

Figure 8.38 Profil en Long de l'Oued Blibene

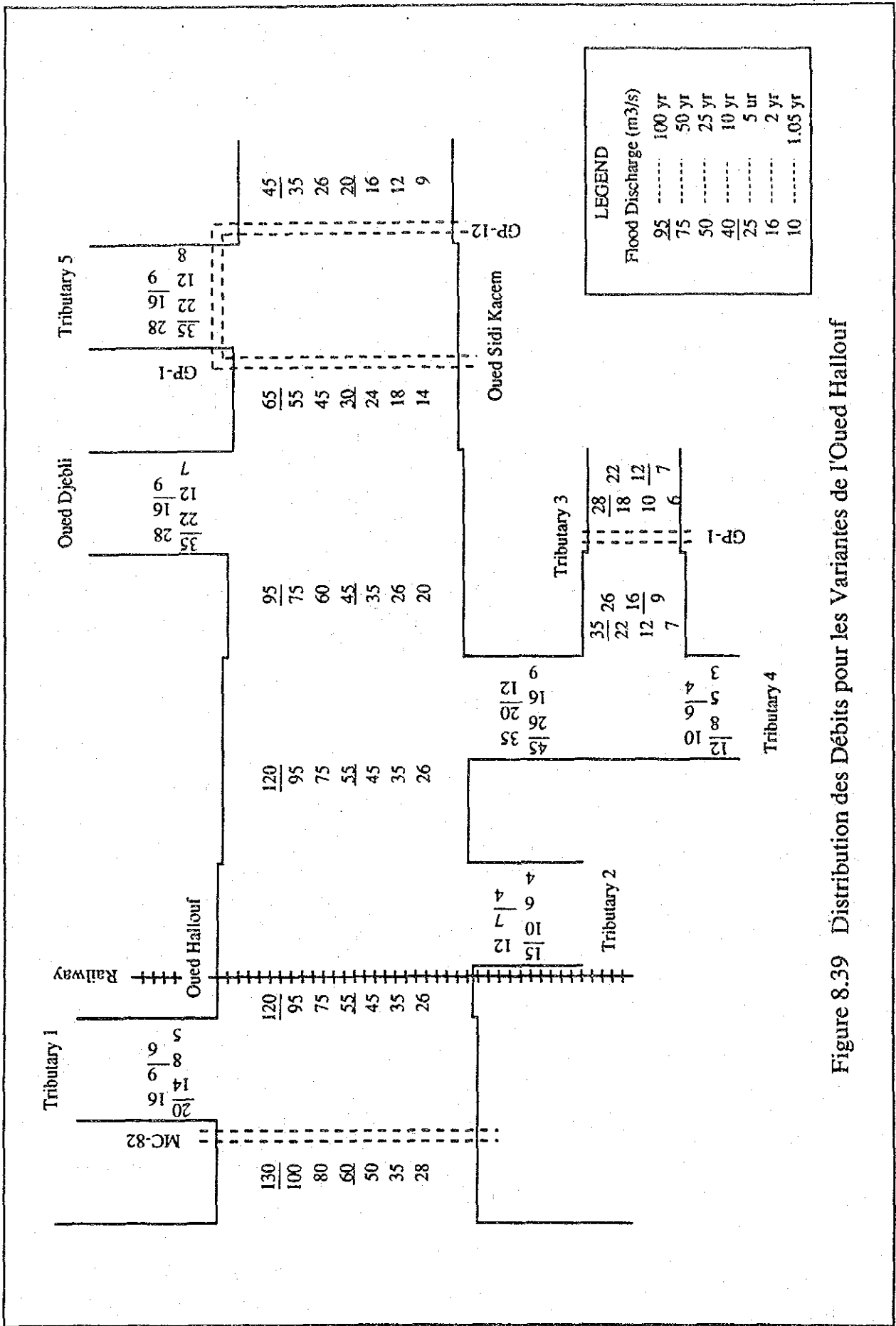


Figure 8.39 Distribution des Débits pour les Variantes de l'Oued Hallouf

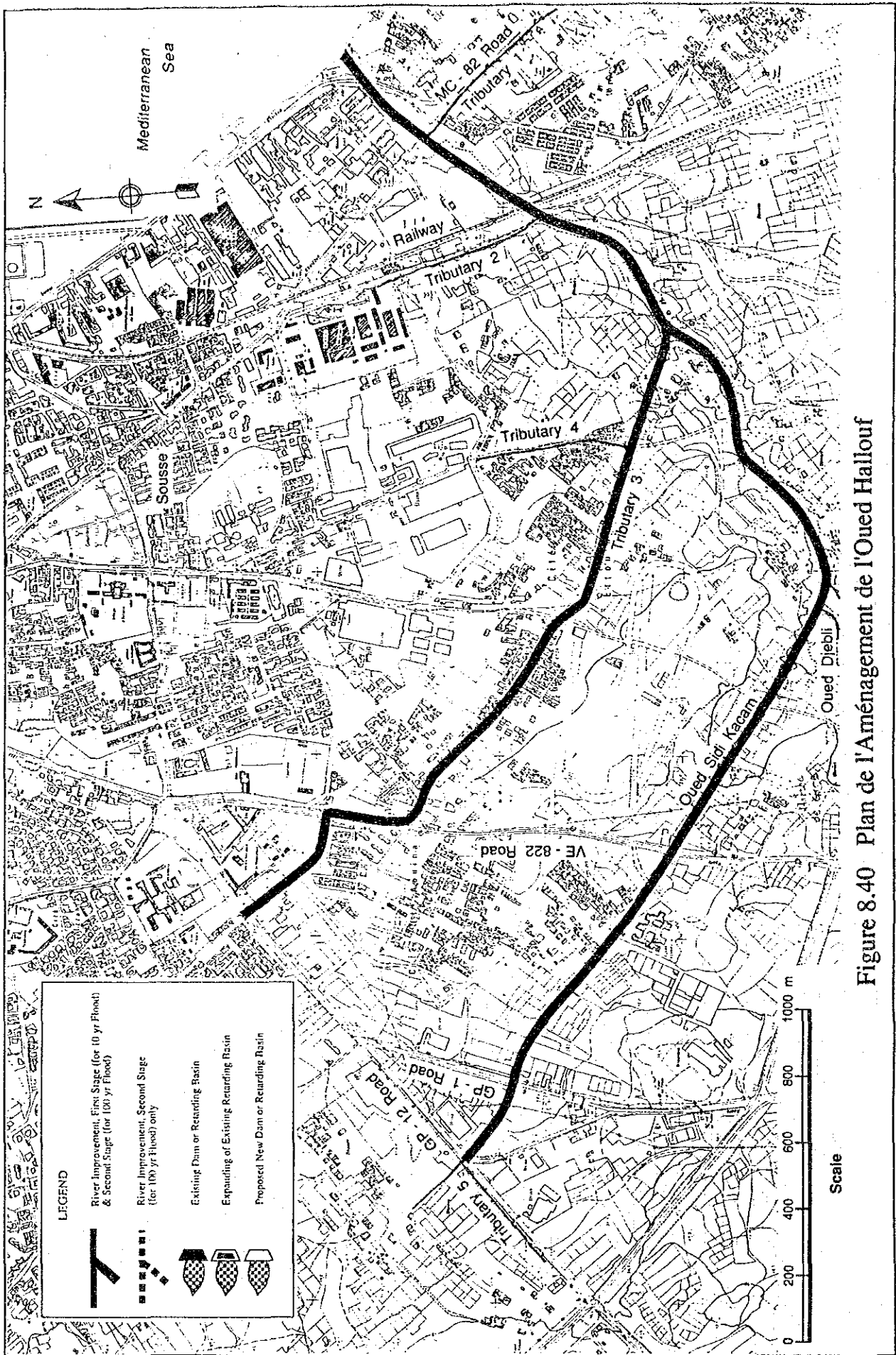


Figure 8.40 Plan de l'Aménagement de l'Oued Hallouf

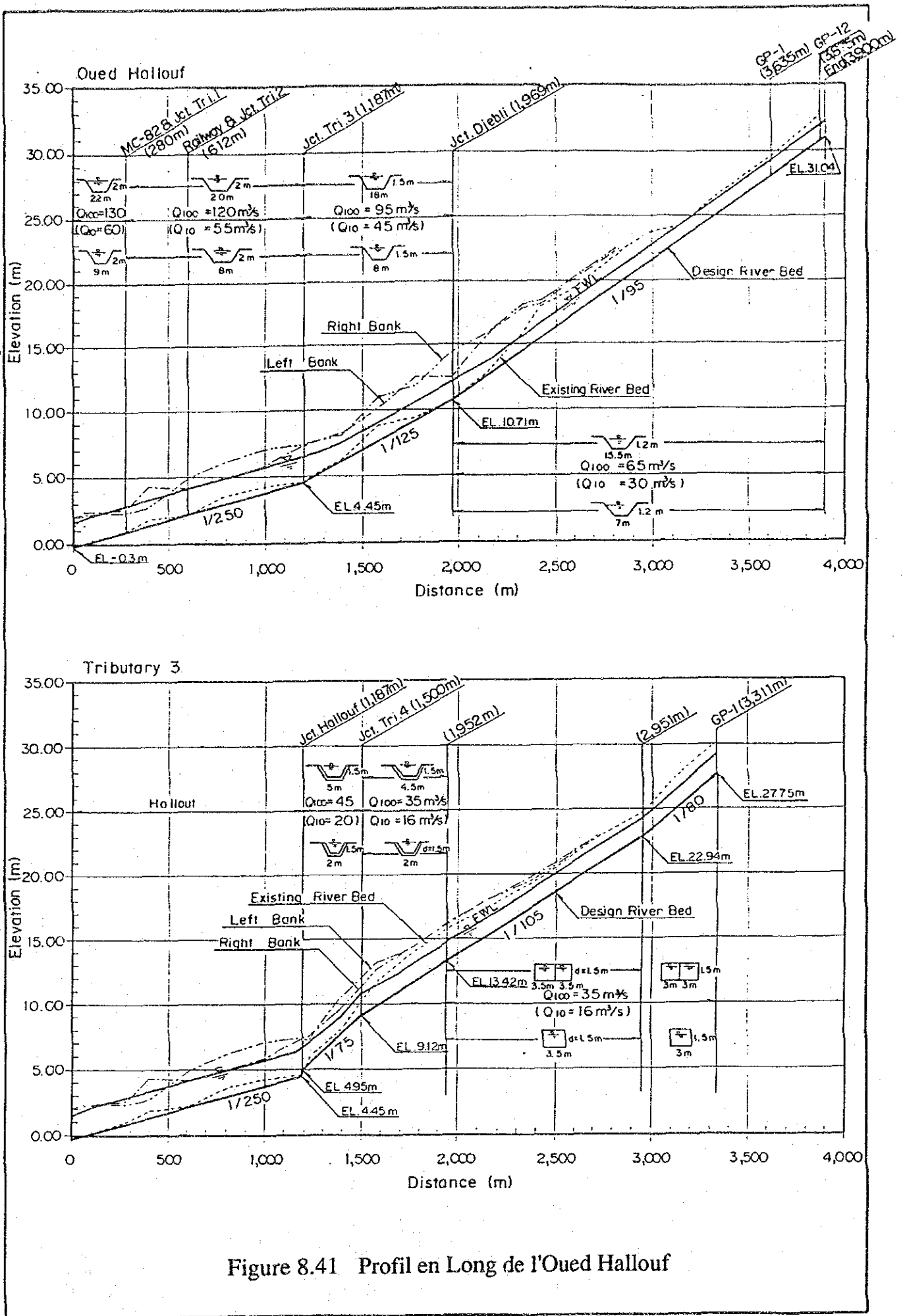


Figure 8.41 Profil en Long de l'Oued Hallouf

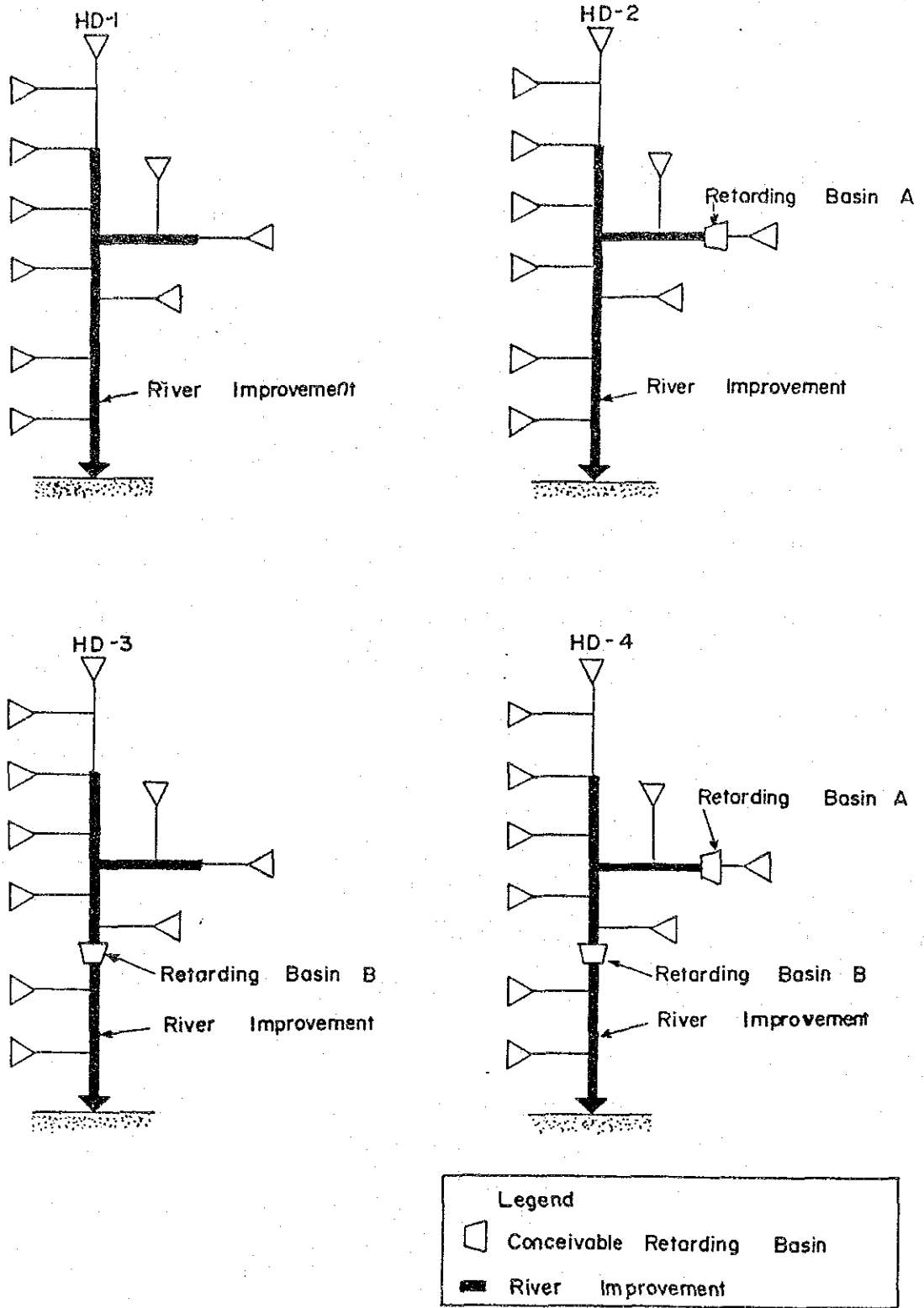


Figure 8.42 Variantes d'Aménagement pour l'Oued Hamdoun

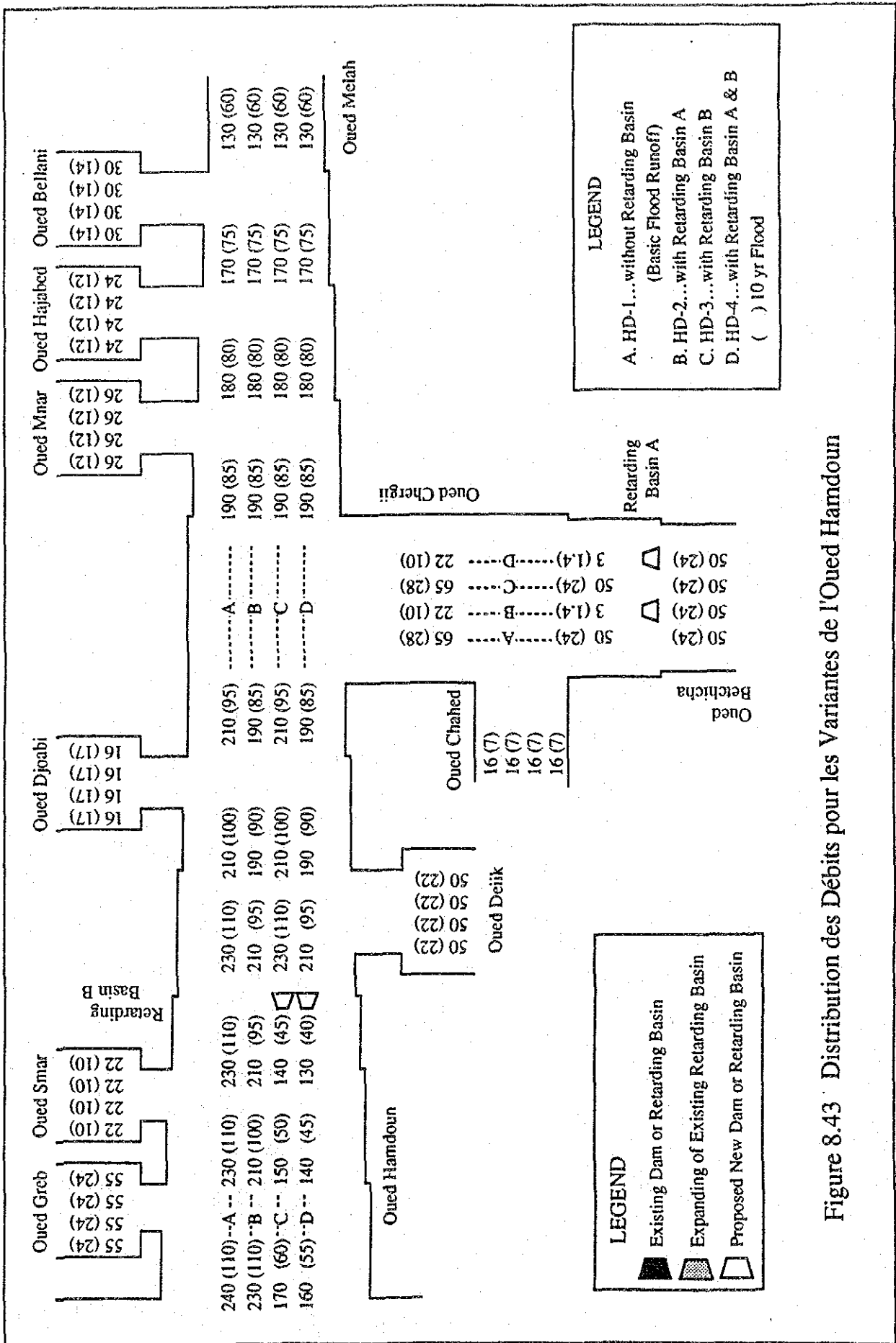


Figure 8.43 Distribution des Débits pour les Variantes de l'Oued Hamdoun

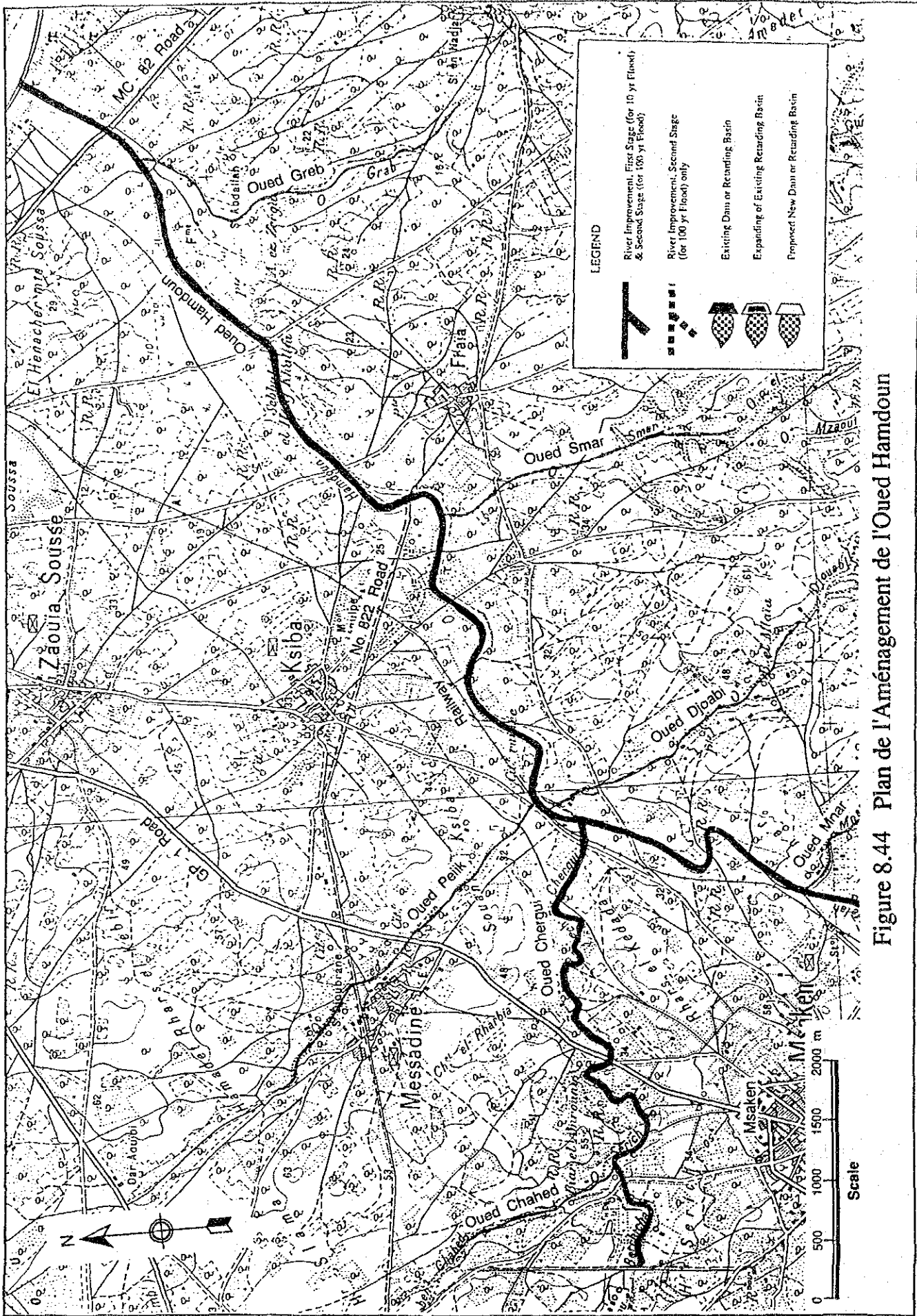


Figure 8.44 Plan de l'Aménagement de l'Oued Hamdoun

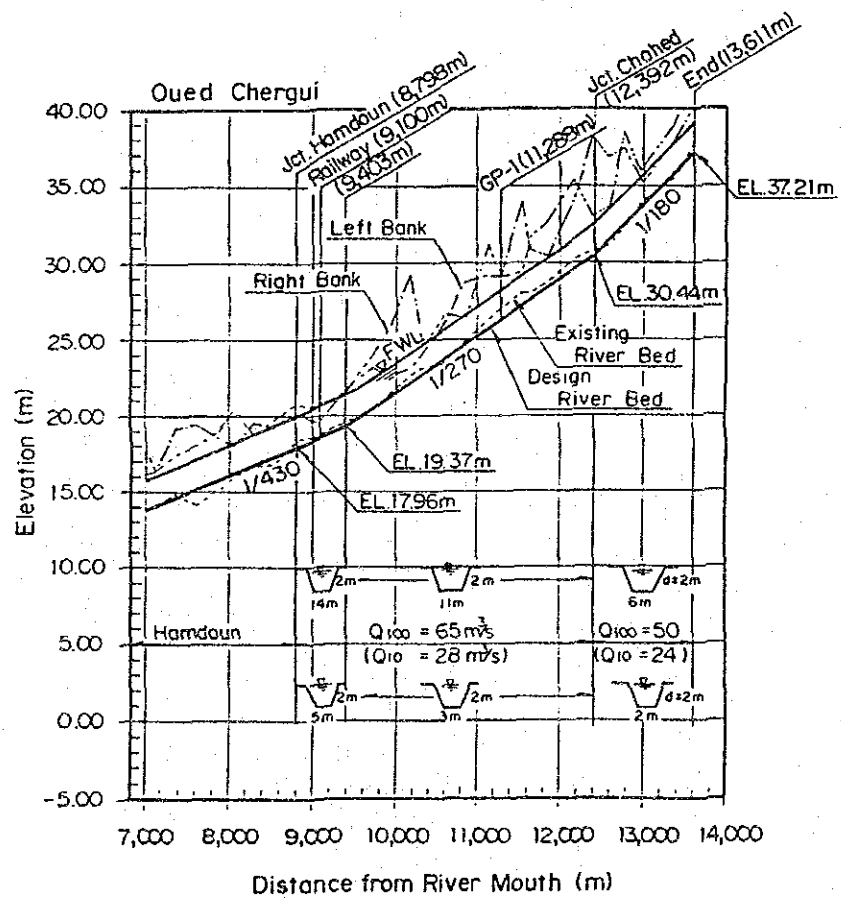
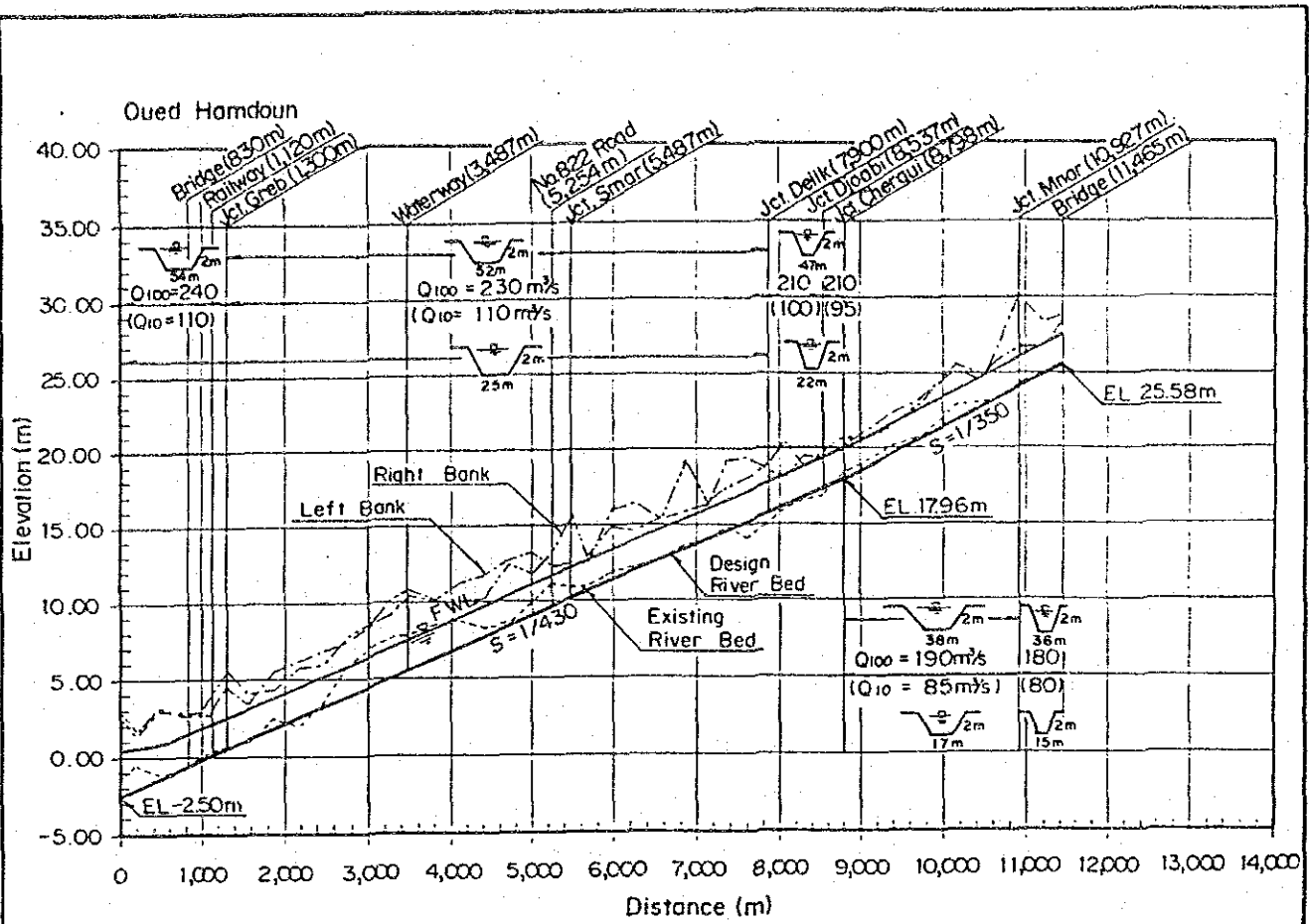
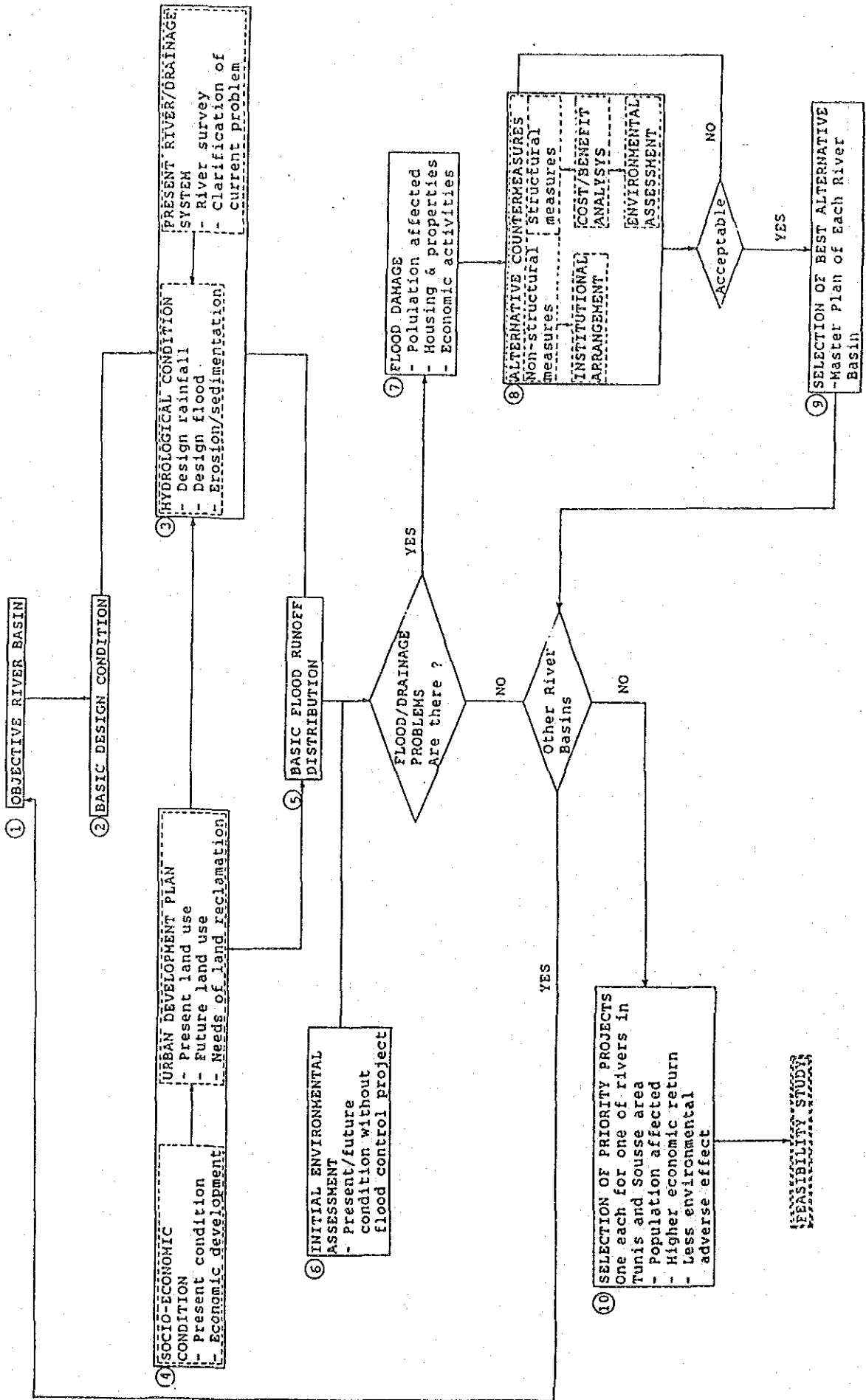


Figure 8.45 Profil en Long de l'Oued Hamdoun

Figure 9.1 Carte des Ecoulements pour la Formulation du Plan Directeur



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

PARTIE II

**ETUDE DE FAISABILITE
DE
OUED ENNKHILET**

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

PARTIE II ETUDE DE FAISABILITE

II-1 Oued Enkhilet

