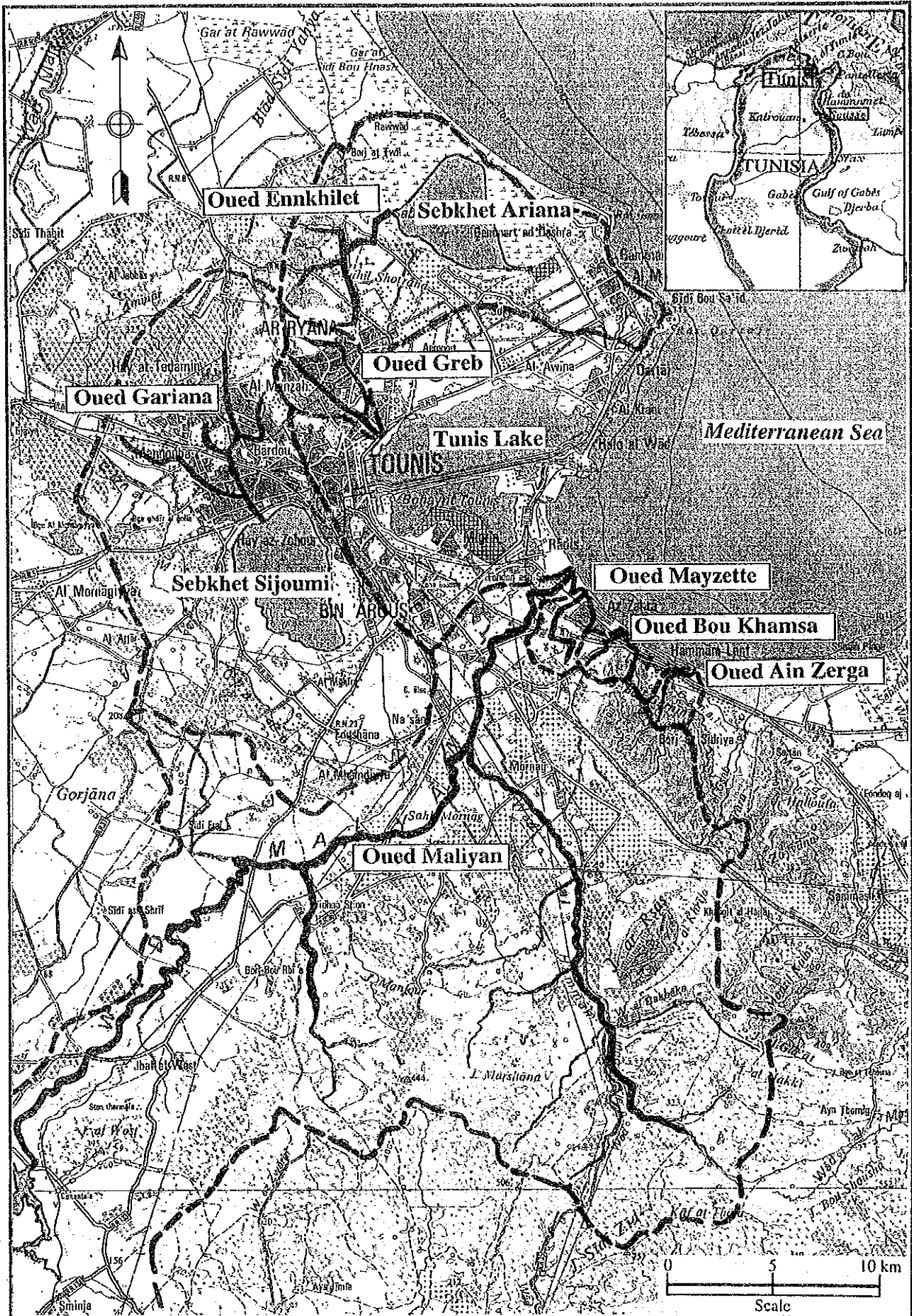
Il est souhaité que ce rapport puisse aider à la réalisation du Projet et contribuer au renforcement des relations amicales entre nos deux pays.

Je voudrais exprimer mes sincères remerciements aux responsables intéressés du Gouvernement de la République de Tunisie pour la franche collaboration qu'ils ont réservée à la Mission.

15 mars 1994

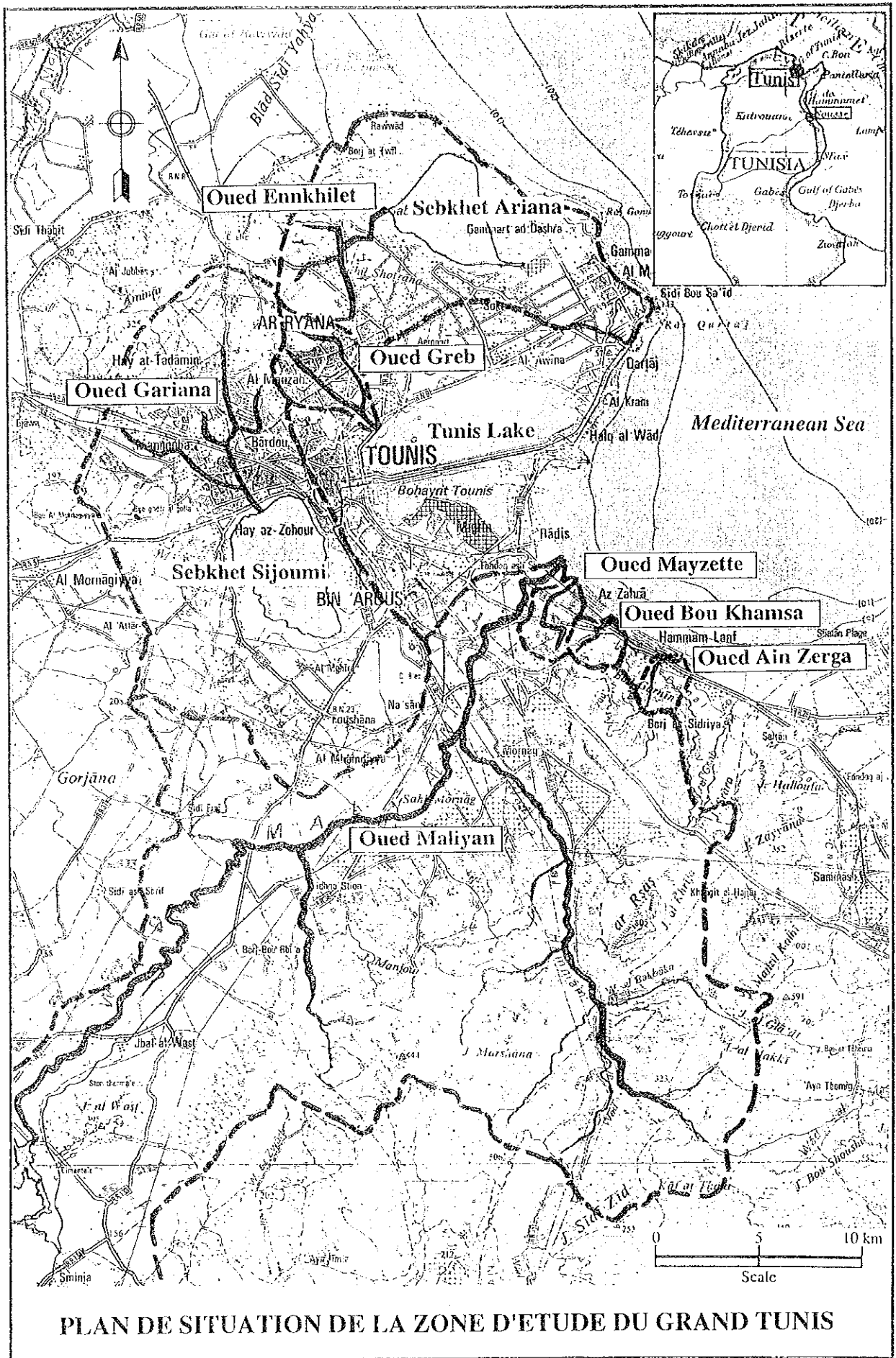
Kensuke Yanagiya

Président de l'Agence Japonaise
de Coopération Internationale

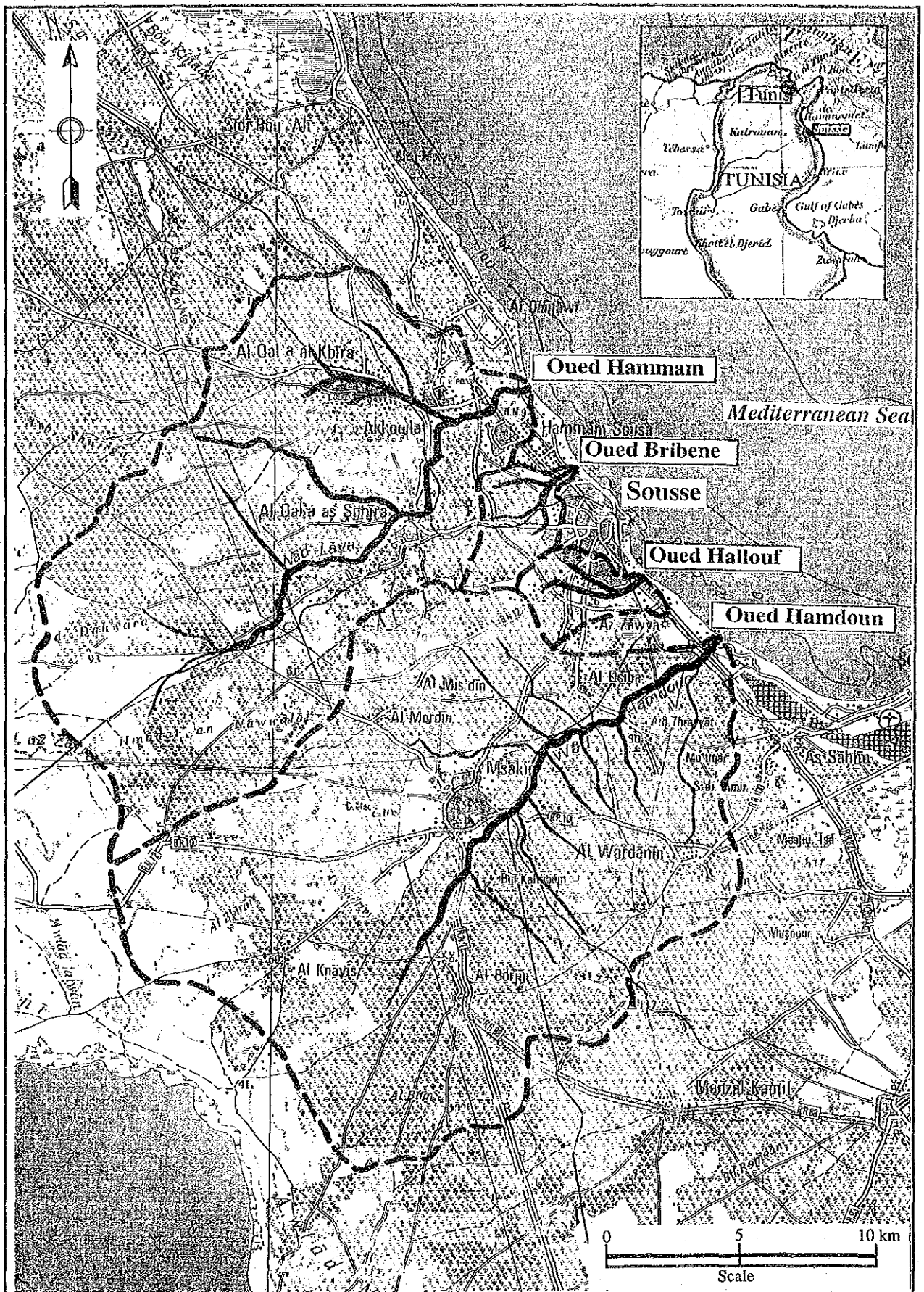


PLAN DE SITUATION DE LA ZONE D'ETUDE DU GRAND TUNIS

The Study on Flood Protection Program for Greater Tunis and Sousse in the Republic of Tunisia

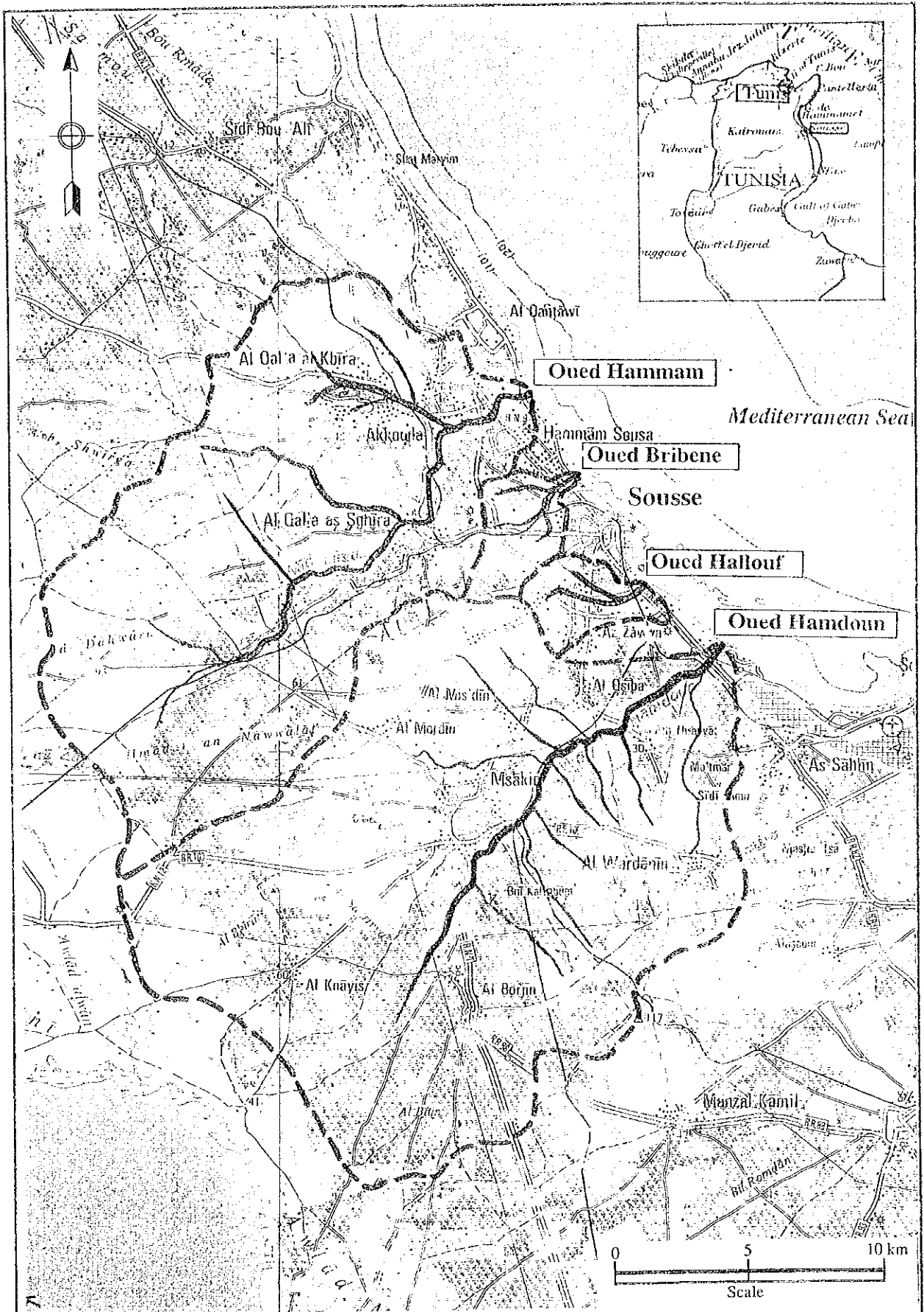


The Study on Flood Protection Program for Greater Tunis and Sousse in the Republic of Tunisia