TABLE DES MATIERES

	page
1. Cadre Socio-économique	E-1-1
1.1 Introduction	E-1-1
1.2 La population	E-1-1
1.3 Infrastructure.....	E-1-2
1.4 Les activités économiques.....	E-1-2
1.4.1 L'Industrie	E-1-2
1.4.2 L'Agriculture.....	E-1-3
2. Topographie et Géologie.....	E-2-1
2.1 Généralités	E-2-1
2.2 Topographie et géologie.....	E-2-1
2.3 Travaux de reconnaissance.....	E-2-1
2.4 Interprétation des résultats des essais.....	E-2-3
3. Hydrologie.....	E-3-1
3.1 Analyse des ruissellements.....	E-3-1
3.1.1 Méthodologie	E-3-1
3.1.2 Modèle de simulation des ruissellements	E-3-2
3.1.3 Analyse des pluies.....	E-3-3
3.1.4 Analyse des ruissellements.....	E-3-3
3.2 Investigation des matériaux des lits des cours d'eau.....	E-3-5
3.2.1 Généralités	E-3-5
3.2.2 Matériaux des lits des cours d'eau.....	E-3-5
4. Plan d'aménagement.....	E-4-1
4.1 Introduction.....	E-4-1
4.2 Commune de l'Ariana.....	E-4-1
4.2.1 Généralités	E-4-1
4.2.2 Le Site	E-4-1
4.2.3 Evolution de l'Urbanisation.....	E-4-2
4.2.4 Plan d'Aménagement Actuel.....	E-4-2
4.2.5 Zones Inondables.....	E-4-3
4.2.6 Problèmes à Résoudre	E-4-4
4.2.7 Occupation Future du Sol	E-4-4

4.2.8	Zones Inondables.....	E-4-6
4.3	La Commune de la Marsa	E-4-7
4.3.1	Généralités	E-4-7
4.3.2	Développement de l'Urbanisation	E-4-7
4.3.3	Le Site	E-4-8
4.3.4	Occupation Actuel du Sol.....	E-4-8
4.3.5	Problèmes à résoudre	E-4-9
4.3.6	Occupation Future du Sol	E-4-10
4.4	Conclusion	E-4-11
5.	Drainage urbain	E-5-1
5.1	Généralités	E-5-1
5.2	Réseau de Drainage Urbain	E-5-1
5.3	Conditions Actuelles sur Site	E-5-3
5.4	Dimensionnement Préliminaire du Réseau de Drainage Urbain.....	E-5-4
6.	Evaluation de l'impact environnemental.....	E-6-1
6.1	Contexte	E-6-1
6.2	Les conditions existantes	E-6-1
6.2.1	Environnement physique	E-6-1
6.2.2	Environnement Ecologique.....	E-6-3
6.2.3	Environnement vital et humain.....	E-6-4
6.3	Impacts sans le projet	E-6-6
6.4	Impacts avec projet.....	E-6-7
6.4.1	Mesures structurelles proposées	E-6-7
6.4.2	Impacts négatifs	E-6-8
6.4.3	Impacts positifs.....	E-6-9
6.5	Mitigation Environnementale et Mesures de Surveillance	E-6-10
7.	Oueds et inondations	E-7-1
7.1	Généralités	E-7-1
7.2	Bassin de Sebket Ariana et Oued Enkhilet.....	E-7-1
7.3	Distribution des Débits des Crues	E-7-2
7.4	Capacité de Transit	E-7-3
7.5	Crues et Inondations	E-7-4
7.6	Ouvrages Existants sur les Oueds	E-7-4
8.	Etude comparative des variantes	E-8-1
8.1	Généralités	E-8-1
8.2	Critère de dimensionnement des ouvrages de protection contre les inondations.....	E-8-2
8.3	Formulation des variantes	E-8-4
8.3.1	Conclusions sur les sites possibles des bassins d'écrêtement et des canaux de déviation.....	E-8-4
8.3.2	Sélection des bassins d'écrêtement.....	E-8-5
8.3.3	Formulation des variantes	E-8-7
8.4	Sélection des variantes.....	E-8-9

9.	Variante sélectionnée pour le contrôle des crues	E-9-1
9.1	Généralités	E-9-1
9.2	Dimensionnement préliminaire.....	E-9-1
9.3	Principales Caractéristiques de la Variante Sélectionnée	E-9-4
9.3.1	Cours principal de l'Oued Enkhilet	E-9-4
9.3.2	Canal C1.....	E-9-9
9.3.3	Canal R2.....	E-9-11
9.3.4	Canal G2	E-9-13
9.3.5	Canal G1	E-9-15
9.3.6	Canal G1'	E-9-17
9.3.7	Canal C4.....	E-9-18
9.3.8	Canal de déviation N° 3.....	E-9-18
9.3.9	Canal de Déviation N° 4	E-9-21
9.3.10	Bassin d'Ecrêtement A.....	E-9-21
9.3.11	Bassin d'Ecrêtement G	E-9-22
9.3.12	Bassin d'Ecrêtement I.....	E-9-23
9.3.13	Bassin d'Ecrêtement J1.....	E-9-23
10.	Estimation des dégâts potentiels des crues.....	E-10-1
10.1	Introduction	E-10-1
10.2	Méthodologie	E-10-1
10.2.1	Introduction.....	E-10-1
10.2.2	Dégâts et pertes dans les zones résidentielles	E-10-2
10.2.3	Pertes pour l'industrie et les entreprises commerciales	E-10-6
10.2.4	Pertes pour l'Agriculture	E-10-6
10.2.5	Pertes pour le transport	E-10-7
10.2.6	Autres facteurs.....	E-10-9
10.2.7	Résumé des coefficients utilisés pour l'estimation des dégâts	E-10-9
10.3	Evaluation des dégâts d'inondations	E-10-10
10.3.1	Introduction.....	E-10-10
10.3.2	Zone A - Ariana supérieure.....	E-10-11
10.3.3	Estimation des Dégâts - Zone B	E-10-16
10.3.4	Estimation des Dégâts des Inondations - Zones Directement Inondables.....	E-10-19
10.4	Estimation des dégâts - Zones partiellement affectées.....	E-10-19
10.4.1	Introduction.....	E-10-19
10.4.2	Evaluation des dégâts causés par les crues sous les conditions actuelles d'occupation du sol.....	E-10-20
10.4.3	Evaluation des dégâts causés par les inondations sous les conditions futures d'occupation du sol	E-10-22
10.5	Estimation des dégâts totaux	E-10-24
10.5.1	Dégâts potentiels de la crue centennale.....	E-10-24
10.5.2	Dégâts potentiels de la crue annuelle et de la crue décennale.....	E-10-25
11.	Estimation des coûts.....	E-11-1
11.1	Coût du projet.....	E-11-1
11.2	Conditions de l'estimation du coût.....	E-11-1
11.3	Estimation du coût.....	E-11-2
11.4	Planning de financement	E-11-2
11.5	Coût de maintenance	E-11-3

12. Planning des travaux	E-12-1
12.1 Réalisation.....	E-12-1
12.1.1 Planning de la réalisation	E-12-1
12.1.2 Source de Financement.....	E-12-1
12.1.3 Mode de construction	E-12-1
12.1.4 Organisation de la Réalisation.....	E-12-1
12.2 Construction	E-12-2
12.2.1 Politique de base pour la construction	E-12-2
12.2.2 Méthode de Construction du schéma de Oued Enkhilet	E-12-2
12.3 Planning de la construction.....	E-12-6
12.3.1 Planning.....	E-12-6
12.3.2 Délais des travaux	E-12-6
13. Evaluation économique.....	E-13-1
13.1 Estimation du bénéfice annuel moyen.....	E-13-1
13.2 Coût économique du projet.....	E-13-1
13.3 Evaluation Economique.....	E-13-2

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.1	Structure de la production industrielle dans les délégations de l'Ariana et de l'Ariana nord.....	E-T-1
Tableau 2.1	Résultats des tests de perméabilité et in-situ.....	E-T-2
Tableau 2.2	Résumé des tests de laboratoire sur les échantillons du bassin de Oued Enkhilet.....	E-T-3
Tableau 3.1	Hypothèses de la formule rationnelle.....	E-T-4
Tableau 3.2	Coefficient de ruissellement dans les bassins de Oued Enkhilet et Sebkhet Ariana.....	E-T-5
Tableau 3.3	Calcul des ruissellements de base dans le bassin de Oued Enkhilet.....	E-T-6
Tableau 3.4	Calcul des ruissellements de base dans le bassin de Sebkhet Ariana.....	E-T-8
Tableau 3.5	Calcul des ruissellements dans le bassin de Oued Enkhilet avec les ouvrages existants pour le contrôle des crues.....	E-T-9
Tableau 3.6	Calcul des débits des ruissellements avec le canal de déviation N° 3.....	E-T-11
Tableau 3.7	Calcul des débits des ruissellements avec le canal de déviation N° 4.....	E-T-14
Tableau 3.8	Calcul des débits des ruissellements avec le canal de déviation N° 5.....	E-T-16
Tableau 3.9	Calcul des débits des ruissellements avec les canaux de déviation N° 1 & 3.....	E-T-18
Tableau 3.10	Calcul des débits des ruissellements avec les canaux de déviation N° 2 & 3.....	E-T-19
Tableau 3.11	Calcul des débits des ruissellements avec les canaux de déviation N° 3 & 4.....	E-T-20
Tableau 3.12	Calcul des débits des ruissellements avec les canaux de déviation N° 3 & 5.....	E-T-22
Tableau 3.13	Calcul des débits des ruissellements avec les canaux de déviation N° 3, 4 & 5.....	E-T-24
Tableau 4.1	Proportions de l'occupation actuelle du sol dans la zone d'étude à la commune de l'Ariana.....	E-T-26
Tableau 4.2	Proportions de l'occupation Future du sol dans la zone d'étude à la commune de l'Ariana.....	E-T-27
Tableau 6.1	Caractéristiques des zones humides dans la zone du Grand Tunis.....	E-T-28
Tableau 6.2	Nombres maximums et moyens des oiseaux dans les cinq dernières années (1989-1993) dans les zones humides du Grand Tunis.....	E-T-29
Tableau 6.3	Matrice de l'évaluation de l'impact environnemental de Oued Enkhilet et Sebkhet Ariana.....	E-T-30
Tableau 6.4	Mesures de mitigation environnementale pour les impacts négatifs possibles durant les travaux de construction des ouvrages de protection.....	E-T-31
Tableau 7.1	Zones inondables et durées à Oued Enkhilet.....	E-T-32
Tableau 8.1	Distribution des débits de la crue décennale pour le criblage des bassins d'écrêtement.....	E-T-33
Tableau 8.2	Criblage des bassins d'écrêtement possible pour l'étude des variantes.....	E-T-34

Tableau 8.3	Distribution des débits des crues dans les variantes avec canaux de déviation.....	E-T-35
Tableau 8.4	Distribution des débits des crues dans les variantes avec bassins d'écrêtement	E-T-36
Tableau 8.5	Coûts de construction de la variante avec canaux de déviation...	E-T-37
Tableau 8.6	Coûts de construction de la variante avec bassins d'écrêtement.....	E-T-38
Tableau 8.7	Résumé de l'étude comparative des variantes	E-T-39
Tableau 10.1	Zone industrielle de la Charguia/Ariana: emploi par secteur, 1990.....	E-T-40
Tableau 10.2	Commune de l'Ariana: Production et productivité agricole estimée	E-T-40
Tableau 10.3	Différence des coûts opérationnels des véhicules dans les cas avec ou sans inondations	E-T-40
Tableau 10.4	Zone Z: Superficie estimée et dégâts pour les bâtiments	E-T-41
Tableau 10.5	Oued Enkhilet - Estimation du nombre journalier des passagers sur la GP-8.....	E-T-41
Tableau 11.1	Résumé du coût du projet, Enkhilet 1ère étape	E-T-42
Tableau 11.2	Résumé du coût du projet, Enkhilet 2ème étape.....	E-T-43
Tableau 11.3	Planning annuel de financement, Enkhilet 1ère étape.....	E-T-44
Tableau 13.1	Coût Bénéfice pour le projet de protection contre les inondations de Oued Enkhilet.....	E-T-45

LISTE DES FIGURES

Figure 2.1	Emplacement des spots d'investigation à Tunis	E-F-1
Figure 2.2	Emplacement détaillé de TR1	E-F-2
Figure 2.3	Emplacement détaillé de TR2 & TR3	E-F-3
Figure 2.4	Emplacement détaillé de TR4	E-F-4
Figure 2.5	Emplacement détaillé de TL1, TL2 & TL3	E-F-5
Figure 2.6	Carnet de forage de SC1	E-F-6
Figure 2.7	Carnet de forage de SC2	E-F-7
Figure 2.8	Carnet de forage de SC3	E-F-8
Figure 2.9	Carnet de forage de SC4	E-F-9
Figure 2.10	Carnet de forage de SC5	E-F-10
Figure 2.11	Carnet de forage de SC6	E-F-11
Figure 2.12	Carnet de forage des échantillons de matériaux pour corps de barrage	E-F-12
Figure 2.13	Carnet de forage des échantillons de matériaux pour corps de digues.....	E-F-13
Figure 3.1	Modélisation des oueds dans le bassin de Sebkheth Ariana	E-F-14
Figure 3.2	Hydrogramme des ruissellements dans le bassin de Oued Enkhilet	E-F-15
Figure 3.3	Hydrogramme des ruissellements avec les ouvrages de protection existants	E-F-19
Figure 3.4	Modélisation du système de Oued Enkhilet, avec le canal de déviation N°3	E-F-23
Figure 3.5	Modélisation du système de Oued Enkhilet, avec le canal de déviation N°4	E-F-24
Figure 3.6	Modélisation du système de Oued Enkhilet, avec le canal de déviation N°5	E-F-25
Figure 3.7	Modélisation du système de Oued Enkhilet, avec canaux de déviation N°1 & 3	E-F-26
Figure 3.8	Modélisation du système de Oued Enkhilet, avec le canal de déviation N°2 & 3	E-F-27
Figure 3.9	Modélisation du système de Oued Enkhilet, avec le canal de déviation N°3 & 4	E-F-28
Figure 3.10	Modélisation du système de Oued Enkhilet, avec le canal de déviation N°3 & 5	E-F-29
Figure 3.11	Modélisation du système de Oued Enkhilet, avec le canal de déviation N°3,4& 5	E-F-30
Figure 3.12	Plan de situation des spots d'échantillonnage à Tunis	E-F-31
Figure 3.13	Résultat du tests de granulométrie dans le bassin de Oued Enkhilet	E-F-32
Figure 4.1	Emplacement de la zone d'étude.....	E-F-33
Figure 4.2	Développement de l'urbanisation dans la commune de l'Ariana.....	E-F-34
Figure 4.3	Plan d'aménagement actuel dans la commune de l'Ariana	E-F-35
Figure 4.4	Plan d'aménagement futur dans la commune de l'Ariana	E-F-36
Figure 4.5	Emplacement des zones dans la commune de l'Ariana	E-F-37
Figure 4.6	Le réseau de route à la commune de l'Ariana	E-F-38
Figure 6.1	Pente dans la zone de l'Ariana.....	E-F-39
Figure 6.2	Profondeur de l'eau souterraine dans la zone de l'Ariana	E-F-40
Figure 6.3	Courbe de la progression de l'habitat spontané dans la zone de l'Ariana (1975, 1980, 1985 et 1988-89)	E-F-41
Figure 6.4	Evolution de l'urbanisation et des contraintes naturelles	E-F-42

Figure 7.1	Subdivision du bassin de Sebkhet Ariana en sous bassins.....	E-F-43
Figure 7.2	Subdivision du bassin de Oued Ennkhilet en sous bassins	E-F-44
Figure 7.3	Distribution des débits dans le bassin de Sebkhet Ariana sans ouvrages d'écroulement.....	E-F-45
Figure 7.4	Distribution des débits dans le bassin de Oued Ennkhilet sans ouvrages d'écroulement.....	E-F-46
Figure 7.5	Distribution des débits dans le bassin de Oued Ennkhilet avec le barrage Aïn Snoussi (Conditions existantes) sans ouvrages d'écroulement	E-F-47
Figure 7.6	Capacité de transit existante de Oued Ennkhilet	E-F-48
Figure 7.7	Niveau d'eau pendant les crues, dans Oued Ennkhilet avec les ouvrages actuels.....	E-F-50
Figure 7.8	Zones présumées inondables dans les bassins de l'Oued Ennkhilet et le bassin de Chotrana	E-F-52
Figure 7.9	Ouvrages existants et proposés à Oued Ennkhilet.....	E-F-53
Figure 8.1	Sections types des travaux d'aménagement.....	E-F-54
Figure 8.2	Emplacement des bassins d'écroulement et des canaux de déviation dans le bassin de l'Oued Ennkhilet.....	E-F-56
Figure 8.3	Tronçons de l'Oued Ennkhilet.....	E-F-57
Figure 8.4	Schémas des variantes proposées à Oued Ennkhilet.....	E-F-58
Figure 8.5	Schémas des variantes proposées pour les canaux de déviations.....	E-F-59
Figure 8.6	Schémas des variantes proposées des bassins d'écroulement dans le bassin versant supérieur.....	E-F-60
Figure 8.7	Schémas des variantes proposées des bassins d'écroulement dans le bassin versant inférieur.....	E-F-61
Figure 8.8	Distribution des débits pour la variante adoptée	E-F-62
Figure 8.9	Emplacement des aménagements de la première étape.....	E-F-63
Figure 8.10	Emplacement des aménagements de la seconde étape.....	E-F-64
Figure 9.1	Tracé en plan de la variante d'aménagement de l'Oued Ennkhilet....	E-F-65
Figure 9.2	Profil en long de l'Oued Ennkhilet.....	E-F-74
Figure 9.3	Profil en travers types des travaux d'aménagement.....	E-F-77
Figure 9.4	Plan du bassin d'écroulement - A.....	E-F-81
Figure 9.5	Plan du bassin d'écroulement - G.....	E-F-82
Figure 9.6	Plan du bassin d'écroulement - I.....	E-F-83
Figure 9.7	Plan du bassin d'écroulement - J1	E-F-84
Figure 9.8	Calcul hydraulique des bassins d'écroulement	E-F-85
Figure 9.9	Calcul hydraulique des bassins d'écroulement (2ème étape)	E-F-86
Figure 9.10	Dimension du nouveau pont à Oued Ennkhilet	E-F-87
Figure 9.11	Resultats des Calculs des Crues dans Sebkhet Ariana.....	E-F-88
Figure 10.1	Zones présumées inondables dans les bassins de Oued Ennkhilet et Chotrana.....	E-F-89
Figure 12.1	Planning de la réalisation.....	E-F-90
Figure 12.2	Organisation de la réalisation	E-F-91
Figure 12.3	Planning des travaux, première étape.....	E-F-92

CHAPITRE 1 CADRE SOCIO-ECONOMIQUE

1.1 Introduction

La base de données socio-économiques au niveau du Gouvernorat se présente dans le Plan Directeur (Première Partie), Chapitre 1.

L'Oued Ennkhilet se situe dans la Délégation de l'Ariana Nord, qui abrite environ le tiers de la population du Gouvernorat. L'impact des crues potentielles se fera sentir dans les zones localisées dans les Communes de Raoued, Borj Louzir et Soukra / Choutrana, qui prétendent être les zones principales d'expansion urbaine pour l'Ariana Ville. Les données spécifiques relatives à la Zone de l'Etude sont présentées ci-dessous dans l'évaluation des dégâts (voir le Chapitre 10).

Une analyse des aspects socio-économiques généraux met en lumière les tendances suivantes:

*L'Ariana est un centre important industriel, commercial et administratif.

*L'Ariana a été retenue dans le Plan Directeur Urbain comme une zone d'expansion pour le Grand Tunis. Les surfaces bâties se sont développées rapidement ces dernières années à un taux annuel de 6,4%, (de 70.200 bâtiments en 1984 à 94.900 en 1989). Selon les mouvements migratoires, l'Ariana a attiré le plus grand nombre des immigrés dans le District de Tunis, à savoir 53.500 entre 1984 et 1989.

*Le développement urbain incontrôlé a engendré une prolifération de la construction anarchique.

*Les zones de la construction anarchique sont mal desservies par l'infrastructure et des équipements sociaux.

1.2 La Population

La population s'est accrue rapidement ces dernières années, accusant un taux de croissance de 5,9% entre 1984 et 1991. La part de l'Ariana dans la population totale du District de Tunis était 31% en 1991, et selon les prévisions atteindra 34% par l'an 1996.

Cependant, on s'attend à un ralentissement du taux de croissance , (actuellement estimé à 6,45%) jusqu'à 3,3% entre 2006 et 2011.(Projection faite par l'ONAS pour la zone de l'Ariana Nord - zone qui comprend la ville de l'Ariana et les zones d'expansion vers le Nord). Il a été estimé que la population atteindra 358.000 à l'an 2020.