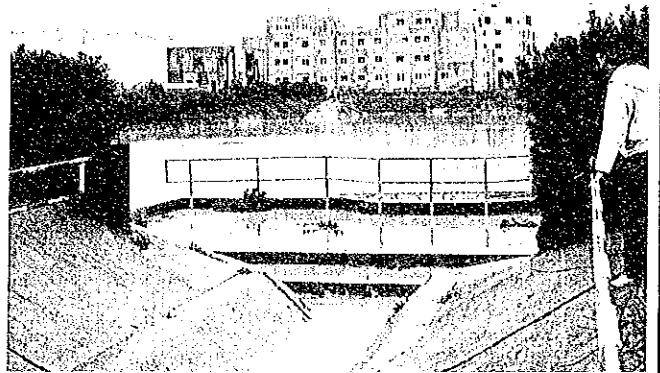
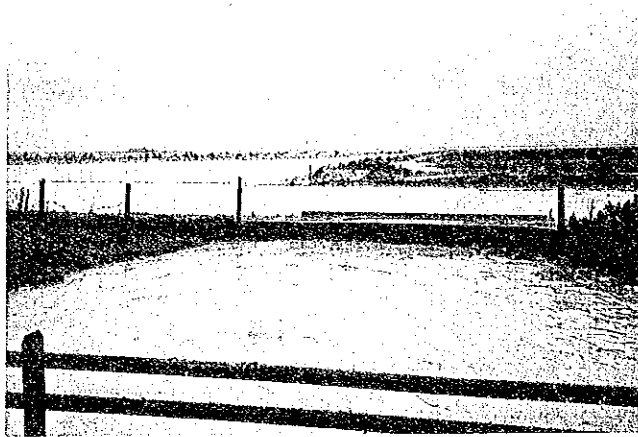
PLAN DE SITUATION DE LA ZONE D'ETUDE DU GRAND SOUSSE

The Study on Flood Protection Program for Greater Tunis and Sousse in the Republic of Tunisia



PLAN DE SITUATION DE LA ZONE D'ETUDE DU GRAND SOUSSE

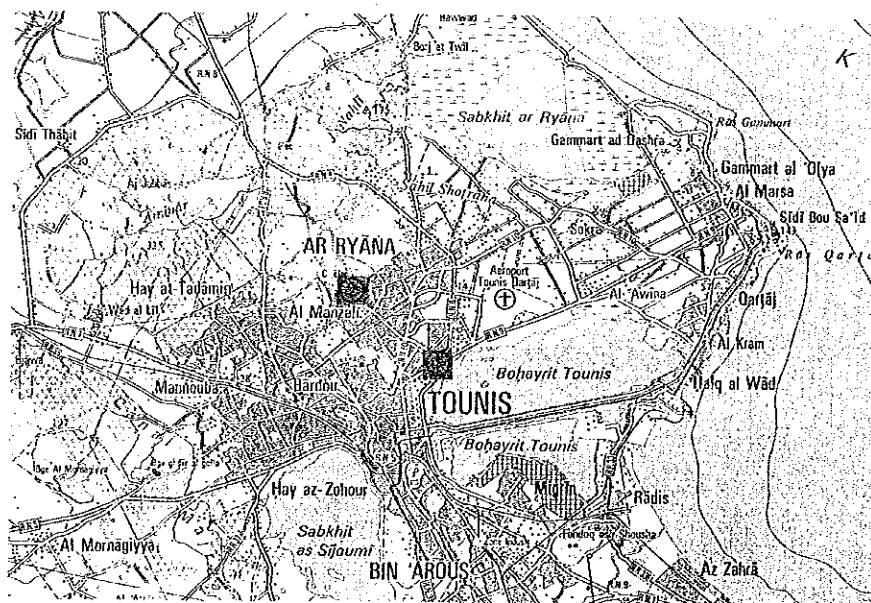
The Study on Flood Protection Program for Greater Tunis and Sousse in the Republic of Tunisia



① Qued Greb. Vue de l'Aval à Partir de Route L.N.S.

② Exutoire du bassin d'écêtement "ERO-3B"

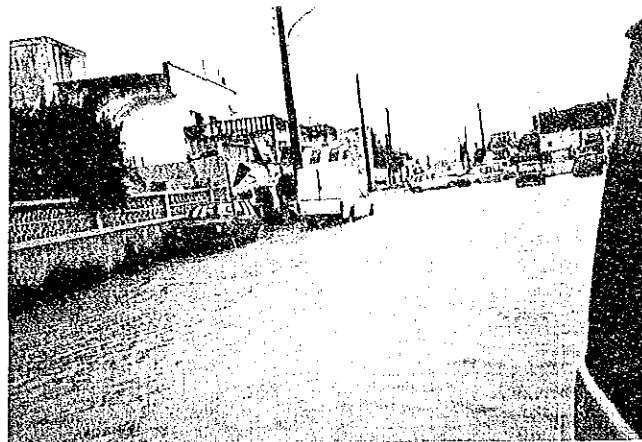
Ces photos montrent la situation dans la partie centrale de Tunis à la suite des pluies délugiennes qui se sont abattues sur la région le 5 et 6 mai 1993 et qui ont atteint une hauteur de 97,5 mm. Cet événement pluvieux a été enregistré par le pluviographe récemment installé à l'Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tunis dans la période entre le 5 mai à 22h00 et le 6 mai à 17h00.



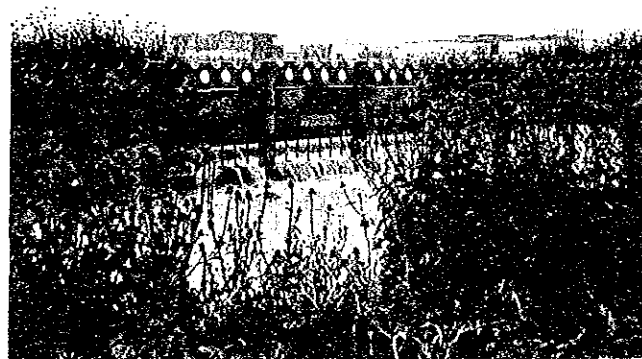
Plan de situation



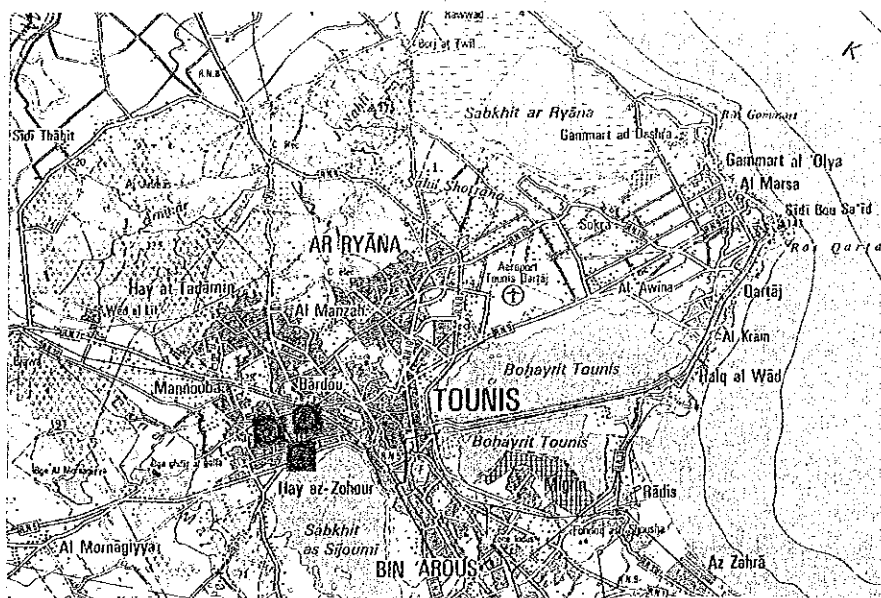
③ Qued Gariana. Vue de l'Amont à partir de la route



④ Route inondée près du "EBA-1"



⑤ Débordement des eaux du bassin d'écrêtement "EBA-1"



Plan de Situation



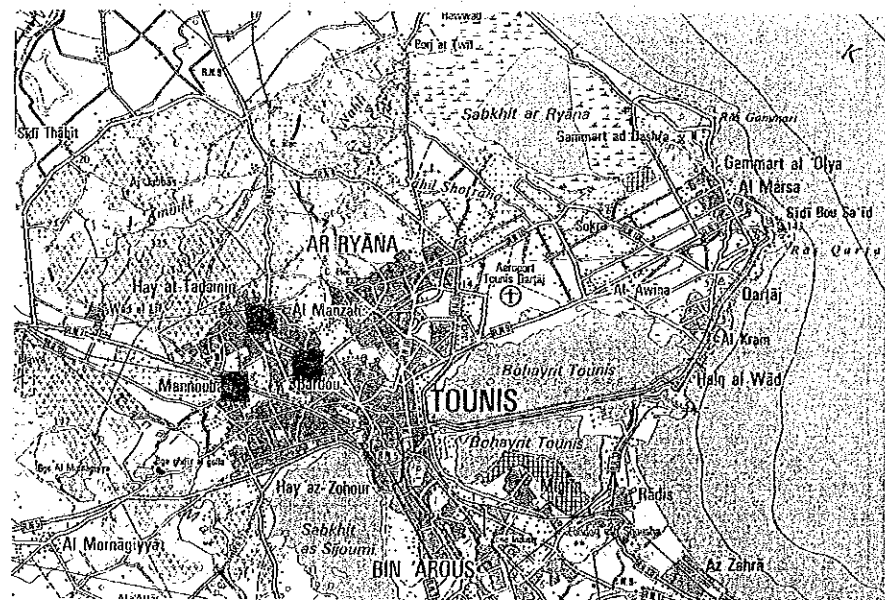
⑥ Débordement à l'exutoire du bassin d'écêtement "FBA-3"



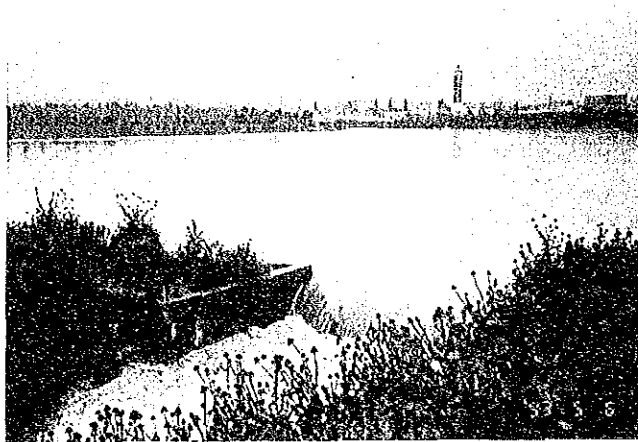
⑦ Route Inondée près d'Fitadhamen



⑧ Ruissellements submergeant la route, au sud de "FBA-4"



Plan de Situation



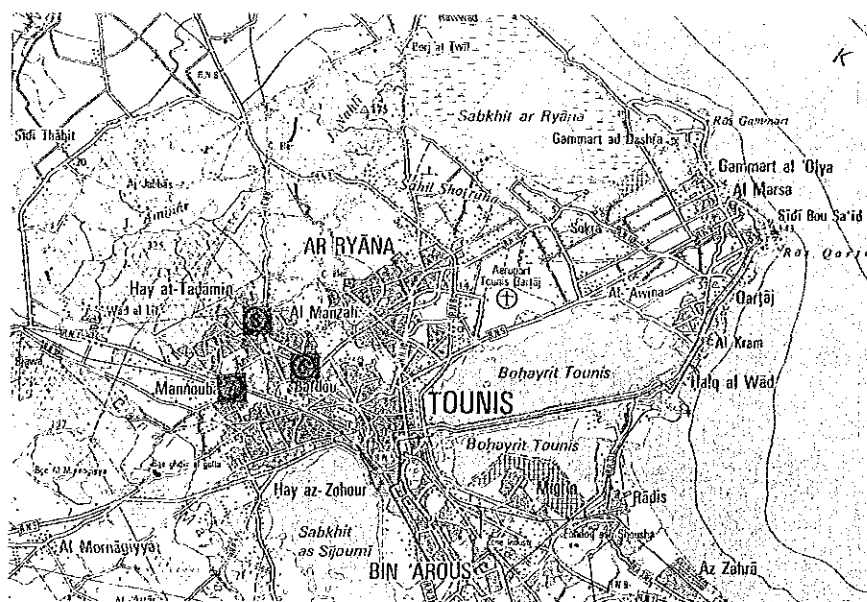
⑥ Débordement à l'exutoire du bassin d'écoulement "EBA-3"



⑦ Route Inondée près d'ElTadhamen



⑧ Ruissellements submergeant la route, au sud de "EBA-4"



Plan de Situation

RESUME

1. Généralités

Ce rapport final de "L'ETUDE SUR LE PROGRAMME DE PROTECTION CONTRE LES INONDATIONS DU GRAND TUNIS ET DU GRAND SOUSSE" résume les résultats de l'étude faite par l'Equipe d'Etude de la JICA pendant les phases 1, 2 et 3, à la fois sur le site en Tunisie (fin février - mi-mai 1993 et fin septembre 1993 - début février 1994) et à Tokyo (mi-mai - mi-août 1993 et mi-février - mars 1994). Les principaux objectifs de l'étude sont la formulation d'un Plan Directeur et la réalisation d'une étude de faisabilité sur les projets prioritaires sélectionnés pour la protection contre les inondations à la fois dans le Grand Tunis et le Grand Sousse. Les projets prioritaires proposés dans ce rapport ont été sélectionnés des points de vue technique et économique, après avoir expliqué et discuté avec le Ministère de l'Equipement et de l'Habitat (ci-dessous référé "MEH")

2. Plan Directeur

Les variantes d'aménagement indiquées aux Figs. 2 à 8 ont été examinées minutieusement, des points technique et économique et sur la base des résultats de l'étude obtenus à la suite de l'examen des données et des informations recueillies. Une brève description est présentée ci-dessous pour les variantes sélectionnées par l'Equipe de l'Etude de la JICA pour chaque oued. Du fait qu'éventuellement il n'existe pas d'emplacements pour la création des réservoirs d'écrêtement des crues sur les Oueds Mayzette, Bou Khamsa, Blibene et Hallouf, seul le plan d'amélioration des rivières a été étudié pour l'élaboration du plan directeur d'aménagement de ces rivières.

<u>Nom du bassin</u>	<u>Description de la variante sélectionnée</u>
<u>Zone du Grand Tunis</u>	
- Oued Enkhilet et Sebket Ariana :	Aménagement de l'Oued avec le barrage Aïn Snoussi et le bassin d'écrêtement A (ENK-1)/EIRR=12%
- Oued Greb :	Aménagement de l'Oued avec les bassins d'écrêtement existants et d'autres additionnels, et la réhabilitation et l'extension des barrages et des bassins d'écrêtement existants (GB-3)/EIRR=8%
- Oued Gariana et Sebket Sijoumi :	Aménagement de l'Oued avec les bassins d'écrêtement existants et d'autres additionnels y compris l'extension des bassins d'écrêtement existants (GR-2)/EIRR-4%

- Oued Maliyan : Aménagement de l'Oued avec les bassins d'écrêtement existants et d'autres additionnels y compris l'extension des bassins d'écrêtement existants (GR-2)/ EIRR=4%
- Oued Bou Khamsa : Aménagement de l'Oued seulement/ EIRR=10%
- Oued Aïn Zerga : Aménagement de l'Oued et bassin d'écrêtement (AZ-2)/EIRR=10%

Zone du Grand Sousse

- Oued Hammam : Aménagement de l'Oued seulement (HM-1)/ EIRR=18%
- Oued Blibéne : Aménagement de l'Oued seulement/ EIRR=5%
- Oued Hallouf : Aménagement de l'Oued seulement/ EIRR=13%
- Oued Hamdoun : Aménagement de l'Oued seulement (HD-1)/ EIRR=5%

3. Sélection des projets pour l'étude de faisabilité

A la suite de l'étude des variantes, celle estimée la plus efficace a été sélectionnée pour chaque oued. Il est recommandé que le projet de première priorité serait le cas de "Oued Maliyan" pour la zone du Grand Tunis et le cas de "Oued Hammam" pour la zone du Grand Sousse. Cependant, à la suite des discussions et consultations entre les cadres intéressés du bureau de la JICA à Tokyo, l'Equipe d'étude JICA et MEH, la variante d'aménagement des "Oueds Enkhilet et Sebkhet Ariana" a été retenue pour l'étape suivante de l'Etude de faisabilité de la zone du Grand Tunis, compte tenu de sa rentabilité économique et du grave problème d'inondation dans cette zone. Pour la zone du Grand Sousse, l'Oued Hammam a été sélectionné pour l'étude de faisabilité ainsi que l'a recommandé l'Equipe d'Etude de la JICA.

4. Etude de faisabilité

4.1 Etude comparative des variantes proposées pour la protection contre les inondations

(1) Oued Enkhilet

Afin de formuler les mesures nécessaires pour la protection contre les inondations de l'Oued Enkhilet, une étude comparative sur des variantes d'aménagement proposées pour la crue décennale et la crue centennale a été réalisée, à la suite de laquelle la meilleure variante a été choisie. Parmi toutes les variantes, la combinaison des canaux de déviation N°3 et N°4 et des bassins d'écrêtement A, G, I et JI a été sélectionnée

comme étant la plus économique. En appliquant cette variante, il ne sera pas nécessaire de réhabiliter la plupart des aménagements existants d'autant plus que cette variante cause moins de problèmes sociaux que les autres. Cette variante, qui est indiquée aux Figs. 29 et 30, est considérée comme étant la plus raisonnable. Les principales caractéristiques de cette variante sont données au Tableau 3.

(2) Sebkheth Ariana

La cause principale à l'origine des problèmes d'inondations dans les zones entourant Sebkheth Ariana est le bouchage de l'exutoire de la Sebkheth vers la mer Méditerranée par les cordons de sable; La façon la plus simple et la plus pratique pour maintenir cet exutoire ouvert serait de procéder à un dragage ou une excavation périodique. Le calcul de débit a été fait sur la base des profils en travers réalisés dans Sebkheth Ariana, et la cote du niveau d'eau atteinte pour la crue centennale a été estimée à l'ordre de 0,70 m NGT. Ainsi, apparaît-il que l'inondation des zones environnantes est évitable par un dragage ou une excavation périodique.

(3) Oued Hammam

Seul l'aménagement du plan d'eau a été étudié pour l'étude comparative pendant la phase de l'étude de faisabilité; les bassins d'écrêtement ne sont pas très efficaces pour le contrôle des crues au niveau des tronçons situés à l'aval du bassin de l'Oued Hammam. Afin d'établir la variante d'aménagement, le cours d'eau constitué par les oueds Hammam, Laya et Kébir, a été divisé en neuf (9) tronçons. Ensuite, des variantes d'aménagement ont été formulées et comparées entre elles des points de vue technique et économique. Sur la base des coûts et bénéfices estimés suivant le planning de construction proposé, le taux interne de rentabilité économique (EIRR) a été calculé pour chacune des variantes et la variante 3 comme indiqué aux Figs. 33 et 34 a été retenue comme étant la plus recommandable. Ce plan envisage l'amélioration de la rivière sur une longueur totale de 4.450 m et la construction de quatre (4) ponts. Les principales caractéristiques de ce plan sont indiquées au Tableau 4.

4.2 Dégâts causés par les crues

(1) Oued Enkhilet

Les plus grosses pertes seront subies par les constructions, ce qui représente 62% de l'ensemble des dégâts sous les conditions existantes, et 68% dans le futur. Les dégâts pour les routes sont estimés à 21% et 16% respectivement. L'ensemble des dégâts

causés par Oued Enkhilet dans les zones exposées aux inondations pour les crues centennale, décennale et annuelle est estimé comme suit:

(Unité: 1.000 DT)

Période de retour	Occupation actuelle du sol	Occupation future du sol
100 ans	6.266	33.776
10 ans	2.830	15.597
1 an	1.054	5.344

(2) Oued Hammam

Pour la crue centennale et sous les conditions actuelles d'occupation du sol, environ la moitié (48%) des pertes est subie par le secteur du transport, et 26% par les bâtiments résidentiels. Sous les conditions futures d'occupation du sol, les dégâts pour les bâtiments résidentiels sont les plus importants (37%), alors que les dégâts dans le secteur du transport sont de 31%. Les dégâts estimés pour les crues centennale, décennale et annuelle sont estimés comme suit:

(Unité: 1.000 DT)

Période de retour	Occupation actuelle du sol	Occupation future du sol
100 ans	6.805	15.306
10 ans	2.636	6.244
1 an	431	952

4.3 Coût du projet

(1) Oued Enkhilet

Les plans de lutte contre les inondations dans le bassin de l'Oued Enkhilet ont été déjà formulés par le gouvernement tunisien sur la base des crues décennales. Quelques sections de la rivière ont été améliorées conformément à ces plans. Par suite des discussions et consultations entre les cadres intéressés, il a été décidé d'adopter le même plan de lutte contre les crues décennales dans cette étude d'aménagement de la première phase, en vue de sa coïncidence avec le plan actuel. Par ailleurs, les crues centennales qui sont souvent adoptées dans les plans de base de lutte contre les inondations dans les pays étrangers, ont été prises en compte dans le plan d'aménagement de la deuxième phase. Les coûts financiers du Projet ont été calculés pour toutes les deux phases d'aménagement sur la base des prix applicables en janvier 1994.

Coût financier du projet d'aménagement de Oued Enkhilet

(Unité: 1.000 DT)

Désignation	1ère étape	2ème étape
1. Coût direct de construction	6.502	7.467
2. Acquisition de terrains et coût de compensation	3.738	0
3. Dépenses administratives	325	373
4. Services d'ingénierie	975	1.120
5. Imprévus	1.712	-
6. Provisions techniques	1.841	-
Total	15.094	8.960*

* : Le coût des divers et imprévus n'est pas estimé étant donné que le planning de construction de la deuxième étape n'est pas encore établi.

(2) Oued Hammam

Le coût financier de la variante d'aménagement de l'Oued Hammam est ressorti comme suit:

Coût financier du projet d'aménagement de l'Oued Hammam

(Unité: 1.000 DT)

Désignation	1ère étape	2ème étape
1. Coût direct de construction	6.323	656
2. Acquisition de terrains et coût de compensation	362	0
3. Dépenses administratives	316	33
4. Services d'ingénierie	948	98
5. Imprévus	1.228	-
6. Provisions techniques	1.235	-
Total	10.413	787*

* : Le coût des divers et imprévus n'est pas estimé étant donné que le planning de construction de la deuxième étape n'est pas encore établi

4.4 Evaluation Economique

(1) Oued Enkhilet

Le planning de construction de la deuxième étape basée sur la crue centennale ne peut pas être fixé à présent; l'évaluation économique est réalisé donc uniquement pour la première étape basée sur la crue décennale. Le bénéfice moyen annuel pour le cas de la crue décennale est estimé à 1.447.000 DT dans les conditions existantes d'occupation du sol et à 7.721.000 DT dans les conditions futures. Le coût économique du projet d'aménagement de l'Oued Enkhilet pour la crue décennale est estimé à 12.475.000

DT. L'évaluation économique du Projet a été effectuée sur la base du taux interne de rentabilité économique (EIRR) et selon les hypothèses indiquées ci-après :

- i) La durée utile du Projet est de 50 ans
- ii) La période de réalisation du Projet est de cinq (5) ans, y compris les travaux préparatoires avant la construction tels que arrangement financier, élaboration de l'avant-projet détaillé, appel d'offres et la passation du contrat.
- iii) Les bénéfices s'accroîtront linéairement immédiatement après l'achèvement de la première phase d'aménagement jusqu'à l'an 2020 et deviendront constants à partir de l'an 2021.
- iv) Les frais d'exploitation et d'entretien nécessaires sont équivalents à 2% du coût de construction direct.

Le EIRR du plan de lutte contre les inondations de l'Oued Ennkhilet, calculé d'après les hypothèses sus-mentionnées, s'élève à 24,6%. En plus de cela, une analyse de sensibilité a abouti aux résultats suivants :

	<u>EIRR</u>
Cas 1 Augmentation des coûts de 20%	21,4%
Cas 2 Réduction des coûts de 20%	29,1%
Cas 3 Augmentation des bénéfices de 20%	28,4%
Cas 4 Réduction des bénéfices de 20%	20,6%
Cas 5 Augmentation des coûts de 20% et réduction des bénéfices de 20% en même temps	18,0%

Comme l'indiquent les résultats de l'évaluation, le plan de lutte contre les inondations de l'Oued Ennkhilet est considéré comme étant économiquement viable. Le EIRR obtenu dans l'Etude de faisabilité est plus élevé que celui du Plan directeur pour les raisons suivantes :

- i) Le coût de construction est réduit grâce à l'adoption du plan de dérivation de l'eau de la rivière vers un autre bassin.
- ii) Il est évident que les crues de l'Oued Ennkhilet causent des dommages non seulement dans cet oued mais aussi dans le bassin fluvial voisin. La réduction de ces dommages pourrait être considérée comme un des bénéfices du Projet.

(2) Oued Hammam

L'évaluation économique a été faite sur la base des mêmes hypothèses que celles indiquées en haut. Les bénéfices moyens annuels pour le cas des crues décennales ont été estimés à 1.015.000 DT dans les conditions actuelles d'utilisation des terres et à 2.328.000 DT dans les conditions futures. Le coût économique du Projet de lutte contre les crues décennales dans l'Oued Hammam a été estimé à 8.368.000 DT. Le EIRR du plan a été calculé à 17,4% et une analyse de sensibilité a donné les résultats ci-dessous :

Cas 1	Augmentation des coûts de 20%	14,8%
Cas 2	Réduction des coûts de 20%	21,4%
Cas 3	Augmentation des bénéfices de 20%	20,9%
Cas 4	Réduction des bénéfices de 20%	14,0%
Cas 5	Augmentation des coûts de 20% et réduction des bénéfices de 20% en même temps	11,9%

Selon les résultats de l'évaluation, le plan de lutte contre les inondations de l'Oued Hammam est considéré comme étant économiquement viable.

5. Conclusions et recommandations

A partir de cette étude, il a été confirmé que les projets d'aménagement proposés pour les deux oueds sont tous les deux économiquement faisables. Ainsi, il est très recommandé au MEH de prendre immédiatement les actions nécessaires pour des étapes ultérieures telles que trouver les moyens de financement, acquisition de terrains pour les bassins d'écrêtement proposés et les tronçons des oueds, etc. Il est recommandé que la première étape soit réalisée dans un futur proche vu l'urgence de telles mesures de protection contre les inondations de ces oueds.