La densité de la population a été estimée à 85 personnes à l'hectare en 1990, et elle est prévue à 140 personnes en 2020. La taille moyenne d'un ménage a été estimée à 5,2 personnes dans le milieu urbain, et 5,9 personnes dans le milieu rural.

A l'Ariana Nord, les zones urbaines bâties se sont accrues de 23 ha. en 1975 à 500 ha. en 1990. Cette croissance rapide et le manque du contrôle des constructions a engendré la prolifération des habitations spontanées, qui actuellement abritent un tiers de la population et couvrent à peu près 50% des zones rurales. Il est à noter que dans certaines zones, les constructions anarchiques représentent presque 65% des terrains.

La croissance de la population a entraîné des changements fondamentaux dans l'occupation des sols dans les zones affectées par les inondations. A présent, il est estimé que les zones résidentielles comptent un tiers des aires directement affectées par les crues de l'oued Enkhilet; On s'attend que d'ici l'an 2020, ces zones représenteront environ 90% des aires.

1.3 Infrastructure

Deux routes principales se sont situées dans la Zone de l'Etude, à savoir le GP8 et la RVE533. La dernière sera particulièrement affectée par les inondations. Le GP8 est une route principale pour la ville de Tunis, avec un flux de la circulation de 25.000 véhicules par jour.

La station d'épuration de l'ONAS se situe dans la zone affectée par les inondations; l'ONAS a développé les plans pour améliorer le réseau dans ces zones.

1.4 Les Activités Economiques

1.4.1 L'Industrie

Les crues auront un impact direct sur les industries localisées dans la zone; on s'attend aussi à des impacts indirects sur les activités économiques qui engendrent des inconvénients pour la population résidentielle, et pour ceux qui font la navette pour travailler dans d'autres régions de Tunis.

Les activités économiques dans le Gouvernorat de l'Ariana se concentrent pour la plupart dans les secteurs commerciaux et des services, qui emploient 47% des employés, et d'un secteur industriel important employant 35,8% du total. Cette situation se reflète dans les zones affectées par les inondations. Pour ce qui concerne le secteur industriel, il est à noter que la Zone Industrielle de Charguia se situe dans la Commune de l'Ariana. Le Tableau 1.1 montre la structure des activités industrielles dans la Délégation de l'Ariana. Il s'avère à partir de ce Tableau que le secteur de textile et de cuir est le plus répandu.

1.4.2 Agriculture

Les cultures dans les zones affectées comprennent les cultures d'hiver, les cultures maraîchères, les céréales, le coton, la nourriture pour le bétail, et les cultures racines. Pourtant, il est à noter que la part du secteur de l'Agriculture sur les activités économiques s'est rétrécie, en particulier dans les zones de Choutrana et de Raoued, où la perte des terrains est due à l'urbanisation, d'une part, et à la croissance de la salinité du sol causée par la haussement des aquifères et par un drainage insuffisant et peu efficace. Comme il a été noté dans le Chapitre 10, on s'attend à une disparition presque totale des activités agricoles dans les zones affectées par les inondations à l'avenir.

CHAPITRE 2 TOPOGRAPHIE ET GEOLOGIE

2.1 Généralités

L'étude du Plan Directeur pour sept oueds dans le Grand Tunis a été réalisée durant la période allant de fin février à fin août 1993 (phase 1 et 2). Cette étude a été réalisée sur site à Tunis et aussi à Tokyo au Japon. Le cas de l'oued Ennkhilet a été recommandé pour faire l'objet de l'étude de faisabilité constituant la phase 3 des travaux qui a lieu sur site pendant la période allant de fin septembre 1993 au début février 1994.

Pour l'oued Ennkhilet, les mesures de protection suivantes sont projetées:

- bassins 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.

Une campagne géotechnique a été exécutée afin de tester les sols nécessaires pour les remblais des bassins d'écrêtement des digues ainsi que les conditions des fondations au niveau des sites des barrages. L'emplacement des endroits prospectés dans le bassin de l'oued ENNKHILET est montré sur la figure 2.1.

2.2 Topographie et géologie

La topographie du bassin est nettement divisée en deux. Une partie à relief à pente moyenne 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 sol résultant de leur désagrégation qui date de l'ère du Crustacé au néocène. Une partie de ces reliefs est actuellement exploitée comme carrière de sable et de gravier utilisable pour la construction dans la zone du Grand Tunis. 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.

2.3 Travaux de reconnaissance

Une reconnaissance de site a été réalisée sur la totalité du bassin. Deux forages TR1 et TR3 dans des sites de fondation de barrages, trois forages TR1, TR2 et TR4 dans des sites de matériaux pour corps de barrages et trois forages TL1, TL2 et TL3 dans des

sites de matériaux pour le remblai des endiguements ont été finalement sélectionnés. Les sites choisis sont montrés sur les figures 2.2 - 2.5. Les investigations géotechniques ont été confiées à une entreprise locale "Géotechnique Tunisie" et les travaux de terrains ont été exécutés par cette entreprise pendant les mois d'octobre et de novembre 1993 sous la supervision d'un expert de l'Equipe de l'Etude.

Dans chaque lieu de forage, trois carottages à 10 m de profondeur ont été réalisés. Un essai de pénétration standard à chaque mètre de profondeur et un test de perméabilité in-situ à chaque 5 mètres de profondeur ont été exécutés dans les couches du sol.

Dans six (6) sites pour matériaux de remblais, des échantillons remaniés ont été prélevés à une profondeur de trois mètres. Ces échantillons ont fait l'objet des essais suivants dans le laboratoire de l'entreprise:

- teneur en eau naturelle
- poids spécifique
- granulométrie
- limite de liquidité et de plasticité
- compacité
- perméabilité

Les résultats obtenus sont montrés sur les figures 2.6 - 2.11. L'essai de pénétration standard est aussi montré sur les figures du carnet de forage. Les résultats de l'essai de perméabilité in-situ sont montrés sur le tableau 2.1. Selon ces carnets de forages, le site du piédroit gauche du barrage proposé à TR1 (forage N° SC1) consiste en un dépôt en talus de sol argileux avec quelques roches ayant une valeur de N de 44 à 70. Le lit du cours d'eau (forage N° SC2) et la rive droite (forage N° SC3) consiste en un dépôt en talus jusqu'à une profondeur d'environ cinq (5) mètres et un lit rocheux de marne avec de fines fissures gréseuses. La valeur N du dépôt en talus varie entre 42 et 97. Le test de perméabilité in-situ a révélé des coefficients de perméabilité plus faibles que 2.10 cm/s. Le piédroit de la rive droite de TR3 (forage N° SC4) consiste en un dépôt argileux en talus avec quelques roches et du gravier. La valeur de N varie entre 44 et 89. Le lit du cours d'eau (forage N° SC5) est formé d'un dépôt argileux en talus de la surface du sol jusqu'à 3,5 m de profondeur, d'une couche de sol argileux résiduelle de 3,5 à 5,5 m de profondeur et d'un lit rocheux de calcaire et de grès. Les valeurs de N du talus et des couches de sol résiduelles varient de 42 à 83. La rive droite (forage N° SC6) consiste en une couche d'un dépôt argileux en talus de 1,5 m d'épaisseur et de sol argileux résiduel en dessous. La valeur N du dépôt en talus est 36 et les valeurs N de la

couche de sol résiduelle varient de 61 à 100. Les tests de perméabilité in-situ ont montrés des coefficients de perméabilité inférieurs à 5.10^{-7} cm/s.

Les stratifications des matériaux pour remblai dans 6 endroits (TR1,TR2,TR3,TL1,TL2 et TL3) sont montrés sur les figures 2.12 et 2.13. TR1 est formé de la couche de sol argileux jusqu'à 2,5 m de profondeur et de la couche de pierre avec de l'argile en dessous. TR3 est formé de la couche de sol argileux avec des graviers jusqu'à 2 m de profondeur et de la marne enterrée en dessous. TL1 est formé de sable moyen jusqu'à 0,9 m et de gros sable en dessous. TL2 est formé d'une couche de sol argileux. TL3 est formé d'une couche d'argile jusqu'à une profondeur de 2,4 m et d'une couche de sable moyen en dessous.

Les résultats des tests de laboratoire sur les sols et les roches sont montrés sur le tableau 2.2. Tous les sols de TR1, TR2 et TR3 sont classés CL selon la classification unifiée des sols de ASTM, celui de TL1 est classé SP, et ceux de TL2 et TL3 sont classés CH. Les teneurs en eau naturelles de TR1, TR2 et TR3 varient de 3 à 12 % ce qui est 6 à 10 % inférieur à leur teneur en eau optimale respective. celles de TL1, TL2 et TL3 varient de 17 à 26 % ce qui est 4 à 10 % supérieur à leur teneur en eau optimale respective. Les forces de compression ont été enregistrées à 72 bars (73,4 Kg/cm²) sur l'échantillon de forage N° SC3 et 228 bars (232,6 Kg/cm²) sur celui du forage SC6.

2.4 Interprétation des résultats des essais

1) Fondation des barrages

Les barrages prévus pour l'écrêtement des crues sont des barrages homogènes en terre. Le test de pénétration standard a donné des valeurs de N supérieures à 30 et le test de perméabilité in-situ a révélé des valeurs de la perméabilité très inférieures à 10^{-5} cm/s. Les autres sites non investigués sont estimés avoir des caractéristiques similaires à TR1 et TR2. Par conséquent, les couches de sol pour tous les barrages sont jugées avoir une portance et une imperméabilité suffisantes pour jouer le rôle de fondation.

2) Matériaux pour remblai

Les matériaux des sols autour du site du barrage proposé sont classés en CL avec une teneur en eau plus faible que la teneur en eau optimale. Par conséquent, ces matériaux sont jugés être acceptables pour le remblai du corps de barrage sans poser de problèmes particuliers à la condition de les arroser convenablement pour atteindre leur teneur en

eau optimale. Une pente du talus amont de $1(v)/2.5(h)$ et une pente du talus aval de $1(v)/2(h)$ sont recommandées pour le barrage en terre de 10 m de hauteur.

Les matériaux pour remblai sont disponibles autour des endiguements proposés à l'exception du sable dans les tronçons de l'extrémité aval quoi que leur qualité n'est pas très bonne et des traitement de séchage seront exigés. Le sable est classé SP et est jugé très affouillable. En conséquence, le remblai sablonneux pour les endiguements nécessitera un revêtement argileux. Une pente de $1(v)/2(h)$ est recommandée pour les deux talus des digues.

CHAPITRE 3 HYDROLOGIE

3.1 Analyse des ruissellements

3.1.1 Méthodologie

En général, c'est la même méthode pour l'étude du Plan Directeur qui est choisie pour l'étude de faisabilité sur le bassin de Oued Enkhilet et Sebket Ariana. La méthode rationnelle est utilisée pour la détermination du débit de ruissellement de base vue l'échelle du bassin et la disponibilité de données hydrologiques. Les hypothèses pour l'application de la formule rationnelle sont décrites ci dessous.

(1) Coefficient de ruissellement

La détermination du coefficient de ruissellement dans le bassin de Oued Enkhilet et Sebket Ariana est réalisée en tenant compte du plan d'aménagement futur de l'occupation du sol. Les coefficients de ruissellement suivants sont déterminés pour divers modes d'occupation du sol en considérant l'étude du Plan Directeur, les normes suivies au Japon et aux USA, les cartes topographiques disponibles et les plans d'aménagement actuel et futur.

<u>type d'occupation du sol</u>	<u>Condition d'occupation du sol (actuelle)</u>	<u>Condition future d'occupation du sol</u>
Centre urbain, commercial		
zone résidentielle à haute densité	0,6	0,8
zone résidentielle à faible densité	0,5	0,6
zone industrielle	0,6	0,6
terre agricole, espaces ouverts	0,2	0,2
Plans d'eau	1,0	1,0

(2) Temps de concentration

Le temps de concentration est défini comme étant la somme du temps d'entrée et du temps d'écoulement. Le temps que mettent les écoulements de surface (en fait, il s'agit d'écoulements de surface et/ou dans des cours d'eau non définis) dans la partie la plus haute du bassin pour atteindre les branches du réseau, constitue le temps d'entrée et est calculé d'après la formule de Kirpich. Le temps d'écoulement est calculé d'après la

vitesse moyenne de l'eau dans les canaux qui est évaluée en tenant compte des conditions des canaux, des pentes des lits, de la capacité de transit, etc.

(3) Intensité de pluie

L'intensité moyenne de la pluie pour un temps de concentration donné est obtenue d'après les courbes IDF (Intensité-Durée-Fréquence) qui ont été établies par "l'institut National de la météo" et qui sont basées sur les enregistrements de pluie de 21 ans (de 1970 à 1990) à la station de Tunis Carthage. Les conditions de base pour l'application de la formule rationnelle sont résumées dans le tableau 3.1. D'autre part, la méthode de l'hydrogramme unitaire avec le débit de pointe estimé d'après la formule rationnelle, est utilisée pour développer les hydrogrammes des ruissellements pour les ouvrages de stockage futurs. Elle est aussi utilisée pour l'évaluation des effets des aménagements de protection ainsi que des dégâts d'inondation. Dans cette méthode, un coefficient de ruissellement est défini comme étant le rapport entre les ruissellements et la pluie sur une période de temps donnée et les mêmes valeurs ci dessus mentionnées sont adoptées pour les coefficients de ruissellement.

3.1.2 Modèle de simulation des ruissellements

(1) Bassin versant

Le bassin versant de Sebket Ariana a une surface de 117,53 km² et englobe le bassin de oued Enkhilet, celui de canal Chotrana, les bassins de 10 autres cours d'eau (bassins N° 61 à 70) et la Sebket Ariana elle même (bassin N° 80). Le bassin de oued Enkhilet a une surface de 17,12 km² et ce bassin a été divisé en 40 sous bassins (bassins de 1 à 40). Le bassin de canal Chotrana a une surface de 9,43 km² et ce bassin est aussi divisé en 4 sous bassins (bassins N° 51 à 54).

(2) Occupation du sol

Les conditions actuelles et futures d'occupation du sol selon les informations les plus récentes sont revues pour chaque bassin et sous bassin. Chaque surface est alors classifiée selon ses caractéristiques hydrologiques parmi 5 zones. Le coefficient de ruissellement pondéré pour la formule rationnelle sous les conditions actuelles et futures d'occupation du sol est calculé pour les bassins et les sous bassins de chaque cours d'eau.

Les surfaces drainées et leurs coefficients de ruissellement pondérés pour chaque bassin et sous bassin sont montrés sur le tableau 3.2.

(3) Modélisation du réseau

Le but de la modélisation du réseau est l'analyse des ruissellements en tenant compte du réseau actuel et des variantes d'aménagement. Les points de calcul sont aussi déterminés dans les points d'intérêt dans le réseau. Le réseau et les points de calcul pour le bassin de oued Enkhilet et Sebket Ariana sont montrés sur la figure 3.1.

3.1.3 Analyse des pluies

(1) périodes de retour

Les hypothèses suivantes ont été adoptées pour la pluie de projet

- Période de retour des ruissellements de base: 100 ans.
- Période de retour pour la première phase de développement: 10 ans.
- Evaluation des dégâts des inondations: 1,05; 2; 5; 10; 25; 50 et 100 ans.

(2) Hyétoqramme de la pluie de projet

La pluie de projet est utilisée pour obtenir les hydrogrammes des ruissellements par la méthode de l'hydrogramme unitaire avec le débit de pointe de la formule rationnelle.

La méthode des blocs alternés est appliquée pour l'hyétoqramme de la pluie de projet qui est développée comme la distribution centrale de la densité à partir des courbes IDF une durée pour un intervalle de temps égal au temps de la concentration.

(3) Durée de la pluie de projet

La durée adoptée pour la pluie de projet est 24 heures. Ce choix est basé sur la durée nécessaire pour les ouvrages de stockage en considérant le temps de concentration le plus long dans le bassin.

3.1.4 Analyse des ruissellements

(1) Débit de base des ruissellements

Le débit de base des ruissellements des crues pour les périodes de retour de 1,05; 2; 5; 10; 25; 50 et 100 ans et sous les conditions actuelles et futures d'occupation du sol, est

calculé pour le cas sans aucun aménagement pour le contrôle des crues. Les résultats des calculs des débits de base au niveau de chaque point de calcul sont montrés sur les tableaux 3.3 et 3.4 respectivement. La distribution des débits de base est alors déterminée sur la base de ces résultats de calcul. Les hydrogrammes des ruissellements de chaque sous bassin sont aussi calculés par la méthode de l'hydrogramme unitaire avec le débit de pointe de la méthode rationnelle. La figure 3.2 montre le même exemple de résultats de l'hydrogramme synthétique calculé en un point de calcul donné.

(2) Les aménagements existants

Le barrage Ain Snoussi est un ouvrage existant dans le bassin de Oued Enkhilet et l'effet d'écrêtement de ce barrage est évalué par le modèle de simulation des ruissellements. Les résultats des calculs avec les conditions existantes des aménagements sont montrés sur le tableau 3.5.

L'hydrogramme des ruissellements produits par chaque sous bassin au niveau des points de calcul sous les conditions existantes des aménagements sont aussi calculés par la méthode de l'hydrogramme unitaire avec le débit de pointe de la méthode rationnelle. La figure 3.3 montre le même exemple de résultats de l'hydrogramme synthétique calculé en un point de calcul donné. Ces hydrogrammes sont utilisés pour le dimensionnement des ouvrages de stockage et l'évaluation des aménagements pour la protection contre les inondations.

(3) Etude de variantes

Les plans de déviation suivants ainsi que des combinaisons de ces plans sont examinés pour l'étude de variantes. Les débits de ruissellement pour chaque variante sont calculés en fonction de la modélisation du réseau.

- Plan de déviation 3
- Plan de déviation 4
- Plan de déviation 5
- Combinaison des plans de déviation 1 et 3
- Combinaison des plans de déviation 2 et 3
- Combinaison des plans de déviation 3 et 4
- Combinaison des plans de déviation 3 et 5
- Combinaison des plans de déviation 3, 4 et 5

Les modélisations du réseau pour les plans de déviation listés ci-dessus sont montrées sur les figures 3.4 à 3.11 et les résultats des calculs du débit de ruissellement de pointe correspondants dans chaque point critique de calcul sur chaque plan de dérivation sont résumés dans le tableau 3.6 à 3.13.