**L'ETUDE
SUR LE
PROGRAMME DE PROTECTION CONTRE LES INONDATIONS
POUR
LE GRAND TUNIS ET LE GRAND SOUSSE**

RESUME

TABLE DES MATIERES

	<u>Page</u>
1. Généralités.....	1
1) Planning global de travail.....	1
2) Soumission des rapports.....	2
2. Avancement global du travail dans les phases 1 et 2.....	5
1) Collecte de données.....	5
2) Révision des données collectées.....	5
3) Reconnaissance des sites.....	5
4) Investigation sur site.....	6
5) Conclusion.....	9
3. Avancement général du travail dans la phase 3.....	13
1) Collecte et révision des données.....	13
2) Reconnaissance des sites.....	13
3) Investigation sur site.....	13
4) Etude comparative des variantes proposées pour la protection contre les inondations.....	14
4. Engagements du MEH.....	19
5. Résumé des résultats de chaque secteur de l'Etude.....	21
1) Socio-économie.....	21
2) Topographie et géologie.....	22
3) Météo et Hydrologie.....	25
4) Plan d'aménagement.....	27
5) Le drainage Urbain.....	30
6) Environnement.....	33
7) Oueds et inondations.....	38
8) Etude Comparative des Variantes.....	41
9) La variante Sélectionnée pour le Contrôle des Crues.....	43
10) Estimation des Dégâts des Crues Potentielles.....	45
11) Estimation des Coûts et Plan de Construction.....	48
12) Evaluation Economique.....	51
6. Conclusions et recommandations.....	53

LISTE DES TABLEAUX

	<u>Page</u>
Tableau - 1	Criblage des Bassins d'Ecretement Possibles, Pour l'Etude de Variante T-1
Tableau - 2	Résumé de l'Etude Comparative des Variantes..... T-2
Tableau - 3	Les Principales Caractéristiques des Variantes de l'Oued Enkhilet (1/13)-(13/13)..... T-3
Tableau - 4	Les Principales Caractéristiques des Variantes de l'Oued Hammam (1/3)-(3/3)..... T-16
Tableau - 5	Résumés des Coefficients Utilisés pour l'Estimation des Dégâts des Inondations T-19
Tableau - 6	Oued Enkhilet - Estimation de l'Occupation du Sol dans les Zones Inondables Sous les Conditions Actuelles d'Occupation du Sol T-20
Tableau - 7	Oued Enkhilet - Estimation de l'Occupation du Sol Dans les Zones Inondables Sous les Conditions Futures d'Occupation du Sol T-20
Tableau - 8	Résumé des Coeficients Utilisés pour l'Estimation des Dégâts des Inondations T-21
Tableau - 9	Oued Hammam - Caractéristiques de l'Occupation Actuelle du Sol .. T-22
Tableau - 10	Oued Hammam - Caractéristiques de l'Occupation Future du Sol T-22
Tableau - 11	Oued Hammam - Evaluation des Dégâts Dans les Zones Inondables (Crue Centennale)..... T-22
Tableau - 12	Oued Hammam - Evaluation des Dégâts Dans les Zones Inondables (Période de Retour 1 et 10 ans)..... T-22
Tableau - 13	Flux des Coûts et Bénéfices Pour le Projet de l'Oued Enkhilet..... T-23
Tableau - 14	Flux des Coûts et Bénéfices Pour le Projet de l'Oued Hammam..... T-24

LISTE DES FIGURES

	<u>Page</u>
Figure - 1	Organigramme du Déroulement de l'Etude..... F-1
Figure - 2	Les variantes d'aménagement des Oued Ennkhilet et Sebkhet Ariana F-4
Figure - 3	Les variantes d'aménagement de Oued Greb..... F-5
Figure - 4	Les variantes d'aménagement des Oued Gariana et Sebkhet Sijoumi F-6
Figure - 5	Les variantes d'aménagement de Oued Maliyan..... F-7
Figure - 6	Les variantes d'aménagement de Oued Ain Zerga F-8
Figure - 7	Les variantes d'aménagement de Oued Hammam..... F-9
Figure - 8	Les variantes d'aménagement de Oued Hamdoun F-10
Figure - 9	Plan d'Aménagement Actuel Dans la Commune de l'Ariana F-11
Figure - 10	Plan d'Aménagement Futur Dans la Commune de l'Ariana F-12
Figure - 11	Plan d'Aménagement Actuel Dans la Région de Sousse F-13
Figure - 12	Plan d'Aménagement Futur Dans la Région de Sousse F-14
Figure - 13	Subdivion du Bassin Versant de l'Oued Ennkhilet en Sos-Bassins .. F-15
Figure - 14	Distribution des Débit Dans le Bassin de Sebkhet Ariana Sans Ouvrages d'Ecrêtement F-16
Figure - 15	Capacité de Transit Actuelle de l'Oued Ennkhilet (1/2)-(2/2)..... F-17
Figure - 16	Niveau d'Eau Pendant les Crues dans Oued Ennkilet Avec ses Ouvrages Actuels (1/2) - (2/2)..... F-19
Figure - 17	Zones Prémées Inondables dans les Bassins de Oued Ennkhilet et Chotrana F-21
Figure - 18	Ouvrages Existants et Proposés Sur Oued Ennkhilet..... F-22
Figure - 19	Subdivion du Bassin Versant de l'Oued Hammam en Sous-Bassins..... F-23
Figure - 20	Distribution des Débit Dans le Bassin de l'Oued Hammam..... F-24
Figure - 21	Capacité de Transit Actuelle de l'Oued Hammam..... F-25
Figure - 22	Niveau d'Eau Pendant les Crues Dans Oued Hammam Avec ses Ouvrages Actuels F-26

	<u>Page</u>
Figure- 23	Zones Inondées Pendant les Crues de 1969 F-27
Figure - 24	Zones Présumées Inondables le Long de l'Oued Hammam F-28
Figure - 25	Ouvrages Existants et Proposés Sur Oued Hammam Par le MEH F-29
Figure - 26	Schémas des Variantes des Aménagements de Déviation F-30
Figure - 27	Schémas des Variantes de Bassins d'Ecrêtement dans le Bassin Supérieur..... F-31
Figure - 28	Schémas des Variantes de Bassins d'Ecrêtement dans le Bassin Inférieur..... F-32
Figure - 29	Emplacements des Aménagements de la Première Etape..... F-33
Figure - 30	Emplacements des Aménagements de la Seconde Etape F-34
Figure - 31	Numéros des Tronçons de l'Oued Hammam..... F-35
Figure - 32	Variantes d'Aménagement de l'Oued Hammam..... F-36
Figure - 33	Emplacements des Aménagements de la Première Etape..... F-37
Figure - 34	Emplacements des Aménagements de la Seconde Etape F-38
Figure - 35	Profil en Long de l'Oued Enkhilet (1/3)-(3/3) F-39
Figure - 36	Profil en Travers Types de l'Oued Enkhilet (1/4)-(4/4)..... F-42
Figure - 37	Plan du Bassin d'Ecrêtement - A..... F-46
Figure - 38	Plan du Bassin d'Ecrêtement - G F-47
Figure - 39	Plan du Bassin d'Ecrêtement - I..... F-48
Figure - 40	Plan du Bassin d'Ecrêtement - J1..... F-49
Figure - 41	Profil en Long de l'Oued Hammam F-50
Figure - 42	Profil en Travers Types de l'Oued Hammam (1/2)-(2/2)..... F-51

1. Généralités

Ce rapport final de "L'ETUDE SUR LE PROGRAMME DE PROTECTION CONTRE LES INONDATIONS DU GRAND TUNIS ET DU GRAND SOUSSE" résume les résultats de l'étude faite par l'Equipe d'Etude de la JICA pendant les phases 1, 2 et 3, à la fois sur le site en Tunisie (fin février - mi-mai 1993 et fin septembre 1993 - début février 1994) et à Tokyo (mi-mai - mi-août 1993 et mi-février - mars 1994). Les principaux objectifs de l'étude sont la formulation d'un Plan Directeur et la réalisation d'une étude de faisabilité sur les projets prioritaires sélectionnés pour la protection contre les inondations à la fois dans le Grand Tunis et le Grand Soussse. Les projets prioritaires proposés dans ce rapport ont été sélectionnés des points de vue technique et économique, après avoir expliqué et discuté avec le Ministère de l'Equipement et de l'Habitat (ci-dessous référé "MEH")

1) Planning global de travail

L'étude a été réalisée en trois (3) phases suivantes:

- Phase 1: Investigation de base (mi-février - mi-mai 1993).
- Phase 2: Formulation du Plan Directeur pour la protection contre les inondations (mi-mai - mi-août).
- Phase 3: Etude de Faisabilité sur les projets prioritaires (mi-septembre 1993 - mars 1994).

L'organigramme de travail de l'étude est présenté dans Fig.1. Les travaux réalisés durant les phases 1, 2 et 3 sont résumés ci-après.

Phase 1

- Collecte de données et revue des données disponibles
- Reconnaissance sur site
- Investigation sur site
- Préparation du rapport d'avancement

Phase 2

- Analyse des données collectées
- Etude de l'ossature de base du plan
- Evaluation des plans et des ouvrages existants
- Etude de variantes
- Examen Initial de l'Environnement (IEE)
- Estimation des coûts et des bénéfices
- Sélection du plan optimal
- Formulation du Plan Directeur
- Etude institutionnelle
- Sélection des projets prioritaires
- Préparation du Rapport Intermédiaire

Phase 3

- Explication du rapport intermédiaire
- Investigation supplémentaire sur terrain
- Calcul de faisabilité
- Etude sur le fonctionnement et la maintenance
- Estimation des coûts et des bénéfices
- Evaluation des impacts environnementaux
- Evaluation du projet
- Préparation d'un programme de construction
- Préparation des versions provisoires et définitives du rapport final

2) Soumission des rapports

a) Rapport de commencement

L'Equipe de l'Etude de la JICA a soumis le rapport de commencement au MEH le 26 février 1993 (version anglaise et version française, 20 copies de chacune).

Une réunion a été tenue le même jour pour expliquer le contenu du rapport, et aussi pour discuter comment procéder aux travaux conformément au plan de travail fixé. L'Equipe de l'Etude de la JICA et le MEH ont globalement été d'accord sur le contenu du rapport.

Les procès verbaux de la réunion, après leur revue par les deux parties, ont été signés le 1er mars 1993 par Mr Kharrat Mahmoud, Directeur de l'Hydraulique Urbaine du MEH, et Mr H. Sato., le chef de l'Equipe de l'Etude de la JICA. Les membres du comité consultatif, président Mr R. Ikushima et son membre Mr M. Nakayazu et le coordinateur de la JICA, Mr T. Murakami, ont témoigné des signatures.

b) Rapport d'avancement

Le rapport d'avancement qui résume les travaux réalisés pendant la phase 1 jusqu'au 27 avril 1993 a été préparé et soumis au MEH le 3 mai 1993 (version anglaise : vingt (20) copies). Au cours de la réunion tenu le 3 mai 1993, l'Equipe de l'Etude de la JICA a expliqué le contenu de ce rapport et a aussi discuté avec le MEH comment terminer le travail restant tel que les levés topographiques d'oueds, l'installation des pluviographes et des limnigraphes et la collecte de données et d'informations additionnels.

c) Rapport intermédiaire

Le rapport intermédiaire qui résume les travaux faits pendant les phase 1 et 2 jusqu'au 19 août 1993 a été préparé et soumis au MEH le 29 septembre 1993 (version anglaise : dix (10) copies, version française : trente (30) copies). Les résultats de l'étude décrits dans le rapport intermédiaire ont été expliqués en détail par l'Equipe de l'Etude de la JICA sur site pendant la période entre fin septembre et début octobre 1993 au MEH. L'Equipe de l'Etude

de la JICA et le MEH ont montré des opinions différents concernant le projet prioritaire dans la zone du Grand Tunis. La première a recommandé le cas de "Oued Maliyan" et le second a proposé le cas de "Oued Enkhilet et Sebkhet Ariana". La JICA Tokyo a décidé d'accepter la proposition du MEH en considération des situations.

d) Version provisoire du rapport final

La version provisoire du rapport final a été préparé sur site vers début février 1994, et remis au MEH le 5 février 1994. La totalité du contenu du rapport a été expliqué au MEH par l'Equipe de l'Etude de La JICA avant la remise du rapport. Le MEH a compris les résultats de l'étude et a montré sa satisfaction à ce propos. En examinant le rapport, le MEH a présenté ses commentaires sur certains points, et ces commentaires ont été attentivement revus et examiné par l'Equipe de l'Etude de la JICA. La mise du rapport a été faite en se basant sur les études faites jusqu'à lors et sur les commentaires du MEH.

2. Avancement global du travail dans les phases 1 et 2

1) Collecte de données

La mission du Champs de Travail (S/W) qui a visité le site en octobre 1992 a collecté différentes données et informations des autorités gouvernementales concernées avec l'aide du MEH et toute ces données et informations ont été transférées à l'Equipe de l'Etude de la JICA. Au début de la phase 1, l'Equipe de l'Etude de la JICA a effectué une revue rapide de ces données et informations et a trouvé que de plus amples données et informations sont nécessaires pour la formulation du Plan Directeur. La collecte des données et informations additionnelles a été essentiellement faite par les membres de l'Equipe de l'Etude de la JICA en collaboration avec les membres de la contrepartie du MEH pendant la période de février à avril 1993. Les organismes gouvernementaux visités sont le Ministère de l'Agriculture (MA), l'Office National de l'Assainissement (ONAS), la Société Nationale d'Exploitation et de Distribution des Eaux (SONEDE), le Gouvernorat de Tunis, l'Institut National des Statistiques, et autres. En plus, l'Equipe de l'Etude de la JICA a aussi visité des bureaux d'études locaux qui ont participé dans des projets de développement à Tunis et à Sousse qui ont des relations étroites avec l'étude.

2) Révision des données collectées

Les données et informations collectées consistent en des rapports, des brochures, des annuaires statistiques, des plans, des photos aériennes et des cartes topographiques. L'Equipe de l'Etude de la JICA les a examiné attentivement et a saisi le niveau des études faites par le gouvernement Tunisien jusqu'à lors. Il a été conclu que certaines données et informations se sont révélées dépassées pour plusieurs raisons. Sur la base de ceci, un planning des visites sur terrain a été établi par chaque membre de l'Equipe de l'Etude de la JICA.

3) Reconnaissance des sites

Une première reconnaissance des sites a été faite immédiatement après l'arrivée des premiers membres de l'Equipe de l'Etude de la JICA le 23 février 1993. Elle avait pour but de comprendre la situation actuelle dans la zone du projet à la fois dans le Grand Tunis et dans le Grand Sousse avant l'explication du rapport de commencement. L'Equipe de l'Etude de la JICA a confirmé qu'il n'y a pas de problèmes majeurs pour entreprendre les travaux conformément au champ de travail déterminé.

Au début du mois de mars 1993, la majorité des membres de L'Equipe de l'Etude de la JICA sont arrivés sur site et ont commencé une reconnaissance détaillée du terrain dans chaque secteur avec le personnel de la contre partie du MEH. Cependant, l'Equipe de l'Etude de la JICA a parfois fait seule des reconnaissance sur site lorsque le personnel de la contre partie du MEH n'était pas disponible. Les difficultés majeures rencontrées par L'Equipe de l'Etude de la JICA pendant l'étape initiale de la reconnaissance sur site étaient un manque d'informations suffisantes sur la topographie des terrains. L'Equipe de l'Etude de la JICA a été obligé de procéder à la reconnaissance sur site avec un nombre limité de cartes topographiques collectées par la Mission du Champs de Travail (S/W). L'Equipe de l'Etude de la JICA a presque terminé la reconnaissance sur site vers la fin du mois d'avril 1993.

4) Investigation sur site

En revoyant les données et les informations collectées, et aussi les résultats de la reconnaissance sur site, un plan pour les investigations sur site a été préparé en collaboration avec le MEH. L'Equipe de l'Etude de la JICA a discuté en avance avec le personnel de la contre partie du MEH la méthodologie de l'investigation et les analyses qui seront appliquées pour l'Etude. L'investigation sur site a concerné les quatre (4) thèmes suivants:

- Investigation hydrologique.
- Investigation géologique et géotechnique.
- Levé topographique.
- Expertise environnementale.

(i) Investigation hydrologique

L'investigation hydrologique consiste en i) l'analyse des données collectées, ii) l'installation d'équipements de mesure tel que limnigraphe, limnimètre, pluviographe et vérification des stations existantes, et iii) le transfert de technologie sur les mesures et les analyses des données hydrologiques au personnel de la contre partie du MEH. Des données hydrologiques et de météo tel que température, humidité, heures d'ensoleillement, pluies mensuelles, etc., ont été collectées de l'Institut National de la Météo et du MA. Des enregistrements de pluies journalières sont disponibles dans 57 stations dans la zone d'étude du Grand Tunis et ses zones environnantes, et 15 stations dans la zone de Sousse, ce qui couvre la période des huit (8) dernières années. D'autre part, les enregistrements de mesure de niveau d'eau dans les oueds concernés sont plutôt limités. Parmi sept (7) oueds

dans la zone de Tunis et quatre (4) oueds dans la zone de Sousse, les mesures de niveau d'eau sont faites seulement pour Oued Maliyan et Oued Hammam.

La reconnaissance sur site a été faite pour déterminer l'emplacement de cinq (5) nouveaux limnigraphes et six (6) nouveaux pluviographes à installer. L'Equipe de l'Etude de la JICA a contacté le MEH et le MA pour discuter des emplacements convenables de ces stations en fonction des stations existantes dans la zone d'étude. Il a été décidé d'installer des limnigraphes à Sebkhet Ariana (1 station), Sebkhet Sijoumi (1 station), bassin de l'Oued Maliyan (2 stations), et bassin de l'Oued Hamdoun (1 station). Les pluviographes sont au bassin de Oued Enkhilet (1 station), bassin de l'Oued Gariana (1 station), bassin de Oued Maliyan (1 station), bassin de l'Oued Hammam (1 station) et bassin de Oued Hamdoun (1 station). Le MEH est responsable des travaux d'installation de ces stations. L'installation des pluviographes a été complété vers le début du mois de mai. L'installation des limnigraphes a aussi été terminée vers la fin du mois d'août 1993.

(ii) Investigation géologique et géotechnique

Pour juger des conditions géologiques des lits des oueds et des sites de barrages où sont projetées des mesures de contrôle de crues, des investigations géologiques telles que le carottage, tests de perméabilité, tests de la force de compression et tests sur les matériaux pour remblai ont été planifiés. A partir de la reconnaissance sur site et de la revue des données et des informations existantes, l'emplacement des forages et des échantillons de matériaux pour remblai ont été déterminés par l'Equipe de l'Etude de la JICA. Les travaux d'investigation sur site ont été sous-traités à un entrepreneur local par l'Equipe de l'Etude de la JICA. L'entrepreneur a commencé les travaux sur terrain le 15 avril 1993 et a complété tous les travaux y compris les analyses et la préparation de rapports vers le 8 mai 1993. Des données et des informations géologiques existantes ont été aussi revues et analysées.

(iii) Levé topographique

Les levés topographiques réalisés sont des profils en long et en travers pour sept (7) oueds dans la zone du Grand Tunis et quatre (4) oueds dans la Grand Sousse. A la suite de l'examen des cartes topographiques existantes et de la reconnaissance sur site, un plan de levés topographique a été préparé par l'Equipe de l'Etude de la JICA en consultation avec le MEH. Selon ce plan de levés, le MEH a sous-traité les travaux aux quatre (4) compagnies topographiques locales suivantes:

<u>Nom de l'entrepreneur</u>	<u>Nom de l'Oued et distance des levés</u>
- Boudabbous Abderrazak	Oued Maliyan (61 km)
- Salem Abid	Oued Enkhilet (16 km)/
	Oued Greb (13 km)
- Hédi Chabbouh	Oued Gariana (23 km)/
	Oued Mayzette (5,6 km)/
	Oued Bou Khamsa (3,9 km)/
	Oued Aïn Zerga (2,4 km)
- Hassen Brahem	Oued Hammam (14,5 km)/
	Oued Blibène (5,2 km)/
	Oued Hallouf (4,5 km)/
	Oued Hamdoun (17,5 km)

Toutes les compagnies topographiques ont commencé les travaux de terrain à partir de début avril 1993 à par et tous les travaux ont été complétés vers début mai 1993. L'Equipe de l'Etude de la JICA a examiné attentivement les résultats des levés tels que les profils en long et en travers des oueds, et les a acceptés pour les étapes suivantes de l'étude de la phase 2.

(iv) Expertise environnementale

Un examen environnemental pour les environnements socio-économique et naturel dans la zone d'étude a été réalisé afin de saisir l'impact du projet à construire. La reconnaissance sur site a été réalisée afin de:

- déterminer les causes et l'ampleur des problèmes d'inondation dans la zone d'étude et de voir comment il sont reliés à l'aspect environnemental,
- examiner et évaluer les aspects environnementaux de la zone d'étude en terme de leur importance et leur condition actuelle,
- prélever des échantillons d'eau dans des endroits sélectionnés des oueds pour appuyer les observations et les autres données disponibles sur la qualité de l'eau, et
- obtenir des informations sur les sites où existent déjà ou il est projeté par la présente étude de construire des mesures structurelles de contrôle des crues afin de déterminer et d'évaluer les impacts.

Vu la qualité de l'eau de surface, l'Equipe de l'Etude de la JICA a décidé de faire des tests sur la qualité de l'eau en plusieurs points dans les oueds des zones du Grand Tunis et Grand Sousse. L'Equipe de l'Etude de la JICA a demandé à l'Ecole Nationale d'Ingénieurs de Sfax (ENIS) de faire des prélèvements et des tests sur des échantillons d'eau. Le prélèvement a été fait dans la zone du Grand Sousse (9 points) le 21 avril 1993 et dans la zone du Grand Tunis (10 points) le 24 avril 1993, respectivement. L'analyse de l'eau prélevée a été complétée vers début mai 1993.

5) Conclusion

(1) Problèmes de contrôle de crues et de drainage urbain

A la suite de la reconnaissance sur site, de l'examen et de l'analyse des données et des informations collectées et des interviews avec le personnel concerné d'organismes gouvernementaux et de bureaux d'études locaux, il s'est avéré qu'il existe des problèmes dus au contrôle des crues et au drainage urbain. Ces problèmes sont:

a) Les organismes gouvernementaux responsables de la protection contre les inondations et du drainage urbain sont le MEH, l'ONAS et le MA. Cependant, le champs d'action de chaque organisme n'est pas clairement défini. Par exemple, l'aménagement de Oued Enkhilet a été planifié par le MEH et l'ONAS à la fois. Des cas similaires sont observés surtout dans les oueds dans les zones urbaines.

b) Il a été observé que des ouvrages de protection contre les inondations, tels que digues ou bassins d'écrêtement, ont été construits sporadiquement dans la zone d'étude et ces ouvrages semblent ne pas bien fonctionner. Un bon exemple est celui des digues nouvellement construites à l'extrémité aval de Oued Blibène juste entre l'autoroute et l'exutoire. Les deux digues à l'amont de l'autoroute, sont restées tels qu'ils sont sans être raccordées à ces nouvelles digues.

c) Les hypothèses et les normes de dimensionnement appliquées pour la protection contre les inondations et pour le drainage urbain dans les études passées ne sont pas consistants.

d) Des enregistrements relatifs aux dégâts des inondations sont rares. Plusieurs données obtenues auprès du Ministère de l'Intérieur et du MA montrent seulement des descriptions générales des crues qui ont eu lieu dans le passé mais ne précisent pas les durées, les dégâts et autres.

e) Il y a beaucoup de stations de mesures dans la zone d'étude et ces données sont maintenues et stockées dans le MA et dans l'Institut National de la Météo. La gestion des données n'est pas bien faite et il est difficile d'obtenir à temps les données nécessaires de ces organismes.

f) Il a été observé que presque tous les oueds de la zone de l'étude ne sont pas bien contrôlés et maintenus. La population locale rejette les déchets dans les oueds et les eaux usées industrielles et domestiques non traitées s'écoulent dans ces oueds, d'où le

dégagement de mauvaises odeurs. Dans quelques oueds, il existe des arbres oliviers plantés dans les lits des cours d'eau.

g) Il existe trois (3) lacs dans le Grand Tunis: Sebkhet Ariana, Sebkhet Sijoumi et le Lac de Tunis. Il se trouve que Sebkhet Ariana est sous le contrôle de MEH, Sebkhet Sijoumi du MA et le Lac de Tunis d'un organisme semi-étatique. Ces lacs sont étroitement liés aux problèmes d'inondations et de drainage urbain des oueds s'y déversant, cependant la philosophie de tels organismes n'est pas encore claire.

(2) Variantes concevables pour la protection contre les inondations.

Il est concevable que les variantes de protection contre les inondations à appliquer pour chaque oued de la zone d'étude seront i) aménagements d'oueds, ii) bassins d'écrêtement, iii) barrages et iv) canaux de déviation ou leurs combinaisons. Des informations détaillées sur les ouvrages existants et projetés de protection contre les inondations et sur le système de drainage des eaux pluviales sous le contrôle du MA et de l'ONAS sont essentiel pour la formulation de telles variantes d'aménagement. Cependant, les informations collectées jusque là ne sont pas suffisantes pour l'étude. L'Equipe de l'Etude a donc été obligé de formuler ces variantes de protection contre les inondations en faisant des hypothèses basées sur l'expérience passée dans des projets similaires. Le concept général de ces variantes est expliqué dans le chapitre 8 de la partie I "ETUDE DU PLAN DIRECTEUR". Le nombre de variantes établies pour chaque bassin est résumé ci-dessous et indiqué aux Figs. 2 à 8. Du fait qu'éventuellement il n'existe pas d'emplacements pour la création des réservoirs d'écrêtement des crues sur les Oueds Mayzette, Bou Khamsa, Blibene et Hallouf, seul le plan d'amélioration des rivières a été étudié pour l'élaboration du plan directeur d'aménagement de ces rivières.

<u>Nom du bassin</u>	<u>Nombre de variantes</u>
<u>Zone du Grand Tunis</u>	
- Oued Enkhilet et Sebkhet Ariana	4
- Oued Greb	3
- Oued Gariana et Sebkhet Sijoumi	4
- Oued Maliyan	5
- Oued Mayzette	1*
- Oued Bou Khamsa	1*
- Oued Aïn Zerga	4
<u>Zone du Grand Sousse</u>	
- Oued Hammam	7
- Oued Blibène	1*
- Oued Hallouf	1*
- Oued Hamdoun	4

Note: les cas avec (*) indiquent qu'une seule variante est concevable et seulement l'aménagement du cours d'eau est étudié.