Les hydrogrammes des ruissellements de chaque sous bassin sont aussi calculés par la méthode de l'hydrogramme unitaire avec le débit de pointe de la méthode rationnelle. Ces hydrogrammes sont utilisés pour l'évaluation du stockage dans chaque plan de dérivation.

3.2 Investigation des matériaux des lits des cours d'eau

3.2.1 Généralités

L'investigation sur les matériaux des lits des cours d'eau dans le bassin de l'oued Enkhilet a été entreprise dans le but de clarifier les caractéristiques des matériaux des lits d'oued dans le bassin. Des échantillons de ces matériaux ont été prélevés en 6 endroits du bassin de l'oued Enkhilet ainsi que le montre la figure 3.12.

3.2.2 Matériaux des lits des cours d'eau

Le poids spécifique de chaque échantillon est d'environ 2,68 et la dimension des grains d50 (dimension des graines dont le pourcentage dépasse 50%) varie entre 0,002 mm à 0,02 mm. Les résultats de cette investigation sur les matériaux sont résumés ci dessous et les résultats du test de granulométrie sont montrés sur la figure 3.13 pour chaque échantillon.

Echantillon	Poids spécifique (g/cm ³)	d 50 (mm)
T1 (+ 0,3 km)	2,66	0,0220
T2 (+ 2,9 km)	2,68	0,0080
T3 (+ 2,1 km)	2,68	0,0060
T4 (+ 4,9 km)	2,68	0,0070
T5 (+ 5,3 km)	2,68	0,0016
T6 (+ 6,2 km)	2,67	0,0026

CHAPITRE 4 PLAN D'AMENAGEMENT

4.1 Introduction

Ce chapitre du rapport de l'étude de faisabilité se concentre sur les plans d'aménagements actuel et futur dans la zone d'étude qui s'étend sur la Commune de l'Ariana où se situe Sebkhet Ariana et sur la Commune de la Marsa du gouvernorat de Tunis. Dans les conditions actuelles de l'occupation du sol, plusieurs phénomènes sont observés dans ces zones tels que la prédominance de l'habitat spontané et l'extension de l'urbanisation sur les terrains agricoles et dans les zones inondables. Beaucoup d'habitants ont souffert des dégâts à la suite des inondations vu que leurs maisons ont été construites illégalement (habitat spontané) à l'intérieure de zones inondables ou sur des terrains agricoles. La zone d'étude délimitée s'étend sur deux gouvernorats ayant des réglementations différentes de zoning. La présentation des plans d'aménagement a été donc faite pour la Commune de l'Ariana et la Commune de la Marsa respectivement. Le présent chapitre a pour but d'étudier les plans d'aménagement actuels et futurs avec comme année cible l'an 2000 pour le court terme et l'an 2020 pour le long terme.

4.2 Commune de l'Ariana

4.2.1 Généralités

Le gouvernorat de l'Ariana comprend deux délégations : Ariana, Ariana Nord, Sidi Thabet, Ettathamen, Manouba, Mornaguia, Tébourba et Kalaat El Andalous. La zone d'étude s'étend sur deux délégations qui incluent Ariana et Ariana Nord (référé ci-après par la Commune de l'Ariana). Afin de contrôler son aménagement, la Commune de l'Ariana est divisée en 6 zones ainsi que le montre la figure 4.1. L'ensemble des localités de la zone sont montrés sur la figure 4.5.

4.2.2 Le Site

L'ensemble de la zone d'étude occupe une surface totale de 117,5 km². Sa délimitation a été faite selon le contour naturel des bassins versants. Néanmoins, la zone chevauche entre les secteurs administratifs des délégations de l'Ariana et de l'Ariana Nord. Du fait que l'urbanisation est plutôt sujette à des délimitations administratives, l'étude des plans d'aménagement est conduite en terme du contexte régional qui ne se confond pas tout à fait avec les limites du bassin versant.

4.2.3 Evolution de l'Urbanisation

La Commune de l'Ariana a été une petite agglomération, composée du centre de l'Ariana et d'El Menzah jusqu'à 1975. La communauté a doublée en 1980 et sa surface est actuellement multipliée par 5 comme l'illustre la figure 4.2. En 1980, la surface de l'Ariana s'est étendue par la création de l'Ariana supérieure et de la cité Ettaamir en direction du sud ouest. El Menzah s'est transformé en une zone résidentielle mixte à haute densité. En même temps, l'Ariana Nord a témoigné du phénomène nouveau de l'urbanisation non planifiée par l'apparition de l'habitat spontané. De 1980 à 1985, la Commune s'est développée selon le plan d'aménagement approuvé en 1981 par le gouvernorat de l'Ariana, qui a défini les zones non urbanisables dans la Commune. Comme l'urbanisation dans le sud a été saturée, l'extension urbaine de la Commune de l'Ariana s'est produite vers le nord, et sous forme anarchique. La surface de la zone urbanisée dans la Commune de l'Ariana a atteint 5 fois celle de 1985 à 1989. La moitié de l'extension s'est produite sur des zones non prévues par le plan d'aménagement de 1981. En parallèle avec cette extension, des problèmes sont observés. L'obstacle majeur est constitué par les zones inondables entourant Sebkheth Ariana.

4.2.4 Plan d'Aménagement Actuel

Afin de comprendre la distribution de l'occupation actuelle du sol, la Commune est classifiée en plusieurs zones. Dans le plan d'aménagement actuel de la Commune de l'Ariana, l'occupation du sol dans la zone d'étude est composée de zones résidentielles, commerciales, administratives/institutionnelles, industrielles, agricoles, zones vertes, espaces ouverts et la Sebkheth Ariana ainsi que le montrent la figure 4.3 et le tableau 4.1.

Sebkheth Ariana et les zones qui l'entourent

Sebkheth Ariana est située dans la partie élevée de la zone d'étude qui couvre approximativement 36 km². Comme cette Sebkheth présente un manque au niveau de la communication avec la mer Méditerranée, elle cause des inondations dans les zones qui l'entourent pendant la saison pluvieuse. Quand la Sebkheth est saturée, l'eau ne peut pas être déversée vers la mer au niveau de Gammarth.

Zone urbaine du centre de l'Ariana

La zone du centre de l'Ariana et des agglomérations d'El Menzah et de l'Ariana supérieure, constituent la zone urbanisée la plus importante, avec la plus forte densité dans le Grand Tunis. L'extension dans la Commune de l'Ariana a lieu sous diverses formes d'urbanisation .

Zone de Chotrana

La zone de Chotrana occupe environ 17,6 km² dont 3,0 km² sont exposés aux risques d'inondations. Parmi les 14,6 km² restants, 2,9 km² sont occupés par les groupements d'habitat autorisé de la Ghazala et de Borj Louzir. Le reste de la zone (11,7 km²) est divisé entre des activités agricoles (7,6 km²) et l'habitat spontané (4,0 km²).

Zone de la plaine de la Soukra

Cette zone s'étend de la GP8 et le long de la RVE-533 jusqu'à Sebkhet Ariana au nord et Gammarth au sud. La majorité de cette zone est composée de terres agricoles couvrant 9,0 km² (80 %) dans la zone de Soukra. La grande occupation des terrains par les groupements d'habitat spontané, sur au total 6 km², constitue l'un des problèmes les plus sérieux dans la Commune. Encore, cette zone entourée par Sebkhet Ariana est elle considérée comme zone inondable vu le réseau de drainage insuffisant et la faible capacité de transit de l'eau de Sebkhet Ariana vers la mer.

Zone de Raoued

Dans cette zone, 10,1 km² (33 %) de la surface sont occupé par des champs agricoles et 9 km² sont des espaces ouverts, sur une surface totale de 30,2 km². Cette zone est déjà occupé par des habitations spontanées installées sur les champs le long de la RVE536. Etant donnée que cette zone dispose de plus de terrain libre, l'extension urbaine va avoir lieu sous forme d'une nouvelle zone résidentielle.

4.2.5 Zones Inondables

Les zones inondables dans cette Commune forment des contraintes importantes pour l'urbanisation. Ceci est du aux écoulements souterrains peu profonds. De plus, la pente naturelle dans cette Commune est très faible, avec un réseau de drainage très modeste. Ce phénomène est aperçu le long de Oued Enkhilet et dans les zones agricoles basses de l'Ariana Nord et de la Soukra comme l'illustre la figure 4.7. Dans ce cadre, la zone souffre des problèmes d'inondations particulièrement pendant la saison pluvieuse vue la montée du niveau d'eau dans les parties les plus basses de la plaine agricole. En outre, la présence des habitations spontanées autour de Sebkhet Ariana est l'une des sources majeures des problèmes d'inondations. Selon des sources du MEH, les zones inondables sont indiquées comme suit :

- Autour de la station d'épuration de l'ONAS à Chotrana.
- Entre le canal ONAS vers Raoued et la RVE-533 jusqu'à le croisement avec la RVE-546.
- Au nord de la zone de Sebkhet Ariana.
- Tous les terrains bas au nord de Raoued le long du canal ONAS.

4.2.6 Problèmes à Résoudre

1. L'un des aspects qui se manifestent le plus dans cette zone, est l'habitat spontané. Ces zones d'habitat spontané ont été construites particulièrement dans des zones inondables entourant Sebkhet Ariana, ce qui aggrave non seulement l'existence des propriétés urbaines, mais aussi l'équilibre écologique de la Sebkhet et de ses zones environnantes.
2. Avec l'extension rapide de la nouvelle ville vers la partie Nord de l'Ariana, la Commune manque de routes suffisantes vers l'ancienne cité de l'Ariana.
3. Les zones agricoles de l'Ariana Nord et de Soukra manquent d'infrastructures de base et d'aménagements socio-collectifs suffisants. Aussi, ces zones sont-elles exposées aux inondations à cause des problèmes de l'insuffisance des systèmes de drainage et de la capacité limitée de l'évacuation vu la faible profondeur de la nappe.
4. Sebkhet Ariana présente un faible écoulement de l'eau vers la mer. Ceci est dû à l'insuffisance des ouvrages de l'évacuation et à la stagnation de l'eau. En plus, une saturation occasionnée par les eaux usées de la station d'épuration de l'ONAS est observée.
5. La distribution spatiale et la formation de l'édifice urbain dans cette Commune ne sont pas équilibrées. Comme exemple, l'ancienne cité du centre montre une haute densité et les habitations spontanées sont munies de structures très modestes.

4.2.7 Occupation Future du Sol

Le plan de l'occupation future du sol est illustré par la figure 4.4, selon le plan d'aménagement future développé par le MEH. En plus, le tableau 4.2 cite la proportion de l'occupation du sol dans la zone d'étude. Le tableau ci-dessous montre l'étendue des zones urbaines à développer pour subvenir aux besoins futures de la Commune. Sous les conditions futures de l'occupation du sol de la Commune de l'Ariana, la proportion de l'occupation du sol dans la zone d'étude comprend des zones résidentielles, commerciales, administratives/institutionnelles, de plaisance, agricoles, des zones vertes, des zones inondables et la Sebkhet Ariana.

	Résidentielle	Commerciale	Administrative/institutionnelle	De plaisance	Industrielle	Total
Raoued	2.7 km ²	0.05 km ²	0.25 km ²	1.3 km ²	-	4.3 km ²
Ariana Supérieure	1,3 km ²	-	0,2 km ²	2,5 km ²	-	4,0 km ²
Borj Louzir	3.0 km ²	0.05 km ²	0.2 km ²	0,15 km ²	-	3,4 km ²
Ariana médina	0,2 km ²	-	-	-	-	0,2 km ²
Soukra	0,4 km ²	-	-	0,2 km ²	0,1 km ²	0,5 km ²
La Marsa	2,5 km ²	-	0,1 km ²	0,8 km ²	0,45 km ²	3,85 km ²
Total	10,1 km ²	0,1 km ²	0,75 km ²	4,95 km ²	0,35 km ²	16,25 km ²

Source : calculé par l'équipe de l'étude

Zones urbanisées

Les zones urbanisées sont composées de diverses formes d'édifices urbains. Le développement a été entrepris différemment dans cette zone, que dans le centre de l'Ariana. Il s'en suit que des problèmes se sont posés avec l'urbanisation de ces nouvelles villes et des contre-mesures efficaces doivent être prises, à savoir :

- Le contrôle de l'extension de l'habitat spontané et la recherche de solutions pour les groupements d'habitat spontané existants.
- Permettre une liaison efficace pour le trafic entre la nouvelle ville et l'ancienne ville de l'Ariana.
- Assurer une distribution plus équilibrée des services publics dans la Commune.
- Mettre en oeuvre une infrastructure de base, surtout en ce qui concerne les réseaux de drainage et d'assainissement.
- Projeter des parcs publics dans la Commune pour améliorer la qualité de vie.

Zone de la Soukra

Cette zone sera destinée pour une urbanisation mixte avec des zones d'activités et des zones résidentielles par sa proximité au parc de plaisance de la Soukra. Cette zone sera du type mixte qui renfermera une habitation à densité moyenne et des industries non polluantes. La zone qui peut être urbanisée au nord du parc de plaisance, sera allouée à une habitation à faible densité. Les zones nord en liaison avec Sebket Ariana seront préservées comme zones agricoles.

Zones de l'Ariana Nord et de la plaine de Chotrana

La surface totale de 18,0 km² permet d'allouer une surface de 9,0 km² pour l'urbanisation future après l'élimination des zones inondables de 1,5 km², une surface de 4,0 km² pour les services publics, 3,0 km² pour les groupements d'habitat spontané existant et 3,5 km² pour les lots autorisés, ou qui seront autorisés, à "la Ghazala". Toutefois, cette zone nécessite une révision de l'étude sur la réorganisation spatiale et sur le réseau routier projeté afin de tenir compte de l'évolution de l'habitat spontané et d'intégrer la continuation de la route projetée X20 à travers la plaine de Soukra et Chotrana tel que le montre la figure 4.6.

Zone de Raoued

La zone est projetée comme étant un nouveau projet urbain. Elle va intégrer les constructions existantes, les zones entourant Sebkhet Ariana et les zones inondables. Cette zone renfermera :

- Des zones de construction à moyenne densité, pour des constructions individuelles et isolé-collectives.
- Des zones denses pour un habitat collectif en allant vers la mer.
- La zone entre la route touristique et la zone résidentielle est projetée comme centre commercial à Raoued au niveau du croisement avec la RVE-546.
- Une nouvelle zone résidentielle avec un habitat isolé sera créée le long de la mer.

4.2.8 Zones Inondables

Les constructions nouvelles seront interdites dans cette zone afin d'éviter les dégâts pour les propriétés urbaines. Les habitations et les bâtiments existant dans cette zone, seront maintenus mais les habitants ne pourront obtenir aucune autorisation pour des extensions. Comme contre mesure pour éliminer ces groupements spontanés, il est nécessaire de projeter un habitat public pour les occupants des habitations illégales. De plus, l'installation d'une nouvelle infrastructure pour la protection contre les inondations telle que bassins d'écrêtement, et systèmes d'irrigation et d'assainissement, est nécessaire pour minimiser les dégâts. Afin de réduire les dégâts des crues, plusieurs méthodes sont recommandées :

- Éviter le déversement des eaux usées de la station d'épuration de l'ONAS.
- Maintenir les drains au niveau des plaines agricoles.
- Renforcer les ouvrages de rejet de Sebkhet Ariana afin de permettre un meilleur déversement vers la mer.
- Améliorer le système de drainage et implanter des bassins d'écrêtements pour se protéger des dégâts possibles des crues.
- Arrêter la progression de l'habitat spontanée dans la zone.

- Maintenir les zones agricoles protégées à Chotrana pour promouvoir la fonction des structures hydrauliques telles que drains et canaux.

4.3 La Commune de la Marsa

4.3.1 Généralités

La Commune de la Marsa est unique en son genre dans la zone du Grand Tunis avec des points attractifs, un environnement naturel de haute qualité et des places historiques. La Commune de la Marsa est caractérisée par :

- Une modeste croissance de la population.
- Une perte d'espace par la faible densité
- Une bonne condition de l'habitat mais qui est accompagné par un développement de l'habitat spontané.
- De bons services socio-collectifs mais qui nécessitent une meilleure distribution spatiale et des améliorations.
- Une zone centrale ayant des caractéristiques locales ce qui n'est pas adapté au contexte régionale.
- Des tendances centrifuges de l'urbanisation sur les terrains agricoles.
- Un potentiel d'activité touristique qui pourrait offrir de nouvelles caractéristiques pour la Commune.

4.3.2 Développement de l'Urbanisation

La Commune de la Marsa montre une prédominance de l'habitat isolée sur de grands lots. Cette forme d'urbanisation, qui a prévalu pendant les 20 dernières années, a mené à une propagation extensive des édifices urbains illustrés par la figure 4.2. Ce développement non contrôlé a été à l'origine d'une dynamique centrifuge de l'urbanisation dans la Commune. Avec la saturation de la zone de front de mer, l'urbanisation a atteint la zone située entre Bou Selsla et RVE-550. Aussi, la zone entre la GP9 et la MC33 et la zone de Sidi Daoud sont-elles vouées à l'urbanisation. La pression de l'urbanisation existe aussi le long de la GP9, la GP10 et à l'ouest de la RVE-550 où se situe la cité Slama. En parallèle avec ceci, la zone de Harrouch, qui a été défini comme zone agricole selon le plan d'aménagement de 1981 est actuellement une zone de développement d'habitat spontané. La dynamique spatiale de l'urbanisation dans les alentours de la Commune, tels que les zones de Sidi Daoud, Bhar Lazrag et Gammarth, engendre des problèmes d'habitat spontané.

4.3.3 Le Site

La Commune de la Marsa est située dans la partie ouest de la zone d'étude qui occupe une surface de 25,1 km² comme le montre la figure 4.1. Le nord ouest du site est relié avec Sebkhet Ariana. La Marsa s'est développée vers le sud de la Commune sur les terrains plat entourés par deux collines.