(3) Variantes d'aménagement sélectionnées pour chaque bassin

Les variantes d'aménagement proposées ci-dessus ont été examinées attentivement d'un point de vue technique et économique en se basant sur les résultats de l'étude obtenus par la revue et l'analyse des données et des informations collectées. Ci-après, est présentée une brève description des variantes sélectionnées par l'Equipe de l'Etude de la JICA pour chaque bassin;

<u>Nom du bassin</u>	<u>Description de la variante sélectionnée</u>
<u>Zone du Grand Tunis</u>	
- Oued Enkhilet et Sebket Ariana	ENK1-: Aménagement du cours d'eau avec le barrage Ain Snoussi et le bassin d'écrêtement A
- Oued Greb	GB-3: Aménagement du cours d'eau avec les bassins d'écrêtement existants et d'autres additionnels, et la réhabilitation et l'expansion des barrages et des bassins d'écrêtement existants
- Oued Gariana et Sebket Sijoumi	GR-2: Aménagement du cours d'eau avec les bassins d'écrêtement existants et d'autres additionnels, y compris la réhabilitation des bassins d'écrêtement existants
- Oued Maliyan	ML-2: Aménagement du cours d'eau avec le barrage existant et le barrage Hamma
- Oued Mayzette	Aménagement du cours d'eau seulement
- Oued Bou Khamsa	Aménagement du cours d'eau seulement
- Oued Ain Zerga	AZ-2: Aménagement du cours d'eau et bassin d'écrêtement A
<u>Zone du Grand Sousse</u>	
- Oued Hammam	HMI: Aménagement du cours d'eau seulement
- Oued Blibène	Aménagement du cours d'eau seulement
- Oued Hallouf	Aménagement du cours d'eau seulement
- Oued Hamdoun	HD-1: Aménagement du cours d'eau seulement

(4) Projets prioritaires sélectionnés

A la suite de l'étude comparative entre les différentes variantes, les projets prioritaires sélectionnés par l'Equipe de l'Etude de la JICA sont les suivants:

zone du Grand Tunis

- Première priorité: Aménagement de l'Oued Maliyan (aménagement de l'Oued Maliyan et de l'Oued Hamma y compris le barrage sur ce dernier)
- Deuxième priorité: Aménagement de l'oued Enkhilet (Aménagement des tronçons de l'aval de l'oued)

Zone du Grand Sousse

Première priorité: Oued Hammam (Aménagement du cours d'eau)

Deuxième priorité: Oued Hallouf (Aménagement du cours d'eau)

Comme il a été déjà décrit ci-dessus, le cas de "Oued Enkhilet et Sebket Ariana" a été finalement sélectionné pour l'étude de faisabilité ultérieure dans la zone du Grand Tunis à la suite des discussions entre les cadres de la JICA Tokyo, l'Equipe de l'Etude de la JICA e le MEH. En ce qui concerne le Grand Sousse, l'Oued Hammam a été sélectionné pour l'étude de faisabilité tel que recommandé par l'Equipe de l'Etude de la JICA.

3. Avancement général du travail dans la phase 3

1) Collecte et révision des données

En examinant les données collectées pendant la phase 1, l'Equipe de l'Etude de la JICA a continué la collecte de données et d'informations additionnelles en liaison avec l'étude ultérieure en collaboration avec les membres de la contrepartie du MEH. Les principales données collectées sont relatives à l'environnement, à la planification urbaine et à l'estimation des coûts de construction. Les données collectées ont été examinées attentivement avant d'être utilisées pour l'étude de faisabilité.

2) Reconnaissance des sites

L'Equipe de l'Etude de la JICA a effectué la reconnaissance des sites des oueds proposés pour l'étude de faisabilité ultérieure, à savoir l'Oued Enkhilet et Sebkhet Ariana dans la zone du Grand Tunis et l'Oued Hammam dans la zone du Grand Sousse, ensemble avec les membres du comité consultatifs, immédiatement après leur arrivée à Tunis au début octobre 1993. En parallèle avec le travail de bureau pour la formulation des variantes de protection contre les inondations pour chaque oued, la reconnaissance des sites par les membres de l'Equipe de l'Etude de la JICA a continué afin de confirmer la situation réelle sur le terrain. Le MEH a encore fourni à l'Equipe de l'Etude de la JICA des cartes topographiques à l'échelle 1/5000, qui ont été établis récemment par l'OTC. Ces cartes topographiques ont été parfaitement utilisés cette fois-ci.

3) Investigation sur site

Les investigations sur site ont été programmées essentiellement pour Oued Enkhilet et Oued Hammam. Ces investigations ont porté sur les trois éléments suivants:

- Investigation géotechnique,
- Levés topographiques, et
- Expertise environnementale

(i) Pendant la phase 1, les informations géotechniques de base ont été obtenus à travers les investigations sur site et l'examen des données relatives. Les investigations géotechniques additionnelles à faire pendant cette phase ont été vérifiées par l'expert de l'Equipe de l'Etude de la JICA et les types d'investigations et leur site ont été déterminés en fonction des différentes mesures de protection contre les inondations telles que bassins d'écrêtement, canal de déviation et digues. Les travaux sur terrain et les tests de laboratoire

sur les échantillons ont été réalisés par une entreprise locale pendant les mois d'octobre et de novembre 1993. Les résultats obtenus à la suite de ces investigations ont été examinés et préparés pour les études ultérieures des mesures de protection pour chaque oued.

(ii) Des levés topographiques ont été programmés pour l'Oued Enkhilet/Sebkhet Ariana, et l'Oued Hammam pour détailler encore les levés obtenus au cours de la phase précédente. Des tracés en plan pour les sites des structures telles que ponts et bassins d'écrêtement et des profils en travers sur Sebkhet Ariana ont été nouvellement réalisés. Les travaux ont été sous-traités par le MEH à des topographes locaux, et les travaux de terrain ont été supervisés par le topographe expert de l'Equipe de l'Etude de la JICA pendant la période fin octobre jusqu'à décembre 1993. Les profils en long et en travers des oueds et le tracé en plan ont été terminés dans les délais prévus, toutefois, les profils en travers sur la Sebkhet Ariana ont été retardés à cause de l'accès difficile au site.

(iii) Une expertise de l'environnement pour les oueds et la Sebkhet a été réalisée d'une manière poussée par l'expert de l'Equipe de l'Etude de la JICA de point de vue effets positifs et négatifs de la réalisation du projet. Puisque la protection de Sebkhet Ariana est jugée importante, l'écosystème de la Sebkhet a été revu attentivement et examiné en se référant aux informations et aux données collectées cette fois.

4) Etude comparative des variantes proposées pour la protection contre les inondations

Oued Enkhilet

Pour la formulation des variantes des mesures de protection contre les inondations, les trois concepts suivants ont été contemplés:

- (i) Les eaux des crues s'écoulent à travers les canaux existants sans s'attendre à aucune diminution du débit de pointe par des bassins d'écrêtement. Les canaux existants, et surtout les dalots en béton existants sont réhabilités à cause de leur capacité insuffisante.
- (ii) Les eaux des crues s'écoulent à travers les canaux existants et aussi, à travers un nouveau canal de déviation. Dans ce cas, aucun bassin d'écrêtement n'est projeté et aussi, la réhabilitation des dalots existants est minimisée.
- (iii) Des bassins d'écrêtement ainsi que des canaux de déviation sont projetés à la fois. Les dalots existants seront alors conservés.

A partir de l'analyse des ruissellements faite cette fois-ci, il s'est avéré que la capacité du dalots existant est de 3m³/s seulement, ce qui ne permet pas de faire transiter les eaux des crues même si le débit de pointe est retardé par l'effet des bassins d'écrêtement élargis au maximum. L'étude comparative des variantes a été réalisée sur la base de la crue décennale ainsi que le dalot existant sur Oued Enkhilet a été dimensionné par le MEH. Par la suite, la crue centennale a été prise en considération pour l'étude de faisabilité sur la meilleure variante choisie par l'étude comparative. Quelques affluents qui ne nécessitent que des interventions ponctuelles sont écartés de l'étude de faisabilité.

Suivant ce concept de base, la sélection des sites des bassins d'écrêtement et des canaux de déviation a été étudiée en utilisant les cartes topographiques et aussi par la reconnaissance sur site. Seize sites pour bassins d'écrêtement et cinq tracés pour des canaux de déviation ont été alors choisis comme indiqué à la Fig. 13. Deux types de bassins d'écrêtement sont projetés; l'un est le type barrage à implanter aux jonctions entre les zones de relief et la plaine et l'autre est le type bassin à implanter dans la zone de la plaine plate où dominent des activités agricoles. Parmi les cinq canaux de déviation, un seul (le N° 3) est un canal de déviation "trans-bassin" par lequel les eaux des crues seront détournées vers le bassin voisin de Chotrana. Dans ce cas, la partie amont de ce canal sera nouvellement créée, mais la partie de l'aval sera le canal existant de l'ONAS. L'une des variantes proposées, dans laquelle le canal de déviation N° 1 est connecté avec le bassin d'écrêtement J2, a été écartée de l'étude à cause de la difficulté d'implanter ce bassin vu le développement urbain récent dans cette zone. Quinze bassins d'écrêtement ont été finalement considérés dans l'étude comparative ultérieure. Le nombre de combinaisons de ces bassins d'écrêtement et des canaux de déviation est important. L'avantage économique de chaque bassin a donc été examiné d'abord, en comparant le coût de construction y compris le coût de l'acquisition du terrain pour le bassin d'écrêtement et la différence entre les coûts de l'aménagement des tronçons du cours d'eau situés à l'aval avec ou sans le dit bassin d'écrêtement. En conséquence, neuf sites de bassins d'écrêtement ont été écartés vue l'absence de tout avantage économique. Les bassins d'écrêtement désignés par: I, L, et M semblent ne pas être attractifs d'un point de vue économique, mais il a été jugé que dans l'étude ultérieure, ils peuvent être avantageux en les combinant avec d'autres bassins d'écrêtement et/ou canaux de déviation.

L'étude comparative des variantes a été faite sur sept sites de bassins d'écrêtement (y compris le barrage de Aïn Snoussi) et cinq canaux de déviation. Parmi ces variantes, le cas "Alt.Div.3", étant le plus conseillé dans le cas de projets indépendants, et le cas, "Alt.Div.3, 4 & 5" qui est une combinaison de trois canaux de déviation, sont les meilleurs. A partir de cette étude comparative, il résulte que le développement du canal de

déviations N° 3 est indispensable pour le programme de protection contre les inondations de l'Oued Enkhilet.

Sebkhet Ariana

L'étude sur le drainage des zones entourant Sebkhet Ariana n'a pas été incluse dans l'étude de faisabilité de cette période. Cependant, le débit provenant des petits oueds qui déversent dans la Sebkhet Ariana ont été pris en considération dans l'étude de simulation de la Sebkhet. Des profils en travers ont été réalisés dans la Sebkhet Ariana par des topographes locaux afin de vérifier son volume de stockage. Il a été conclu que ce volume de stockage est presque le même que celui estimé pendant la phase de l'élaboration du Plan Directeur. Le niveau d'eau pendant les périodes de crues a été estimé à 70 cm. L'exutoire de Sebkhet Ariana vers la mer est souvent obturé par les dunes de sable. Le moyen le plus simple et le plus pratique pour maintenir une communication continue entre la Sebkhet et la mer, est de procéder à des travaux de dragage. Cela prendra du temps pour réaliser d'autres mesures tel que jetée ou autre système de dégagement du sable, puisqu'actuellement, il n'existe pas de données suffisantes pour réaliser l'étude en détail.

Oued Hammam

Il est clair que la construction du bassin d'écrêtement n'est pas très efficace pour le contrôle des crues dans les tronçons de l'aval du bassin de l'Oued Hammam. Donc, l'amélioration du cours d'eau est la seule examinée dans l'étude comparative de faisabilité. Quelques affluents qui ne nécessitent que des interventions ponctuelles sont écartés de l'étude de faisabilité.

En se basant sur les dommages des crues des 10 ans et 100 ans, les dommages des crues le long de quelques tronçons ne sont très importants. Pour formuler la variante de contrôle des crues, le cours d'eau constitué de l'Oued Hammam, Laya et Kebir est divisé en 9 tronçons de H1 à K5 comme indiqué à la Fig. 31. Alors les variations suivantes de contrôle des crues sont formulées comme suit (Voir Fig. 32).

Variante 1 : C'est une variante d'aménagement pour tous les tronçons de H1 à K5. Cette variante comprend la construction du propre lit de l'oued pour les tronçons K2 & K3 et la zone marécageuse de H3.

Variante 2 : C'est une variante d'aménagement des tronçons de H1, H2, H3 sauf la zone marécageuse H4, K1, K4 & K5. Elle consiste à la construction du propre lit

de l'oued des tronçons K2 & K3 et la zone marécageuse de H3 n'est pas incluse.

Variante 3: C'est une variante d'aménagement des tronçons H1, H2 & H3 à l'exception la zone marécageuse H4, K1, K4 & K5. Dans le tronçon H4 le travail d'aménagement sera exécuté uniquement pour le court tronçon près de la confluence avec l'Oued Kebir.

Ces variantes pour le contrôle des crues sont comparées par le taux de rentabilité interne économique (EIRR) comme étant l'un des indexes économiques pour une entreprise publique. L'espèce et le profit sont préparés en se basant sur le planning de construction, et le TRIE est estimé pour chaque variante. La variante 3 a été choisie comme étant la plus recommandable.

4. Engagements du MEH

Le MEH a agi comme organisme de contrepartie de l'Equipe de l'Etude de la JICA et aussi comme un corps de coordination avec les autres organismes gouvernementaux ou autres concernés et ceci afin d'assurer un bon déroulement de l'Etude. En réponse à la demande de l'Equipe de l'Etude de la JICA, le personnel de la contrepartie tunisienne ont fait de leur mieux de temps en temps pour obtenir les données et les informations nécessaires de diverses sources, et ont aussi participé aux reconnaissances et investigations sur site faites par l'Equipe de l'Etude de la JICA pendant la période du début février à mi-mai 1993, et de fin septembre 1993 à janvier 1994.

Le MEH a fournis sur sa charge à l'Equipe de l'Etude de la JICA ce qui suit:

- a) les données et les informations disponibles ayant relation avec l'Etude
- b) cartes topographiques à l'échelle 1/200000, 1/50000, 1/25000 et 1/5000 qui couvrent presque la totalité de la zone d'étude.
- c) photos aériennes à l'échelle 1/80000 qui couvrent la totalité de la zone d'étude.
- d) le personnel de la contrepartie qui consiste en cinq (5) ingénieurs à plein temps et huit (8) ingénieurs à temps partiel.
- e) des bureaux avec les équipements et les meubles nécessaires à Tunis.
- f) des cartes d'identification.

5. Résumé des résultats de chaque secteur de l'Etude

1) Socio-économie

(1) Oued Enkhilet et Sebkheth Ariana

Le Chapitre 1 se propose de considérer les aspects socio-économiques concernant les zones affectées par les inondations proche de l'Oued Enkhilet et Sebkheth Ariana.

(Les données générales socio-économiques pour le Gouvernorat se présentent dans le Rapport du Plan Directeur (Première Partie - Chapitre 1).

L'Oued Enkhilet se situe dans la Délégation de l'Ariana Nord, qui abrite à environ un tiers de la population du Gouvernorat. Cette Zone a été retenu comme une zone d'expansion urbaine pour le Tunis. Les surfaces bâties se sont développées rapidement dans les années récentes à un taux annuel de 6,4%, qui s'explique pour la plupart par la croissance de la construction anarchique. On s'attend que la population atteindrait 358 000 par l'an 2020.

L'économie dans la zone s'articule autour des activités commerciales et des services. En plus, il existe dans les zones affectées par les inondations quelques entreprises industrielles. La zone industrielle de Charguia se trouve proche de la zone.

Le secteur des Services comptait 47% et le secteur industriel 35,8% de l'emploi total en 1989. Le secteur d'Agriculture a accusé ces dernières années un fort déclin dû largement à la cession des terres au profit du développement urbain, et en même temps à un accroissement de la salinité des sols. On s'attend une continuation de cette tendance, et qu'il n'y aura aucune activité dans ce secteur dans la zone par l'an 2020.

Deux routes principales croisent la Zone de l'Etude, à savoir la GP-8 et la RVE 533, dont la circulation dense sera affectée par les inondations.

(2) Oued Hammam

Le Chapitre 1 se propose de considérer les aspects socio-économiques concernant les zones affectées dans la zone de l'Etude. (Les données générales socio-économiques pour le Gouvernorat se présentent dans le Rapport du Plan Directeur (Première Partie - Chapitre 1).

La population des villes situées sur l'Oued Hammam dénombre quelques 102.000 personnes, soit 25% de la population totale du Gouvernorat de Sousse. Il est prévu que la population dépassera 250.000 personnes d'ici l'an 2020.

Les activités principales dans la Zone affectée par les inondations concernent les secteurs de Tourisme et de l'Industrie. L'Agriculture dans la zone a accusé une baisse importante, qui est prévue à continuer grâce à une tendance forte à l'urbanisation. La construction spontanée est très répandue dans la région de Kalaa Kebira.

Les conséquences des inondations se feront senties en termes des inconvénients à la circulation, et particulièrement sur la route touristique qui lie Sousse avec El Kantaoui et Hergla.

2) Topographie et géologie

(1) Bassin de oued Enkhilet et Sebkhet Ariana

La topographie du bassin de l'oued Enkhilet est nettement divisée en deux ; une partie à relief à pente modérée et l'autre partie formée par une plaine alluviale. La côte maximale des reliefs est d'environ 240 m au dessus du niveau de la mer. La géologie des reliefs est constituée de marne, d'argile, de calcaire et de sols résultant de leur désagrégation qui date de l'ère du Crustacé au néocène. La plaine alluviale est composée d'une couche de sable couverte par une couche argileuse dont l'épaisseur varie entre quelques dizaines de centimètres à quelques mètres.

Dans ce bassin, les mesures de protection suivantes sont projetées:

- bassin d'écrêtement dans les zones de l'amont.
- Aménagement du cours d'eau sous forme de dalot dans les tronçons intermédiaires.
- Endiguement dans les zones de l'aval.

Selon la reconnaissance sur site, il n'y a pas de problèmes de fondation pour les dalots projetés. L'investigation géotechnique a été donc concentrée sur les fondations de barrage de contrôle de crues et sur les matériaux pour remblai de barrage et de digues.

A partir des résultats de reconnaissance sur site, les emplacements pour deux forages, TR1 et TR3, pour des fondations de barrages, trois forages, TR1, TR2 et TR4 pour des matériaux de corps de barrages et trois forages, TL1, TL2 et TR3 pour des matériaux d'endiguement ont été finalement sélectionnés. A chaque forage, trois carottages ont été exécutés jusqu'à une profondeur de 10 m avec des tests de perméabilité in-situ à chaque 5 m de profondeur et des tests de pénétration standard à chaque mètre de profondeur. Ces carottages ont révélé que la géologie des sites objet de l'investigation consiste en des couches de sol argileux de dépôt en talus et/ou de sol résiduel et de marne parfois intercalés de fines couches de calcaire. Le test de perméabilité in-situ a montré que les coefficients de

perméabilité sont très inférieurs que 10^{-5} cm/s dans toutes les sections. L'épaisseur des couches de sol varie de quelques mètres jusqu'à 10 m et le test de pénétration standard a donné des valeurs de N très supérieures à 30. A partir de ces résultats, il a été conclu que les couches souterraines des sites investigués ont une portance et une imperméabilité à l'eau suffisantes pour soutenir les fondations de barrages en terre. Les conditions géotechniques dans les autres sites de barrages qui n'ont pas été investiguées au cours de cette étude sont estimés être similaires aux sites prospectés de point de vue affleurements et topographie. En conséquence, les couches souterraines dans ces sites sont estimées avoir des portances et des imperméabilisés suffisantes.

Dans six (6) sites pour matériaux pour remblai, des échantillons remaniés ont été prélevés. Ces échantillons ont été testés afin de déterminer leurs propriétés et leurs perméabilités. Selon ces tests, tous les échantillons de sol des corps des digues (RT1, RT2, et RT4) sont classés "CL" selon le système de classification unifié de l'ASTM et ont une teneur en eau de 3 à 12 %. Ces valeurs sont inférieures à leur teneur en eau optimale. Leurs coefficients de perméabilité sont beaucoup plus faibles que 10^{-6} cm/s. Par conséquent, ces matériaux sont jugés convenables pour le remblai d'un barrage en terre homogène, quoique des traitements pour l'amélioration de la teneur en eau sont nécessaires. Un (1) parmi trois (3) échantillons de remblai pour endiguement (TL1) est classé "SP" et a une teneur en eau naturelle supérieure de 9 % par rapport à sa teneur en eau optimale. Les deux (2) autres échantillons sont classés CH et ont une teneur en eau supérieure de 4 à 10 % par rapport à leur teneur en eau optimale respective. Les coefficients de perméabilité des matériaux CH sont nettement inférieurs à 10^{-5} cm/s et ceux des matériaux "SP" est 7×10^{-4} cm/s. Par conséquent, les matériaux dans les zones d'emprunt à proximité des digues sont jugés acceptables pour les remblais quoique leur qualité n'est pas très haute et leur teneur en eau devra être diminuée.

(2) Bassin de l'oued Hammam

La topographie de la zone d'étude consiste en une plaine alluviale développée entre les basses collines fluviales du quaternaire et à faibles ondulations. Les reliefs relativement élevés se développent sur la rive droite près de l'exutoire. La géologie de la zone d'étude est formée d'un dépôt alluvial avec des couches alternées de sable et d'argile de 10 à 15 m d'épaisseur totale et d'un dépôt fluvial avec la même alternance de sable et d'argile en dessous et sur les reliefs des deux rives. Sur les hauts reliefs près de l'exutoire, des affleurements de roches tendres et de marne ont été retrouvés.

Puisque les mesures de protection contre les crues ne prévoient que des endiguements, l'investigation géotechnique a été concentrée sur l'étude des matériaux pour les remblais. A

la suite de la reconnaissance sur site, quatre (4) endroits pour échantillonnage, dont un sur la colline fluviale de la rive droite la rivière (SL3) et trois (3) dans la plaine alluviale sur et à proximité du cours d'eau, ont été déterminés.

Des échantillons remaniés ont été prélevés à partir des quatre (4) sites. Les échantillons prélevés ont fait l'objet de divers essais pour révéler leurs propriétés et leurs perméabilités. Selon les résultats, les échantillons du dépôt alluvial sont classés CL (les couches supérieures SL1 et SL2) ou SM (La couche inférieure SL2 et SL4) selon le système de classification ASTM et ont des teneurs en eau entre 7 et 12 %. Ces valeurs sont supérieures à leur teneur en eau respectives. Le dépôt fluvial (SL3) est classé SP et est formé de fines particules ayant une teneur en eau naturelle de 6%. Celle ci est inférieure à leur teneur en eau optimale. Les coefficients de perméabilité des matériaux du dépôt alluvial sont très inférieures à 10^{-5} cm/s et ceux du dépôt fluvial sont de 5.10^{-3} cm/s. A partir des résultats des essais, le dépôt alluvial est jugé être avantageux pour le remblai des endiguements, quoiqu'il faut procéder à son assèchement. Ce dépôt fluvial dans la partie peu profonde est très affouillable et nécessitera un revêtement argileux et une compensation du sol pour son utilisation.

Parallèlement à la construction des endiguements, de nouveaux ponts seront nécessaires sur la route touristique, sur la route GP-1 et/ou sur le site près de Akouda. Pour étudier les conditions de fondation pour les nouveaux ponts, les résultats des forages et des sondages antérieurs entrepris au site des nouveaux ponts ou près d'eux ont été collectés de l'ONAS et du MEH et ont ainsi pu être étudiés. Selon ces essais, il a été révélé que le dépôt alluvial se développe jusqu'à 10 à 15 m de profondeur à partir de la surface actuelle du terrain naturel ayant une résistance au cône variant entre 3 et 40 kg/cm² et un module d'élasticité variant de 10 à 60 kg/cm². Ces valeurs correspondent à des valeurs de N de 5 à 10, ce qui est jugé insuffisant pour atteindre la portance nécessaire pour le pont. Au dessous de cette couche de dépôt alluvial, se développe la couche de dépôt fluvial. Le module élastique de cette couche n'est pas moins que 130 kg/cm² ce qui correspond à une valeur de N d'environ 30. Une seule valeur de N de 43 a été enregistrée dans cette couche à environ 16,5 m au forage dans le site du nouveau pont sur la route touristique. Une fondation sur pieux atteignant le dépôt fluvial est recommandée. Les pieux auront une profondeur de 15 m à partir de la surface du sol.

3) Météo et Hydrologie

(1) Collecte des données

Les données, les informations et les rapports d'études concernant la météo et l'hydrologie dans les zones du Grand Tunis et du Grand Sousse ont été collectés pendant la période d'étude sur site. Les données hydrologiques ont été revues afin de pouvoir effectuer l'analyse des ruissellements.

(2) Climat

Zone du grand Tunis

La zone d'étude s'étend entre 36°0' et 37°0' de latitude nord et entre 9°30' et 10°20' de longitude est. La température moyenne mensuelle varie de 11,6°C en Janvier à 27,6°C en août à Tunis-Carthage (altitude 5 m NGT) et 8,7°C en Janvier à 27,0°C en juillet à Siliana (altitude d'environ 430 m NGT). L'humidité relative mensuelle moyenne varie de 61,3 % en juillet à 81,3 % en janvier à Tunis Carthage et de 45,0 % en juillet à 79,1 % en décembre à Siliana. La durée mensuelle d'ensoleillement varie de 138,1 heures en janvier à 332,7 heures en juillet à Tunis Carthage et de 130,0 heures en décembre à 323,4 heures en juillet à Siliana. L'évapotranspiration annuelle moyenne est de 1.196 mm. Son potentiel mensuel d'évapotranspiration est assez haut en juillet (188 mm) et est faible en décembre et janvier (45 mm).

La pluie annuelle moyenne est d'environ 380 à 540 mm. La moyenne annuelle de la pluie journalière maximale varie de 29 à 108 mm. La pluie journalière maximale enregistrée est 252.5 mm en octobre 1969 à la station Sid ADAPT (46088)

Zone du Grand Sousse

La zone d'étude s'étend entre 35°35' et 35°55' de latitude nord et entre 10°20' et 10°40' de longitude est. La température moyenne mensuelle varie de 12,1°C en Janvier à 27,9°C en août à Monastir (altitude 15 m NGT). L'humidité relative mensuelle moyenne varié de 63,4 % en juillet à 72,4 % en janvier à Monastir. La durée mensuelle d'ensoleillement varie de 158,1 heures en décembre à 342,6 heures en juillet à Monastir. L'évapotranspiration annuelle moyenne est de 984 mm. Son potentiel mensuel d'évapotranspiration est assez haut en juillet (141 mm) et est faible en janvier (42 mm). La pluie annuelle moyenne est d'environ 330 à 340 mm. La moyenne annuelle de la pluie journalière maximale varie de 23 à 164 mm.

(3) Etablissement de stations de mesure

L'emplacement et les conditions des stations de mesure de pluie et de niveau d'eau existantes sont revues pour choisir les sites des nouvelles stations. Quatre (4) pluviographes dans le grand Tunis et un (1) dans le grand Sousse et quatre (4) limnigraphes dans le grand Tunis et un (1) dans le grand Sousse sont installés.

Dans ces stations, des données hydrologiques sont maintenant enregistrées. Ces données ont été collectées et vérifiées mais il n'y a pas eu d'observations d'événements pluvieux importants pendant cette période.

(4) Analyse des ruissellements dans l'étude du Plan Directeur

Les trois modèles de calcul de ruissellement suivants sont sélectionnés pour l'analyse des ruissellements dans l'étude du plan Directeur en considérant l'échelle et les caractéristiques des bassins. La disponibilité des données, les aménagements existants ou projetés pour la protection contre les inondations, etc.

- Méthode rationnelle: appliquée pour les petits bassins dans lesquels il n'y a pas et il n'est pas projeté de construire des ouvrages de régulations ou des réservoirs ce qui nécessiterait une analyse des hydrogrammes.
- Méthode de l'hydrogramme unitaire avec le débit de pointe de la méthode rationnelle : appliquée pour les petits ou les moyens bassins dans lesquels il y a ou il est prévu de construire des ouvrages de régulation ou des réservoirs ce qui nécessiterait une analyse des hydrogrammes.
- Méthode de la fonction de stockage: appliquée pour les bassins avec des aménagements de régulation existants ou projetés ce qui nécessiterait une analyse des hydrogrammes et pour lesquels les données hydrologiques indispensables pour développer et caler le modèle sont disponibles.

(5) Revue de l'analyse des ruissellements dans l'étude de faisabilité

En fait, la même méthode appliquée au cours de l'étude du Plan Directeur a été considérée pour l'analyse des ruissellements dans le bassin de l'Oued Enkhilet et Sebkhet Ariana, et le bassin de l'oued Hammam dans l'étude de faisabilité.

La méthode rationnelle est utilisée pour la détermination des débits de ruissellement vues l'échelle du bassin et de la disponibilité des données hydrologiques.

La méthode de l'hydrogramme unitaire avec le débit de pointe de la méthode rationnelle est aussi utilisée pour développer les hydrogrammes de ruissellements pour les ouvrages de stockage et l'évaluation des aménagements existants et des dégâts d'inondations.