4.3.4 Occupation Actuel du Sol

Pour une meilleure compréhension de la distribution de l'occupation actuelle du sol, la zone d'étude dans la Commune de la Marsa a été classifiée en plusieurs zones. Selon le plan d'aménagement actuel de la Marsa, la proportion de l'occupation du sol dans la zone d'étude comprend des zones résidentielles, commerciales, administratives/institutionnelles, industrielles, de plaisance, agricoles, d'espaces verts et d'espaces ouverts tel que le montrent la figure 4.3 et le tableau 4.1.

La zone résidentielle dans la Commune de la Marsa couvre environ 6,4 km². La caractéristique de cette zone résidentielle est la prédominance de l'habitat isolé sur des lots dont les surfaces varient de 500 à 1.000 m². Ce phénomène a engendré une occupation du sol non efficace avec une faible densité et une perte d'espace. En plus, l'habitat anarchique représente 21 % du secteur résidentiel. En 1988, la surface de l'habitat spontané a été estimée à 0,9 km² dans cette Commune.

La zone commerciale compte vers 0,2 km². Cette zone est principalement située dans le centre ville de la Marsa; les autres centres commerciaux locaux sont situés à Gammarth et Sidi Daoud. Toutefois, les structures de la zone ne correspondent pas à l'échelle de la Commune.

Les zones administratives et institutionnelles sont aussi situées dans la Commune de la Marsa couvrant une surface de 0,4 km². La zone administrative comprend offices municipaux, ambassades et palais d'accueil et se situe dans la zone centrale. Les zones institutionnelles consistent en des écoles, des collèges, des centres professionnels et des hôpitaux.

La zone industrielle de la Marsa couvre une surface d'environ 0,1 km² à l'entrée de la Commune le long de la GP9. Récemment, un plan de cohérence a été élaboré par le MEH et a pour but la création d'activités qui correspondent aux caractéristiques des zones résidentielles environnantes.

La zone de plaisance couvre une surface d'environ 0,5 km² et comprend des aménagements sportifs et des places touristiques.

La zone agricole comprend trois subdivisions dans la plaine de Soukra, Gammarth et Sidi Daoud, couvrant une surface d'environ 8,1 km². La zone située entre la RVE-550 et la GP-9 et la zone au sud de Bou Selsla ont été réservés pour la culture des légumes. Sur les reliefs de Gammarth, se développe une arboriculture tandis que la plaine de Sidi Daoud produit essentiellement des céréales.

A la Marsa, des espaces verts occupent une surface de 4,5 km². La plus part des zones vertes sont situées dans les forêts naturelles de Gammarth et de Harrouch.

4.3.5 Problèmes à résoudre

1. La Commune comprend aussi des habitations spontanés dans les alentours de la Commune. La proportion de ces habitations anarchiques dans la Marsa est de 21 % avec une surface totale de 0,7 km² en 1988. En plus, la plupart de ces groupement spontanés sont localisés dans la zone agricole de Harrouch, Gammarth, Bhar Lazrag et Sidi Daoud près de la GP9.

2. La population de la Marsa augmente d'un millier de personnes par année. Ceci engendre approximativement 200 maisons sur la base qu'un foyer comprend 5 membres de famille. Néanmoins l'espace annuel consommé est d'environ 20 ha avec une densité moyenne d'une maison par ha. Même si cette disparité est différente des zones dans la Commune, ceci implique une perte d'espace.

3. L'un des phénomènes dans la Commune est l'extension de l'urbanisation sur les terrains agricoles. Comme illustration, les zones de Sidi Daoud surtout le long de la GP-9 et de la GP10 renferment beaucoup de nouvelles constructions. La zone de Bhar Lazrag est aussi lieu d'une invasion de l'urbanisation.

4. Les fonctions et les services assurés par les zones centrales sont d'un niveau local seulement et ce qui crée une saturation et beaucoup de congestion.

5. La large zone inondable autour de Sebkheth Ariana couvre toute la partie nord ouest de la Commune. D'ailleurs, puisque les zones construites sont situées dans les parties élevées du bassin versant, ceci cause une stagnation des eaux pluviales dans les zones plates situées vers l'aval et près de la GP-9.

4.3.6 Occupation Future du Sol

Comme la Commune de l'Ariana, l'extension urbaine non contrôlée sous forme d'habitat spontané est l'un des sérieux problèmes. Dans ce sens, le plan d'aménagement futur a été réalisé pour minimiser le développement de l'habitat anarchique et pour optimiser l'utilisation du sol en limitant l'urbanisation vers le sud jusqu'à la RVE-550. La figure 4.4 illustre le développement du plan d'aménagement futur. En plus, le tableau 4.2 montre les proportions de l'occupation du sol dans la zone d'étude.

Malgré les nombreuses attractions dans la Commune, la zone centrale reste à un niveau local comparé au développement de l'extension de la Commune. Par conséquent, il est nécessaire de projeter le redéveloppement de la zone centrale dans le contexte de la région.

Concernant les zones résidentielles, il est impératif d'optimiser l'utilisation du sol par l'urbanisation en réarrangeant et en réduisant la surface des lots jusqu'à 400 m² pour une division équilibrée des terrains. La densité moyenne sera de 18 à 20 maisons/ha afin de réduire les pertes d'espaces et de construire le plus possible d'infrastructures. En plus, le programme de l'opération du logement sociale est proposé par le PDU sur une surface de 0,3 km² à Harrouch. La réalisation de ce projet va réduire les tendances centrifuge de l'urbanisation résultant de l'habitat spontané.

La zone de plaisance occupe une surface de 1,3 km² comprenant des aménagement sportifs, des parcs verts urbains et des places touristiques. Dans cette zone un parc urbain sera créé sur une surface de 0,2 km² dans la zone verte de Gammarth. L'autre zone de plaisance comprend des aménagements sportifs et couvre une surface de 0,3 km² près de Sidi Daoud le long de la GP-9. En plus, les zones touristiques comprennent trois secteurs sur une surface de 0,8 km² qui sont Gammarth, Chott El Ghaba et Chott Errih, situées le long de la plage. Le programme de développement de la zone touristique est proposé sur une zone de 5,3 km² pour les 15 prochaines années.

La zone agricole majeure est située au sud de la RVE-550. Néanmoins la prédominance agricole dans ces zones est menacée par la pression de l'urbanisation. Dans ce sens il est nécessaire de contrôler et préserver ces zones afin de pouvoir subvenir aux demandes de la Commune pour l'urbanisation à long terme.

La zone verte comprend des espaces verts naturels et d'autres aménagés. Les zones naturelles sont composées essentiellement par les forêts de Gammarth. La zone verte aménagée contient des parcs urbains de plaisance le long de la GP-9.

L'urbanisation s'est développée essentiellement dans les zones de Bhar Lazrag et Harrouch qui sont situées entre la zone de Gammarth et la RVE-550. Cette extension non planifiée vers les zones agricoles mène à une mauvaise gestion du sol et des coûts supplémentaires pour l'infrastructure. Afin d'optimiser et de rationaliser l'occupation du sol, l'urbanisation doit être limitée à la partie sud vers la RVE-550.

4.4 Conclusion

Le développement de la Commune de l'Ariana présente des problèmes d'urbanisation. Ceci est dû essentiellement aux zones inondables et à l'habitat spontané. Le problème des logements spontanés est très lié aux dégâts d'inondations parce que la plupart des habitations spontanées sont créées sur des terrains agricoles ou sur des zones inondables. Afin de résoudre ces problèmes, les autorités doivent contrôler l'extension de l'habitat anarchique particulièrement dans les zones inondables et offrir un programme de logement social pour les habitants spontanés comme contre mesure pour éliminer les problèmes actuels. En plus, une distribution spatiale bien équilibrée des aménagements sociaux et de l'infrastructure de base doit être assurée en fonction de l'urbanisation afin de satisfaire les demandes des résidents.

CHAPITRE 5 DRAINAGE URBAIN

5.1 Généralités

Les systèmes de drainage dans la zone d'étude consistent en des réseaux de drainage des eaux pluviales et des réseaux d'eaux usées. Le but principal de l'étude est de vérifier si les rejets des eaux usées domestiques et industrielles constituent en fait des débits permanents dans le cours de l'Oued Enkhilet avant l'arrivée des crues. Si cet écoulement est minime, il sera ultérieurement négligé pour le calcul du débit de projet.

En examinant les données et les informations sur les réseaux d'assainissement et de drainage dans la zone du Grand Tunis, et à la suite de la reconnaissance de site et des interviews, il s'est avéré que l'inondation des routes urbaines a été toujours le problème le plus critique. Ce problème résulte du réseau modeste de drainage des eaux pluviales. D'autres parts, la plupart des eaux usées sont traitées dans les stations d'épuration et l'eau traitée est déversée directement dans la mer par un système de canaux. Une partie des eaux traitées est utilisée pour l'irrigation dans la partie nord de Sebkhet Ariana. Les eaux industrielles provenant de l'industrie légère dans la zone sont déversées dans les réseaux d'assainissement existants et dans les oueds proches sans subir de traitement, mais la quantité des rejets est très minime.

5.2 Réseau de Drainage Urbain

Données Collectées:

En plus des données et des informations collectées par la mission du Champ de travail sur le réseau de drainage urbain, l'Equipe de l'Etude de la JICA a essayé de collecter des données et des informations supplémentaires de diverses sources. Il s'est avéré que les études et les travaux de construction des réseaux de drainage et d'assainissement dans le bassin de l'Oued Enkhilet ont été essentiellement réalisés dans le cadre des projets entrepris dans le Grand Tunis par l'ONAS (Office National de l'Assainissement) qui, auparavant, était un département du MEH. Il existe un grand nombre de données et d'informations relatifs aux réseaux des eaux pluviales et des eaux qui ont été publiées dans le passé. Cependant, les données collectées durant les phases 1 et 2 sur site sont plutôt anciennes. L'Equipe de l'Etude de la JICA a donc visité plusieurs fois les bureaux de l'ONAS à Tunis et a visité aussi un bureau d'études local qui est bien informé sur les projets actuels et futurs de l'ONAS. L'Equipe de l'Etude de la JICA a obtenu des informations générales sur ce projet, mais pas de données détaillées compilées sous forme de rapports ou de plans. Le MEH réalise aussi des

réseaux d'eau pluviale dans la zone d'étude. Les caractéristiques générales ainsi que plusieurs plans relatifs à de tels projets ont été collectés aussi.

Afin de saisir la relation entre l'alimentation en eau et le système de drainage urbain, des données concernant l'alimentation en eau ont été aussi collectées de la Société Nationale d'Exploitation et de Distribution des Eaux (SONEDE). L'alimentation en eau des zones urbaines et rurales dans la zone d'étude est assurée par la SONEDE depuis toujours. Une réalisation par étapes de réseaux d'alimentation en eau a été entreprise jusqu'à présent, et maintenant la SONEDE est entrain de réaliser le VIII Plan qui s'étend sur cinq années, de 1992 à 1996. Les données qui montrent le programme de réhabilitation et d'extension à l'échelle nationale prévu dans ce VIII Plan, ont été obtenues. Cependant, le programme par région n'était pas disponible.

Examen des données collectées :

Les données et les informations collectées pendant la phase I à la suite d'interviews avec le personnel concerné de l'ONAS, de la SONEDE, du MEH et de quelques bureaux d'études locaux ont été aussi examinées. Les réseaux d'eau pluviale et d'assainissement dans la zone d'étude ont été réalisés, contrôlés et réhabilités à la fois par le MEH et l'ONAS depuis toujours. La révision du Plan Directeur est faite tout les cinq ans par l'ONAS, et maintenant elle est dans sa cinquième étape. L'Equipe de l'Etude de la JICA a été informée que la révision du Plan Directeur et de l'Etude de Faisabilité sur les projets prioritaires qui couvrent l'ensemble de la zone du Grand Tunis est actuellement en cours de mise au point par l'ONAS, et les rapports finaux seront prêts vers la fin du mois de novembre 1993. L'Equipe de l'Etude a demandé à l'ONAS par l'intermédiaire du MEH de lui fournir les dernières données et informations de l'étude récente, mais finalement, elles n'ont pas été obtenues.

Concernant l'alimentation en eau potable dans la zone du Grand Tunis, les détails sur les ouvrages existants, la capacité d'approvisionnement, la population desservie, etc. ne sont pas disponibles. Les données obtenues de la SONEDE montrent seulement les caractéristiques de l'alimentation en eau à l'échelle nationale. Il a été jugé cependant, que la quantité des eaux potables n'affectera pas les problèmes d'inondations dans la zone.

reconnaitances du terrain et conclusions

Une reconnaissance de terrain a été faite afin de saisir la situation actuelle des réseaux de drainage et d'assainissement réalisés par l'ONAS et le MEH, par l'Equipe de l'Etude de la JICA et les membres de la contre partie du MEH pendant la troisième phase de l'étude. Les principales conclusion sont :

(1) Dans la zone d'étude la démarcation des projets de protection contre les inondations contrôlés par le MEH et les projets de réseaux de drainage réalisés par l'ONAS n'est pas clairement définie. Il se trouve que l'aménagement de Oued Enkhilet a été projeté et réalisé à la fois, par le MEH et l'ONAS, et la construction de dalots est actuellement en cours le long de la RVE-533 par le MEH.

(2) Dans la zone du Grand Tunis, il existe quatre stations d'épuration d'eau usée. Les eaux usées de la zone d'étude est principalement collectés par un réseau unitaire, mais quelques parties sont collectées par des réseaux séparatifs qui acheminent les eaux vers l'une des stations d'épuration de l'eau située au sud de Sebkheth Ariana. Le Ministère de l'Agriculture et quelques propriétaires privées sont en cours de réaliser des projets pour la réutilisation de l'eau usée traitée pour l'irrigation. La partie restante est déversée par un canal dans la mer Méditerranée au nord de Sebkheth Ariana. De ce point de vue, il est jugé que la quantité d'eau usée déversée dans Oued Enkhilet est minime.

(3) Puisque la plupart des réseaux de drainage des eaux pluviales consistent en des structures souterraines telles que conduites, dalots, regards, etc. , il est plutôt difficile de saisir la situation réelle sans se référer aux plans de détail de ces réseaux. Cependant, il a été observé en plusieurs places que les ouvrages d'entrée de ces réseaux sont bouchés par les déchets de la population locale. Les inondations ont lieu fréquemment vue les réseaux de drainage modestes.

(4) L'Equipe de l'Etude de la JICA a eu la chance de voir la situation réelle des réseaux de drainage dans la zone d'étude, quand une pluie d'environ 100 mm au total est tombée le 6 mai 1993. Il a été observé que plusieurs routes et terrains agricoles plats s'éparpillant le long des rives de Sebkheth Ariana ont été inondés de plusieurs centimètres a cause de l'insuffisance du réseau de drainage des eaux pluviales, même si la durée d'une telle inondation n'a pas été trop longue. Il a été aussi observé que plusieurs bassins de rétention existant le long du cours d'eau ont bien fonctionné pour amortir le débit de pointe des écoulements.

5.3 Conditions Actuelles sur Site

(1) Ouvrages et réseaux de drainage existants

L'inventaire des Ouvrages et réseaux de drainage existants opérés et maintenus par l'ONAS et le MEH n'a pas été fourni à l'Equipe de l'Etude de la JICA.

(2) Projet de développement du drainage urbain

Le MEH a informé que l'ONAS est maintenant en train de finaliser le projet de développement du drainage urbain par la revue du Troisième Projet de l'Assainissement et du Drainage du Grand Tunis. Il est prévu que les résultats finaux seront prêts dans un futur proche.

(3) Institution relative au drainage et à l'alimentation en eau

Les réseaux de drainage urbain dans la zone du Grand Tunis sont principalement contrôlés par l'ONAS et en partie par le MEH. D'autres parts, les réseaux d'alimentation en eau sont entièrement gérés par la SONEDE, un organisme gouvernemental autonome sous le MA. Il semble que chaque organisme gouvernemental ou autonome exécute ses projets sans coordination avec les autres.

5.4 Dimensionnement Préliminaire du Réseau de Drainage Urbain

Dans les zones urbanisées du bassin de Oued Enkhilet, il a été observé que des routes urbaines ont été inondées par les pluies à cause de l'insuffisance du réseau de drainage urbain. Ceci est dû essentiellement à l'insuffisance du drainage de surface. Afin de minimiser les dégâts sur ces routes urbaines, il est recommandé que ce réseau de drainage urbain soit projeté et exécuté par l'ONAS en collaboration avec le MEH. À cause de la limitation et de l'insuffisance des données et des informations, le dimensionnement préliminaire du réseau de drainage urbain dans la zone d'étude n'a pas été réalisé dans le cadre de l'étude de faisabilité.

CHAPITRE 6 EVALUATION DE L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL

6.1 Contexte

Un examen initial de l'environnement (IEE) a été réalisé dans le cadre de l'étude du Plan Directeur. Les détails sont énumérés dans le chapitre 6 du rapport du Plan Directeur (Partie I). Le présent chapitre présente une évaluation plus détaillée de l'impact environnemental (EIA) des mesures de protection contre les crues, proposées pour le projet prioritaire sélectionné. Le contenu de ce chapitre ajoute un supplément à l'IEE et fournit des informations plus détaillées sur certains aspects environnementaux, dans le bassin de l'Oued Enkhilet jugés être importants. La zone concernée par l'étude environnementale concerne non seulement les limites de Oued Enkhilet et Sebket Ariana, mais aussi les zones entourant la Sebket. En particulier, la zone de Raoued située au nord de la Sebket et la plaine de Soukra-Chotrana à l'ouest de celle-ci ont été incluses vue leur proximité de l'Oued Enkhilet et de Sebket Ariana.

6.2 Les conditions existantes

Le tableau 6.1 du rapport du Plan Directeur résume les conditions environnementales existantes dans Oued Enkhilet et Sebket Ariana et les zones qui les entourent en terme de développement économique général dans le bassin, des problèmes d'inondations et leurs causes, de problèmes environnementaux et de qualité de l'eau de l'Oued ou de la Sebket. En considérant les résultats du IEE et les problèmes environnementaux spécifiques au bassin, des informations plus détaillées concernant les aspects environnementaux relatifs aux problèmes d'inondations sont présentées ici.