La classification du coefficient de ruissellement est revue en fonction du plan d'aménagement détaillé de la zone étudiée.

La modélisation du réseau est revue et modifiée pour l'analyse des ruissellements pour tenir compte du réseau actuel et des variantes d'aménagement. Les points de calcul sont aussi déterminés dans les points d'intérêt du réseau.

4) Plan d'aménagement

(1) L'oued Enkhilet et Sebkhet Ariana

Il s'agit d'une étude de faisabilité basée sur le plan d'aménagement présent et futur dans la zone de l'étude de la commune de l'Ariana incluant la Sebkhet de l'Ariana dans le gouvernorat de l'Ariana et la commune de la Marsa dans le gouvernorat de Tunis. Dans le plan d'aménagement présent, plusieurs phénomènes sont observés dans ces zones, tel que la prédominance des constructions anarchique et l'expansion de l'urbanisation dans les zones agricoles et les zones inondables. Les inondations ont causé des dégâts à plusieurs habitants qui ont construit leurs maisons d'une manière illégale (habitat spontané) dans des zones agricoles ou inondables. A cet égard; la délimitation de la zone d'étude contre les inondations a été déterminée par un bassin versant standard. L'étude a pour objet de clarifier le plan d'aménagement présent et futur prévu à court terme pour l'an 2000 et long terme pour l'an 2020.

La commune de l'Ariana est composée de Sebkhet Ariana et des zones agricoles riches qui incluent Chotrana, Soukra et Raoued comme indiqué sur la Fig.9. La Sebkhet de l'Ariana est située dans la partie supérieure de la zone d'étude et couvre environ 36,5 km². Cette Sebkhet n'est pas en communication avec la mer, c'est pourquoi elle cause pendant la saison pluvieuse des inondations dans la zone qui l'entoure. Le centre de l'Ariana et toutes les agglomérations d'El Menzeh de l'Ariana supérieure, sont les plus importantes zones urbanisées a forte densité dans le Grand Tunis. L'urbanisation de la commune de l'Ariana a été sous forme de types résidentiels variés. La zone de Chotrana couvre environ 17,6 km². Elle est composée d'une zone agricole et d'une zone d'habitations anarchiques. La zone de

Soukra s'étend de la GP-8, le long de la RVE-533 jusqu'à la Sebkheth Ariana au nord. La plus grande partie de cette zone consiste en des champs agricoles. En remarque que les constructions anarchiques couvrent une grande partie de Soukra soit 6,0 km² de sa surface totale. Dans la zone de Raoued qui couvre 3,2 km², 10,1 km² sont occupés par des terres agricoles tandis que 9,0 km² sont des espaces libres. Les terres agricoles le long de la RVE-546 sont déjà occupées par l'habitat anarchique.

La zone résidentielle de la commune de la Marsa couvre environ 6,4 km² d'une superficie totale de 25,2 km². Cette zone est caractérisée par la prédominance de l'habitat isolé c'est à dire d'une faible densité et un gaspillage d'espace. En plus, l'habitat anarchique représente 21% de cette zone résidentielle. La zone commerciale est essentiellement située dans le centre de la Marsa. Quant à la zone de récréation elle couvre environ 0,5 km² et comporte des équipements de sports et de distractions ainsi que des lieux touristiques. La zone agricole incorpore trois subdivisions : la plaine de Soukra, Gammarth et Sidi Daoud. La zone existante entre la RVE-550 et la GP-9 a été réservée pour la culture maraîchère.

La zone inondable qui existe dans cette commune crée plusieurs contraintes à l'urbanisation. Ceci est dû à la remontée de la nappe phréatique et au manque des structures de drainages. Ce phénomène devient visible le long de l'Oued Enkhilet et des zones agricoles plates de l'Ariana Nord et de Soukra.

Tenant compte des contraintes existantes, le futur plan d'aménagement devra être élaboré de la manière suivante. La future carte d'aménagement est aussi illustrée dans la Fig.10 d'après le plan d'aménagement élaboré par le Ministère de l'Équipement et de l'Habitat.

- Reclassification de l'ancien plan d'aménagement qui ne correspond plus à la situation présente .
- L'optimisation et la rationalisation de l'occupation du sol, et le contrôle de l'urbanisation par le règlement de zoning.
- Un contrôle sévère des constructions anarchiques afin de protéger les zones agricoles.
- L'élaboration d'un programme d'habitat social afin de résoudre le problème des constructions anarchiques.
- Interdiction de toutes nouvelles constructions dans les zones inondables.
- Aménagement de l'infrastructure pour la protection contre les inondations. Cet aménagement doit inclure la construction d'ouvrages de drainage et de bassins d'écrêtement.
- Le futur développement devra incorporer une distribution spatiale bien équilibrée des équipements publics et des infrastructures de base, correspondante à l'urbanisation.

(2) Oued Hammam

Les villes de la zone de l'étude incluent Hammam Sousse, Akouda, Kalaa Kebira et Kalaa Sghira dans le gouvernorat de Sousse. La situation géographique près du métropole de Sousse a encouragé le développement urbain de ces villes. D'après la présente occupation du sol de cette région en remarque l'existence de plusieurs phénomènes tel que la prédominance des constructions anarchiques et l'expansion de l'urbanisation dans les zones agricoles et les zones inondables. A cet égard, la délimitation de la zone de l'étude de protection contre les inondations est basée par un bassin versant standard. L'approche de la présentation du plan d'aménagement proposé et basée sur une échelle régionale vu le changement rapide de l'urbanisation dans le contexte de l'aménagement régionale de Sousse comme le montre la Fig.11. L'étude vise à clarifier le plan d'aménagement présent et futur prévu à court terme pour l'an 2000 et à long terme pour l'an 2020.

Les quatre villes de la zone d'étude sont situées au nord et au nord ouest à environ 10 km du métropole de Sousse, comme la montre la Fig.12. Motivée par sa situation géographique (située près du métropole de Sousse), cette région s'est transformée d'un petit village à une agglomération urbaine. Cette expansion urbaine a évolué sous forme de développement résidentiel à partir d'un ancien noyau. Toutefois, cette région reste dépendante de Hammam Sousse vu que le transport est assuré par la GP-1 à l'est et l'autoroute à l'ouest qui permettent une liaison avec les principaux centres urbains.

La zone résidentielle de Hammam Sousse est caractérisée par une ségrégation entre la haute société et la classe moyenne dans l'est, l'ouest et la zone de la GP-1. La zone de Akouda s'étend le long de la déviation de la GP-1 et à l'ouest Kalaa Kébira est entourée de deux oueds qui représentent une contrainte à l'expansion urbaine qui concerne surtout le développement de l'habitat. Le développement résidentiel à Kalaa Sghira s'est effectué dans toutes les directions de la ville. Toutefois, il y a un phénomène commun dans toutes ces villes qui est la construction anarchique dans les zones urbaines et agricoles limitrophes qui sont exposées aux inondations.

La zone agricole est divisée en culture irriguée et culture à sec. Le secteur agricole produit essentiellement des oliviers, des grenadiers et des légumes. L'expansion des activités industrielles était à l'origine du développement urbain de cette région. Cependant, ce développement a été au dépend de secteur agricole. En plus, la hausse des prix des terrains et la manque d'espace ont encouragé le développement des constructions anarchiques dans les zones urbaines et agricoles limitrophes.

Cette région se trouve dans le bassin versant de l'Oued Hammam. Cet oued traverse la zone urbaine de la ville et surtout les zones les plus basses qui sont exposées aux inondations. Ces inondations sont observées dans les zones d'habitats anarchiques, où les constructions bloquent l'écoulement naturel des oueds. En plus, l'aménagement de l'infrastructure pour la protection contre les inondations est insuffisant.

Tenant en considération toutes les contraintes, le futur plan d'aménagement devra être élaboré de la manière suivante :

- La réhabilitation de ces anciennes villes avec l'urbanisation.
- La reclassification de l'ancien plan d'aménagement qui ne correspond plus à la situation présente, selon une vocation de zoning.
- Un contrôle sévère des constructions anarchiques afin de protéger les zones agricoles et les terrains réservés pour les équipements publics.
- L'aménagement de l'infrastructure pour la protection contre les inondations. Cet aménagement doit inclure la construction d'ouvrages de drainage et de bassins d'écrêtement.
- Le futur développement devra incorporer une distribution spatiale bien équilibrée des équipements publics et des infrastructures de base afin qu'il y ait une autosuffisance dans les villes de cette région.
- La future zone industrielle devra être dans une zone facilement accessible de la route principale.
- Le plan de développement de cette région devra être élaboré dans le contexte de la région qui est sous l'influence de la métropole de Sousse.

5) Le drainage Urbain

(1) Oued Enkhilet

Les systèmes de drainage consistent en un système de drainage des eaux d'orages et un système d'évacuation. D'après la révision des données et informations relatives à la zone du Grand Tunis et d'après les enquêtes de reconnaissances du terrain, il s'est avéré que l'inondation des routes urbaines a toujours été la plus critique. Cette inondation est due à la manque d'un système efficace pour le drainage des eaux pluviales. Les études et la réalisation de systèmes d'évacuation et de drainage des eaux pluviales dans le bassin de Oued Enkhilet ont été principalement effectuées en plusieurs étapes par l'ONAS comme étant une partie de la zone d'intervention dans le Grand Tunis. La révision du plan directeur de l'étude de faisabilité des projets prioritaires qui couvrent toute la zone du Grand Tunis sont maintenant sujet à une dernière mise au point, toutefois, les résultats de l'étude ne sont pas encore déclarés.

La reconnaissance du terrain et la révision des données et informations recueillies montrent que:

- (i) L'exécution du projet de contrôle des inondations réalisé par le MEH et le système de drainage des eaux pluviales réalisé par l'ONAS dans la zone de l'étude n'est pas déterminé clairement. L'aménagement de Oued Enkhilet a été projeté et réalisé par le MEH et l'ONAS. La construction de dalots en béton le long de la RVE-533 et maintenant en cours de réalisation par le MEH.
- (ii) Dans la zone du Grand Tunis il existe quatre stations de traitement des eaux usées. Dans la zone de l'étude ces eaux sont généralement collectées par un système combiné de drainage et d'évacuation, mais une quantité est collectée par un réseau de conduites séparées et connectées à une station de traitement située au sud de Sebket Ariana. Les eaux traitées déversent dans la mer Méditerranée au nord de Sebket Ariana à travers un canal. De ce point de vue, il est jugé que la quantité des eaux usées déversées dans l'Oued Enkhilet est minimale.
- (iii) Comme la majorité des systèmes de drainages des eaux pluviales sont des structures souterraines, tel que conduites dalots en béton, regards, etc., il est plutôt difficile de saisir la situation sans faire référence aux schémas détaillés des systèmes. Cependant, nous avons remarqué que les débouchés de plusieurs ouvrages sont obturés par les ordures jetées par les riverains. De fréquentes inondations surviennent à cause de l'insuffisance des systèmes de drainage.
- (iv) En Mai 1993, plusieurs routes et terrains agricoles plats situés sur les rives de Sebket Ariana ont été inondés. Cependant la durée de cette inondation n'a pas été très longue. Il a aussi été remarqué que les bassins d'écrêtement existants le long du cours de l'oued fonctionnaient bien et en ce qui concerne l'amortissement du débit de pointe.

Dans la zone urbanisée du bassin du Oued Enkhilet, des routes urbaines sont inondées durant les pluies d'orages à cause de l'insuffisance des systèmes de drainage. Pour réduire le risque des inondations de ces routes urbaines au maximum, il est recommandé que ces systèmes de drainage urbain soient projetés et réalisés par l'ONAS en collaboration avec le MEH. A cause de l'insuffisance des données et informations, le plan préliminaire du système de drainage urbain dans la zone de l'étude n'a pas été inclus dans l'étude de faisabilité.

(2) Oued Hammam

Les systèmes de drainage urbain dans la zone d'étude consiste aussi en des ouvrages de drainage des eaux d'orages et des ouvrages d'évacuation. D'après la révision des données et informations relatives à ces ouvrages et d'après les enquêtes et la reconnaissance sur terrain, a été déduit que l'inondation de la zone basse existante le long de la rivière, est la plus critique. Les études et les constructions consécutives des ouvrages de drainage et d'évacuation des eaux d'orages dans la zone du Grand Sousse, ont été réalisées jusqu'ici en plusieurs étapes par l'ONAS . Le bassin de Oued Hammam est situé à l'extrémité nord de tous le réseau.

Pour bien comprendre la relation entre l'alimentation en eau et le système de drainage urbain, des données se rapportant sur l'alimentation en eau ont été regroupées de la SONEDE. L'alimentation en eau des différentes zones urbaines et rurales du pays, est assurée par la SONEDE. L'alimentation en eau a connu un développement par étape et actuellement la SONEDE réalise le VIII Plan qui couvre une période de cinq ans (1992-1996). Les données concernant le programme du VIII Plan relative à l'extension et à la réhabilitation à travers tout le pays sont disponibles, par contre il n'y a pas de programme qui couvre seulement la zone de l'étude.

La révision des données et la reconnaissance du terrain montrent que :

- (i) Dans la zone du Grand Sousse il y a deux stations de traitement d'eaux usées, l'une au sud de Sousse et l'autre au nord. Ce dernier qui est situé sur la rive droite près de la route touristique étant surchargé, Les eaux usées sont déversées dans la mer Méditerranée au niveau de la l'exutoire de Oued Hammam. Une quantité de ses eaux usées déversent dans les oueds, causant ainsi une mauvaise odeur dans la zone limitrophe. La quantité de ces eaux usées n'est pas encore connue, mais en estime qu'elle n'est pas assez grande pour causer des inondations.
- (ii) Comme la majorité des ouvrages de drainage des eaux d'orages sont souterraine, tel que conduites, dalots en béton, regards, etc., Il est difficile de comprendre la situation sans faire référence aux schémas détaillés des systèmes. Le staff concerné de l'ONAS à Sousse a expliqué à l'équipe de l'étude de la JICA que le bassin de Oued Naouar crée des problèmes d'inondations vu l'insuffisance du système de drainage.

Le Plan Directeur du drainage urbain du Grand Sousse a été révisé par l'ONAS en 1991/1992, et un réseau de drainage des eaux d'orages est projeté afin d'aménager le