6.2.1 Environnement physique

(a) Géographie et emplacement du site

La laine de l'Ariana couvre 12.000 ha et s'étend sur une longueur de 12 km et une largeur de 6 km. L'altitude moyenne est de 8 à 10 m mais celle-ci diminue progressivement en allant vers l'est (5 m à Enkhilet, 4 m à Borj Maala). Une grande partie de cette zone est occupée par la plaine de la Soukra située au fond d'une dépression. La Soukra est limitée à l'est par les collines de Carthage et Gammart, et à l'ouest par les reliefs du pliocène qui commencent du plateau du belvédère situé à 1,5 km au nord de l'Ariana dans la petite masse solide de Djebel Nahli dont le point culminant dépasse à peine 236 m. La limite méridienne est le lac de Tunis située à un niveau relativement bas formé par les zones semi-inondables de la Charguia et d'El

Aouina. Au nord, la plaine de la Soukra voit sa largeur se rétrécir jusqu'à 0,5 km entre les collines de l'ouest et Sebkheth Ariana, avant de rejoindre la vallée de la Medjerdah.

(b) Pente

La figure 6.1 présente la carte des pentes de la zone d'étude. Les quatre catégories suivantes ont été identifiées:

- (1) Zones à pente entre 5 et 10 % trouvées au niveau de Djebel Nahli.
- (2) Zones à pente entre 0,5 et 5 % situées à l'ouest dans la cité La Gazelle.
- (3) Zones à pente entre 0 et 0,5 % qui s'étendent sur une grande partie de la plaine Soukra-Chotrana.
- (4) Zones à pente nulle (0 %) situées à proximité de Sebkheth Ariana.

(c) Situation des eaux souterraines et difficultés de drainage

L'un des problèmes majeurs de la zone d'étude est celui du drainage et du niveau peu profond de la nappe. A cause de la position enfermée du bassin entre les collines de l'est et celles de l'ouest, l'eau souterraine est drainée difficilement vers Sebkheth Ariana et le lac de Tunis. De plus, le niveau de la nappe est très peu profond et pendant les saisons pluvieuses et dans de nombreuses zones de la partie basse de la plaine de la Soukra, il est difficile de distinguer entre le niveau supérieur de la nappe et le niveau bas des eaux de surface. Ceci est un grand handicap pour le développement de l'agriculture (culture maraîchère et grande culture) et pour le développement urbain. La figure 6.2 présente le niveau de la nappe dans la zone d'étude. On note l'existence des trois catégories suivantes:

- (1) Niveau < 10 m : cette zone se trouve à l'ouest de la route de Raoued. La qualité de l'eau est bonne pour l'irrigation.
- (2) Autour d'une large bande de 70 m, parallèlement à la route de Raoued, la profondeur de la couche est entre 5 et 7 m.
- (3) Dans le reste de la zone, la profondeur est inférieure à 5 m. Elle est inférieure à 2 m dans certains secteurs notamment au abords de la Sebkheth et dans les terrains qui l'entourent. L'eau souterraine trouvée à moins de 5 m de profondeur est typiquement douce en haut, et sale au fond. Elle peut être utilisée pour des plantes à racines peu profondes.

(d) Sebkheth Ariana

C'est une lagune couvrant une surface de 3100 ha dont le niveau est parfois plus faible que celui de la mer. La Sebkheth est alimentée par la pluie qui y tombe, par les eaux des

ruissellements issues des bassins qui l'entourent, par l'infiltration souterraine des eaux de mer et par les déversements des eaux usées du nord. Une discussion plus détaillée sur l'écosystème de Sebkheth Ariana et ses caractéristiques est présentée dans la section suivante.

6.2.2 Environnement Ecologique

Faune et flore terrestre: Sebkheth Sijoumi, Sebkheth Ariana et le lac de Tunis (y compris le lac nord et le lac sud) constituent des zones humides d'une importance locale et nationale et sont des sites populaires pour des oiseaux migrateurs hivernaux venant d'Europe ou du moyen orient. Les données sur: la faune et la flore dans chacune de ces zones humides, les types, les nombres et les habitudes des oiseaux hivernaux venant vers ces zones, l'écosystème répandu dans chacune de ces zones aussi bien que l'importance de ces zones pour les populations locales ont été collectés. Une organisation non gouvernementale nommée "Les amis des oiseaux" fondée en 1975 à Tunis a fourni de précieuses informations. Des discussions avec de nombreux membres de cette association aussi bien qu'avec plusieurs membres académiques de l'Université de Tunis ont été entreprises par l'équipe de l'étude de la JICA pour déterminer et évaluer l'importance de la flore et de la faune dans ces zones humides.

Etant donné que les trois zones humides sont très proches l'une de l'autre, des ornithologues locaux et des experts écologiques consultés, sont d'avis à considérer collectivement les trois zones lors de l'évaluation de leur faune et flore. En effet, des populations d'oiseaux hivernaux ont été observées se déplacer d'une zone à une autre.

Le tableau 6.1 présente des informations spécifiques sur divers aspects de chacune de ces zones humides qui aident pour faire comprendre la valeur écologique de ces zones humides à la communauté locale. Même si le statut légal de ces zones est encore non protégé, la chasse y est totalement interdite. Le nombre de populations d'oiseaux hivernaux change d'année en année et d'une zone à une autre. Des facteurs tels que la salinité de l'eau, la disponibilité d'aliments dans ces zones humides, le climat et de nombreux autres facteurs affectent leur préférence et leur choix. Par exemple, il a été reporté que pendant les dernières années, après le nettoyage du lac nord de Tunis par la construction du canal de l'ONAS, le nombre d'oiseaux hivernaux semble diminuer dans cette zone. Les oiseaux semblent préférer les eaux polluées du lac sud. Cela est peut être dû à ce que que l'environnement du lac nettoyé ne permet pas le développement adéquat de la micro faune et flore dans l'eau sur lesquelles les oiseaux se nourrissent. Le tableau 6.2 présente des données sur le type (espèce) et le nombre d'oiseaux observés dans ces trois zones humides du Grand Tunis pendant les cinq dernières années (1989 à 1993). Parmi les oiseaux hivernaux, on cite les échassiers, les flamants et les canards.

6.2.3 Environnement vital et humain

(a) Urbanisation

L'Ariana est caractérisée par trois phénomènes importants, notamment la dominance de l'habitat spontanée, l'utilisation de terres agricoles pour l'urbanisation et les dégâts importants sur l'environnement dans la plaine de Soukra et Sebkhet Ariana. Tout ceci a une relation étroite avec les problèmes d'inondations dans la zone d'étude. Ces trois problèmes nécessitent une résolution qui tient compte des besoins à la fois à court et à long terme de toute la population de la commune. De 1975 à 1985, l'habitat spontané a atteint 53 % dans la commune de l'Ariana. La figure 6.3 montre l'urbanisation de la commune de l'Ariana pendant les années 1975, 1980, 1985 et 1988-89. Le phénomène de l'urbanisation a lieu surtout sur des terrains agricoles et des espaces verts. Jusqu'à 1985, la plaine de la Soukra a utilisé plus que 5000 ha d'espace urbain gagné sur les terres agricoles. A Raoued et Soukra, 80 % des parcelles agricoles sont inférieures à 5 ha. Les parcelles inférieures à 2 hectares représentent 49 % de la surface totale. Cette structure des terres pose des problèmes de contrôle des terres et favorise la fragmentation des parcelles et l'augmentation des constructions spontanées.

La figure 6.4 montre les tendances de l'urbanisation et les contraintes naturelles. Plusieurs constructions spontanées ont été édifiées sur des terrains inondables autour de Sebkhet Ariana, ce qui est nuisible à l'équilibre écologique du lac et de ses environs aussi bien qu'au patrimoine urbain lui-même. L'urbanisation s'effectue de trois façons différentes:

- (1) Urbanisation planifiée conformément aux réglementations telle qu'au centre de l'Ariana, El Menzah etc.
- (2) Urbanisation non planifiée mais autorisée telle que celle de la Gazelle et Zitouna.
- (3) Une urbanisation spontanée telle que celle de Borj Louzir, Dar Fadhal et Chostrana etc..

Ces phénomènes se reproduisent en l'absence d'une politique agricole et périurbaine dans le district de Tunis malgré l'existence d'une carte de classification agricole établie en mars 1985. La figure 6.3 montre que la commune de l'Ariana s'étend par un phénomène de groupe. Les occupations du sol par l'urbanisation actuelle et future (année cible 2010) ont été présentées dans un chapitre précédent. La présente section concentre sur les impacts négatifs des habitats spontanés qui constituent plus de 50 % des habitats de la commune de l'Ariana. Ces impacts négatifs incluent:

- (1) impacts négatifs sur les apparences esthétiques des cités.
- (2) fonctionnement médiocre du système de voiries à cause du développement fortuit qui ne tient pas compte des flux de populations futurs ou du trafic des véhicules. Un système de route sous forme de labyrinthe s'est développé avec des accès difficiles

et les problèmes de service, de maintenance et d'aide dans les cas d'urgence ne cessent de s'accroître.

(3) Une utilisation substantielle des surfaces de sol. La densité dans les cités spontanées est moins que la moitié des cités planifiées.

(4) Coût élevé des infrastructures, particulièrement pour les réseaux d'assainissement. Le réseau actuel est désorganisé et l'établissement d'un réseau primaire se fera sur de longues distances.

(5) services municipaux limités. Dans la majorité des groupements d'habitats spontanés dans la plaine de Soukra-Chotrana à l'Ariana, les réseaux d'assainissement et de drainage sont absents. Les habitants utilisent simplement des fosses ou encore rejettent les eaux usées dans les rues. Oued Enkhilet reçoit une quantité importante d'eau usée des groupements d'habitats spontanés démunis de système d'assainissement. Ces groupements sont: un facteur important de pollution à l'Ariana causé par les rejets d'eau non traité.

(6) Dangers pour les populations tel que inondations, électrocution, empoisonnement par des rejets toxiques.

(b) Agriculture

Les terres de la plaine de Chotrana constituent un bon sol pour les cultures annuelles et maraîchères. Environ 80 % de la surface sont occupés par des cultures annuelles et le reste est utilisé pour divers arbres fruitiers. Toutefois, les potentiels agronomiques de la zone sont limités à cause des difficultés d'exploitation. Celles-ci sont dues à l'augmentation incessante des constructions spontanées d'une part, et d'autre part à la pente très faible des terrains qui engendre une accumulation et une stagnation prolongée des eaux de pluie provenant du Djebel Nahli. Les terres agricoles sont donc inondées par les eaux durant l'hiver et le printemps et leur exploitation devient très difficile sans drainage.

La plaine de la Soukra couvre plus de 1,286 ha avec une topographie inclinée vers la mer. Les sols sont sablonneux avec une très faible capacité de rétention et une structure bien aérée. La profondeur moyenne est autour de 2 m. Cette couche de sol repose sur un sol de calcium marron qui forme le support de la couche d'eau souterraine sale qui devient de moins en moins profonde en allant vers la Sebkhet Ariana et limite ainsi le développement agricole d'une façon significative. Malgré ces limitations, environ 1.146 ha sont utilisés pour les cultures, environ 100 ha pour le développement urbain, et les 40 ha restants sont des terres stériles. Une partie importante de la plaine est occupée par le périmètre irrigué de la Soukra. Environ 644 ha sont irrigués par les eaux usées traitées de la station Charguia et 255 ha sont irrigués par les eaux des puits de surface.

Le choix des cultures est limité à l'arboriculture qui ne présente pas de risques pour la santé.

(c) Problèmes créés par la construction et/ou l'absence des aménagements sociaux et des services municipaux

L'Office National d'Assainissement (ONAS) a construit deux stations de traitement des eaux usées, la station de la Charguia et celle de la Côtère Nord, en 1977 et une nouvelle station à Chotrana en 1986. La station de Chotrana traite 90.000 m³/j d'eau usée et est raccordée à la station de la Charguia par une conduite ϕ 2000 mm et à la station de la côtère Nord par un canal à ciel ouvert de 5 km de longueur. Tandis que l'ONAS insiste sur le fait que le canal est perméable, d'autres experts techniques affirment qu'il est imperméable et crée un obstacle à l'écoulement de l'eau de la plaine vers la Sebket Ariana. Ceci cause déjà un problème à cause de la pente naturelle et des conditions d'écoulement des eaux de la nappe. Les investigations sur site par les experts de l'équipe de l'étude de la JICA a confirmé ceci. De plus, très souvent, l'ONAS déverse des quantités d'eau usée non traitée ou partiellement traitée directement dans la Sebket. Ceci est dû au mauvais contrôle des eaux usées à l'intérieur de la station de Chotrana. Le retour de ces eaux non traitées de la Sebket vers la plaine va alimenter la nappe et causer une stagnation pendant de longues périodes et va ainsi mettre en danger les produits agricoles.

Une revue des données statistiques de la commune de l'Ariana indique que les zones de la Soukra et de Raoued restent désavantagées comparées avec le reste de la commune. Seulement environ 3 % des habitations sont connectées au réseau primaire d'assainissement. Il n'y a pas de réseau primaire d'assainissement à la Soukra et à Raoued. Aussi, plus que 50% des maisons à Raoued, n'ont pas de système de collecte des eaux usées ou même d'installations de traitement local telles que les fosses septiques. Toutefois, les eaux usées produites par les foyers sont déversées superficiellement en dehors des maisons, et causent ainsi de gros risques pour la santé particulièrement pendant les crues. A Raoued, plus que 30 % des foyers ne sont pas alimentés en eau potable tandis qu'à la Soukra, ce rapport est d'environ 22 %. Un nombre importants d'habitats spontanés à Raoued et à Soukra, n'ont pas aussi d'électricité. A l'Ariana Nord, la plus part des routes ne sont pas convenables pour la circulation à cause des problèmes d'inondations surtout autour de la Sebket.

6.3 Impacts sans le projet

Sans les mesures structurelles proposées pour la protection contre les inondations, les dégâts des crues continueront à causer des perturbations économiques considérables et

des épreuves sociales difficiles à la majorité de la population. Le Rapport du Plan Directeur ainsi qu'un chapitre précédent du présent rapport présentent une évaluation du coût des dégâts d'inondation qui sera infligé sans le projet. Une évaluation des dégâts pour la crue centennale a été établie. Les dégâts pour les années précédentes ont été évaluées sur la base des données prorata en fonction de l'étendue des surfaces inondées. La base pour les dégâts des crues sont les inondations qui ont lieu dans le passé, l'occupation actuelle du sol, l'occupation future du sol et d'autres facteurs socio-économiques. Les dégâts ont été évalués sur la base des aspects suivants:

- (1) Dégâts pour les maisons et les propriétés résidentielles.
- (2) Manque à gagner pour les employés des industriels et des résidents
- (3) Dégâts pour les usines
- (4) Dégâts pour les zones agricoles
- (5) Dégâts pour les routes
- (6) Retard du trafic
- (7) Augmentation du coût d'entretien des véhicules

Il ressort que les dégâts sur les propriétés et les manques à gagner résultant des retards dans le trafic constituent plus de 90 % des dégâts possibles sous les conditions actuelles et futures d'occupation du sol. Il faut rappeler encore une fois que la zone objet de l'évaluation des dégâts se limite au bassin de l'Oued Enkhilet. La large plaine de Soukra-Chotrana n'est pas incluse dans cette évaluation. La description faite pour les conditions existantes montrent que de sérieux problèmes d'inondations ainsi que des problèmes environnementaux existent dans cette zone. Les dégâts des inondations qui menacent cette large zone agricole protégée ainsi que les groupements d'habitats spontanés qui s'y trouvent seront très importants ainsi qu'il a été observé dans le passé. D'autres problèmes de risques d'apparition de maladies à la suite des crues sont aussi posés dans cette zone et dans la partie nord de l'Ariana près de Sebkhet Ariana où le drainage et l'assainissement sont absents.

6.4 Impacts avec projet

Le tableau 6.3 présente la matrice EIA pendant et après la période de construction.

6.4.1 Mesures structurelles proposées

Les différentes variantes pour la protection contre les inondations considérées dans l'étude du Plan Directeur pour Oued Enkhilet et Sebkhet Ariana ont été revues en détails dans le cadre de l'étude de faisabilité. Les mesures structurelles considérées comprennent une ou des combinaisons de ce qui suit: aménagement des cours d'eau, nouveaux bassins d'écrêtement, réhabilitation de bassins d'écrêtement ou de bassins

existants, nouveaux canaux de déviation et nouveaux barrages de contrôle de crues. Les variantes considérées sont:

(a) Bassins d'écrêtement et petits barrages de contrôle des crues de hauteurs inférieures à 7 m dans les reliefs de l'amont du bassin en combinaison avec des bassins d'écrêtement à usages multiples dans les espaces libres disponibles dans la zone urbaine dans le tronçon intermédiaire et un minimum de travaux d'aménagement du lit du cours d'eau à l'aval. Cette stratégie, d'opter pour l'aménagement du lit le moins possible est considéré étant donné que le plan d'aménagement futur de l'occupation du sol de la zone propose une expansion et une réhabilitation de la route N° 533 le long de laquelle se trouve Oued Enkhilet. Ceci engendrerait un coût très important même si l'aménagement est techniquement faisable.

(b) Bassins d'écrêtement et petits barrages de contrôle des crues de hauteurs inférieures à 7 m dans les reliefs de l'amont du bassin en combinaison avec des bassins d'écrêtement dans les espaces libres dans la zone urbanisée et des travaux d'aménagement du lit avec un nouveau canal de déviation vers Sebkheth Ariana dans les sections de l'aval qui utiliseraient les drains existants le plus possible. Cette variante assume qu'il n'y a pas d'espaces libres disponibles dans la zone urbaine pour concevoir des bassins d'écrêtement.

La variante présentée auparavant dans le Plan Directeur qui consiste à récupérer des terres à Sebkheth Ariana pour le développement est écartée. La Sebkheth serait maintenue dans son état naturel actuel, ce qui permettrait aux fluctuations annuelles naturelles du niveau d'eau de continuer. L'exutoire naturel de Sebkheth Ariana vers la Méditerranée bloqué par les cordons dunaires serait de même maintenu. Quand des crues ont lieu, et en fonction des besoins, des bulldozers pourraient être utilisés pour nettoyer le chenal afin de permettre l'écoulement des eaux de la Sebkheth vers la mer. Aussi, l'accumulation naturelle de sable au niveau de l'exutoire est préférable.

6.4.2 Impacts négatifs

Les sites considérées pour les mesures structurelles de contrôle des crues n'engendrent aucun mouvement de population. Il n'y a pas d'impacts négatifs que l'on pourrait percevoir. A la suite de la construction des ouvrages prévus par les mesures structurelles pendant la période de construction, l'impact négatif possible pourrait être une érosion et un évasement dus au mouvement de terre important des bassins d'écrêtement, des canaux de déviation et des travaux d'aménagement d'oueds. Pour minimiser les effets négatifs, des méthodes de construction appropriées devraient être utilisées en fonction des considérations environnementales.

6.4.3 Impacts positifs

Puisque Sebkhet Ariana va être préservée dans son état naturel, sans aucune récupération de terrains, les populations d'oiseaux hivernaux ne sont pas affectées. Ceci doit être considéré comme un impact très positif ou même un bénéfice pour la population locale qui est déterminée à donner à la flore et à la faune l'importance qu'elles méritent.

Les bassins d'écrêtement à usages multiples projetés dans les espaces libres des zones urbaines vont jouer leur rôle de stockage pendant les crues. Pendant les circonstances naturelles, ils pourront être utilisés comme terrains de jeux pour les habitants. Le long des périmètres de ces bassins, des zones tampons vertes pourraient être établies par du reboisement et des plantations. Une variété d'arbres indigènes et d'arbustes pourraient être introduites afin de régénérer l'environnement naturel à partir des conditions existantes des terres stériles. Le canal de dérivation projeté sera aménagé d'une façon esthétique et ordonnée par une couche de gazon et sera aussi longé par deux rangées d'arbres. Des passages piétons seront aménagés le long du canal et en des endroits stratégiques, de petites places seront construites afin d'améliorer le passage riverain. Les travaux d'aménagement du lit contribuent à éviter l'eutrophisation et à améliorer d'une façon significative l'esthétique du paysage surtout que Oued Enkhilet s'écoule à travers des zones à haute densité de population. Pour l'amélioration du paysage riverain, des passages pour piétons a forme appropriée et des places de repos avec des jardins convenables pour des zones résidentielles et commerciales devront être projetés. Le paysage riverain doit être amélioré par le bon choix des revêtement pour les cours d'eau, le dégagement de l'emprise réservée au cours d'eau, l'implantation de passages piétons et de places de repos, l'implantation de passages sur les ponts, la conservation de la végétation naturelle, l'aménagement des zones riveraines en fonction du développement commercial et résidentiel de la zone, une architecture harmonieuse des ouvrages et des structures riveraines et la projection de passage piétons qui permettraient de relier les places adjacentes et les parcs à travers les zone situées aux abords du cours d'eau.

Il en résulte que, comparés à la variante sans projet, les impacts environnementaux des mesures structurelles proposées sont très bénéfiques. D'un point de vue environnemental, le projet paraît sans impacts négatifs. Toutefois, plusieurs problèmes environnementaux discutés en détail ultérieurement vont continuer à persister jusqu'à et à moins que des mesures adéquates soient formulées et appliquées en parallèle avec les mesures structurelles proposées. Ceci est discuté dans la prochaine section.

6.5 Mitigation Environnementale et Mesures de Surveillance

Le tableau 6.4 donne des mesures de mitigation environnementale pour minimiser les impacts négatifs pendant la période de construction. Après cette période de construction, une mitigation environnementale et des mesures de surveillance sont nécessaires en plus des mesures structurelles proposées pour amortir et contrôler les crues. Ceci conduit à adresser les recommandations suivantes:

(a) Formulation et application du plan d'aménagement. Ceci a pour but de préserver les zones vertes, les zones agricoles et les zones protégées, d'arrêter l'avancement de l'habitat spontané vers les zones inondables et la réhabilitations des groupements spontanés déjà existants. Une planification appropriée de l'occupation du sol et une application effective des politiques sont nécessaires. Des plans pour la restauration et le développement des zones d'habitation des communautés à faibles revenus doivent être formulés.

(b) Empêcher la pollution de l'eau due au rejet d'ordures et des eaux usées urbaines et industrielles dans le réseau de drainage, les routes et les cours d'eau. Des moyens de surveillance réguliers et améliorés aussi bien qu'un renforcement des lois pour le contrôle de la pollution sont nécessaires. Le système de collecte des ordures et des déchets solides doit être amélioré. Des solutions pour créer des écrans le long des cours d'eau aux endroits stratégiques doivent être trouvées.

(c) Surveiller la flore et la faune de Sebkhet Ariana et dans les autres zones humides du Grand Tunis d'une façon plus continue et régulière. NGO doit être impliqué dans des recherches plus détaillées sur les oiseaux hivernaux. Sebkhet Ariana a un bon potentiel comme site éco-touristique et éducationnel potentiel pour cet aspect.

(d) Aménager le bassin versant et planter des végétations le long des cours d'eau afin de retarder les ruissellements et augmenter l'infiltration et réduire ainsi les risques d'inondations.

(e) Lancer nécessairement une étude pour déterminer en détail les variations de niveau d'eau dans la nappe et leurs effets sur les inondations dans la zone de Soukra-Chotrana à cause de la construction du canal ONAS. Des stratégies d'aménagements convenables pourront alors être formulées.

(f) Interdire et prévenir la construction de certains types de structures sur le chemin des ruissellements des crues ainsi que dans les plaines inondables afin de réduire les risques d'inondations. Ceci peut être réalisé par la formulation de décrets de zoning.

(g) Développer un système d'alerte aux inondations et un plan d'évacuation pour les populations habitant les zones menacées.

(h) Formuler un plan pour implanter des réseaux de drainage et d'assainissement pour toute la zone de l'étude.

(i) Créer et appliquer une éducation environnementale et un programme pour la conscience publique pour la conservation de l'environnement de l'oued et de la Sebket par l'utilisation intensive des mass media.

CHAPITRE 7 OUEDS ET INONDATIONS

7.1 Généralités

Pendant les quelques dix dernières années, le bassin de Oued Enkhilet et les zones basses entourant Sebkheth Ariana ont souffert des inondations vu leurs conditions topographiques et l'insuffisance de leurs réseaux de drainage. Le problème des inondations est devenu un problème social sérieux ces derniers années. L'une des causes principales est jugée être l'urbanisation qui se développe surtout dans les zones élevées. Il se trouve que le développement de l'habitat dans la zone n'est pas bien contrôlé par les organismes gouvernementaux concernés. Enfin, ceci va engendrer des problèmes d'inondations dans les parties situées à l'aval. Il est donc nécessaire de résoudre d'urgence ce problème d'inondations par les moyens convenables.

7.2 Bassin de Sebkheth Ariana et Oued Enkhilet

Le bassin de Sebkheth Ariana, avec une surface de son bassin versant de 117,53 km², est situé au nord de la zone du Grand Tunis ainsi qu'il est montré sur la figure 7.1. Ce bassin est limité par les montagnes de Rous El Hraieg à l'ouest et par les falaises raides le long de la mer Méditerranée à l'est. Les routes GP-9 et GP-10 sont aussi dans les limites du bassin versant au sud de ce bassin. La zone urbaine s'étend sur la partie sud ouest de ce bassin autour de la ville de l'Ariana et sur l'extrémité est au niveau de la Marsa ainsi qu'il est décrit dans le chapitre 4. L'urbanisation autour de la ville de l'Ariana s'étendra jusqu'à la route RVE-533 dans un futur proche.

Sebkheth Ariana, avec une surface 36,46 km², occupe la partie nord de ce bassin. Sebkheth Ariana est un lac très peu profond et qui devient pratiquement sec pendant l'été. D'autres parts, le niveau de l'eau dans le lac s'élève pendant la saison pluvieuse et cause des problèmes d'inondations pour les zones agricoles qui se répandent le long des rives du lac. La fermeture de l'exutoire par les dunes de sable aggrave ce problème gênant ainsi le déversement des eaux du lac vers la mer.

Ainsi qu'il est montré sur la figure 7.1, plusieurs oueds et petits canaux s'écoulent vers Sebkheth Ariana. Les bassins de l'Oued Enkhilet, de Chotrana et de la Marsa (bassin n° 63) sont les principaux bassins. Leur surface est comme suit :

Bassin versant	Surface (km ²)	Rapport (%)
Oued Enkhilet	17,12	14,6
Chotrana	9,43	8,0
La Marsa	15,33	13,0
Autres cours d'eau	39,19	33,4
Sebkhet Ariana	36,46	31,0
Total	117,53	100

Il existe un canal d'eau usée de l'ONAS le long de la rive de Sebkhet Ariana et plusieurs Oueds y compris les oueds cités ci-dessus se croisent avec lui. Il est observé que les sections transversales de ces oueds au niveau des croisements avec ce canal ne sont pas suffisantes pour transiter les eaux des crues de l'amont et il en résulte des problèmes d'inondations de terrain. Des contre mesures pour traiter ces points telles que par exemple élargir et approfondir les oueds existants, sont nécessaires d'urgence.

Oued Enkhilet est situé à l'ouest du bassin du Sebkhet Ariana comme le montre la figure 7.1. L'urbanisation rapide le long de la GP-8 et la RVE-533 est en progression. L'Oued Enkhilet collecte les eaux des ruissellements des montagnes de Rous El Hraieg et s'écoule, en partie le long de la RVE-533, jusqu'à Sebkhet Ariana. Il parcourt quelques 8 km dans le bassin du sud au nord. Les affluents gauches ont des pentes raides de 1/50 jusqu'à 1/150 et leur largeur au fond sont de 2 à 3 m. D'autres parts, la pente du cours d'eau principal est très faible et varie de 1/800 à 1/1.500. Les tronçons les plus à l'amont sont aménagés sous forme de dalots et ceux à l'aval sont des canaux à ciel ouvert avec une largeur au fond d'environ 10 m.

7.3 Distribution des Débits des Crues

Afin de saisir l'échelle des zones inondables et la capacité de transit des cours d'eau actuels, la distribution des débits pour chaque période de retour est d'abord calculée pour les oueds dans leur condition existante. L'Oued Enkhilet est divisé en plusieurs bassins versants en fonction des conditions topographiques et des ouvrages existants et futurs de protection contre les inondations. La figure 7.2 montre la subdivision du bassin de l'Oued Enkhilet et de Chotrana en sous bassins, et la figure 7.1 montre les bassins des autres cours d'eau qui déversent dans Sebkhet Ariana.

Les débits des ruissellements ont été calculés, sur la base de la subdivision en sous bassins, par un modèle de calcul hydraulique décrit dans le chapitre 3, en tenant compte

des conditions actuelles et futures de l'occupation du sol, obtenues à partir des plans d'aménagement actuel et futur.

La distribution des débits des ruissellements dans tous les bassins des cours d'eau déversant dans Sebkhet Ariana est montrée dans la figure 7.3. Les débits de pointe des principaux cours d'eau déversant dans Sebkhet Ariana sont comme suit:

Bassin	Surface (km ²)	Occupation actuelle du sol		Occupation future du sol	
		100 ans	10 ans	100 ans	10 ans
Oued Ennkhilet	17,12	50 m ³ /s	24 m ³ /s	85 m ³ /s	45 m ³ /s
Chotrana	9,43	26	14	45	22
La Marsa	15,33	45	22	65	35

Les débits de pointe des différents cours d'eau déversant dans Sebkhet Ariana augmenteront d'environ 1,8 fois pour Oued Ennkhilet, 1,7 fois pour le bassin de Chotrana et 1,5 fois pour la Marsa dans le futur à cause de l'urbanisation rapide.

Il existe un bassin d'écrêtement nommé barrage Aïn Snoussi situé juste à l'amont de la zone résidentielle. Les Débits contrôlés par ce barrage ont été aussi étudié. Les figures 7.4 et 7.5 montrent les distributions des débits de l'Oued Ennkhilet avec ou sans le barrage Aïn Snoussi. Les caractéristiques hydrauliques prévues dans les conditions futures d'occupation du sol sont comme suit:

Endroit	Sans le barrage Aïn Snoussi		Avec le barrage Aïn Snoussi	
	100 ans	10 ans	100 ans	10 ans
Rejet dans Sebkhet Ariana	85 m ³ /s	45 m ³ /s	85 m ³ /s	40 m ³ /s
Jonction avec le Canal R2	70	35	65	35
Extrémité aval du Canal G1	28	14	24	12
Route GP-8 sur le Canal G1	20	9	12	6

7.4 Capacité de Transit

Afin de formuler le projet futur de l'aménagement des oueds, l'estimation de la capacité de transit existante est nécessaire. La capacité de transit du cours actuel de l'Oued Ennkhilet est estimée par le calcul en régime uniforme et non-uniforme et sur la base sur la distribution des débits ci-dessus.

Les résultats sont montrés sur la figure 7.6 et 7.7. Il est clair que le cours principal de l'Oued Enkhilet n'a pas une capacité suffisante pour transiter les eaux des crues, même pour une période de retour de 1,05 années sous les conditions futures d'occupation du sol. Ceci signifie que des travaux d'aménagement de l'Oued Enkhilet sont recommandés d'urgence, parce que l'urbanisation est en progression rapide dans la parties ouest de ce bassin.

7.5 Crues et Inondations

Les zones inondables par les eaux des crues sont délimitées sur la base de l'analyse hydraulique ci-dessus, des conditions topographiques et des reconnaissances du site. La figure 7.8 montre les zones assumées inondables par la crue centennale et sous les conditions futures d'occupation du sol. Cette figure illustre que les zones inondables sont divisés en deux parties. L'une est constituée par les zones inondables dans le bassin de l'Oued Enkhilet et l'autre par celles du bassin de Chotrana. Cette dernière est partiellement affectés par les débordements de l'oued Enkhilet qui traversent la route RVE-533. Les zones inondables et les durées sont montrés sur le tableau 7.1.

La durée des inondations de long de la RVE-533 est estimée à 8 heures, cependant, des durées d'inondations de 5 jours à une semaine sont prévues dans les zones basses près de la RVE-543, vues leurs conditions topographiques.

7.6 Ouvrages Existants sur les Oueds

Des travaux d'aménagement de l'oued dans les tronçons de l'amont sont réalisés par le MEH afin de résoudre les problèmes des inondations dans le bassin de l'Oued Enkhilet. La première et la seconde phase ont été exécutées pendant les années de 1990 à 1992, et le coût de construction de ces travaux est estimé à environ 2,2 millions DT. En plus de ces travaux, une troisième phase est actuellement en cours. Des conduites en béton et des dalots ont été adoptées pour ces aménagements. Leur emplacement et leur section type sont montrés dans la figure 7.9.

En plus de ces travaux d'aménagement des cours d'eau, la Direction de la Conservation des Eaux et du Sol a récemment construit le barrage Aïn Snoussi sur l'un des affluents dans un but de protection contre les inondations ainsi qu'il a été déjà décrit. Les principales caractéristiques de ce barrage sont comme suit:

Surface du bassin versant	1,12 km ²
Côte de crête	103 m NGT

Longueur de crête	74 m
Volume de la digue	5.500 m ³
Côte du déversoir	101,5 m NGT
Longueur du déversoir	15 m
Niveau des eaux (P.R.: 50 ans)	102,4 m NGT
Volume de stockage	40.000 m ³

Des travaux d'aménagement des réseaux de drainage sont réalisés par l'ONAS, et trois bassins d'écrêtement ont été déjà construits le long de la GP-8.

Le MEH a préparé une étude pour l'aménagement de l'Oued Ennkhilet en mars 1991 et est maintenant en train de réaliser ce projet avec des modifications mineures comme il a été déjà décrit. Des dalots en béton à section rectangulaires ont été prévus sur presque la totalité du cours d'eau à l'exception de l'aval. Les emplacements et les sections types sont montrés sur la figure 7.9. En plus de cette variante étudiée par le MEH, l'ONAS a aussi établi une étude de l'aménagement du cours d'eau sur la base d'une période de retour de 10 ans.

Ainsi qu'il a été déjà mentionné, trois organismes gouvernementaux, à savoir, le MEH, le MA et l'ONAS, ont chacun un projet et ont déjà construits indépendamment des aménagements sur l'Oued Ennkhilet. Cette démarcation n'est pas claire et une coordination plus étroite est nécessaire.

CHAPITRE 8 ETUDE COMPARATIVE DES VARIANTES

8.1 Généralités

Ce chapitre concerne la formulation des variante concevables pour diverses mesures de protection contre les inondations et la sélection des projets les plus recommandés. Pour la formulation des variantes, une période de retour de 10 ans a été appliquée puisque cette probabilité de crue a été déjà utilisée par le MEH dans l'étude des ouvrages, et que tous les ouvrages existants sur le cours d'eau ne peuvent pas être utilisés pour la crue centennale même si toutes les mesures concevables seront mobilisées. Après l'étude comparative la crue centennale est prise en considération pour l'étude de faisabilité sur la meilleure variante sélectionnée.

La partie amont du cours principal de Oued Enkhilet longe la route RVE-533 et la majorité des tronçons dans cette partie ont été déjà réhabilités et construits sous forme de dalot en béton. La capacité de transit de ces tronçons existants est de l'ordre de 3,0 à 6,5 m³/s, et ils ne seront donc pas suffisants pour la crue décennale (20 à 30 m³/s) dans le futur, étant donné que le développement urbain est en progression et une nouvelle zone résidentielle se crée dans les zones situées à l'amont du bassin. Toutefois, les travaux d'aménagement de l'oued au niveau de cette partie ne sont pas faciles vue la progression rapide de l'urbanisation, particulièrement le long de la RVE-533. Afin d'éviter les travaux de réhabilitation du dalot existant, il est nécessaire non seulement de construire un nouveau canal de déviation mais aussi plusieurs bassins d'écrêtement qui joueront un rôle de régulation et d'amortissement des débits de pointe des crues.

Etant donné ceci, les variantes pour la protection contre les inondations de l'Oued Enkhilet ont été établies sur la base des trois (3) schémas de principe suivants:

i) Aménagement du cours d'eau:

Il s'agit d'aménager les tronçons de l'oued qui n'ont pas une capacité de transit suffisante pour la crue décennale, sans prévoir aucun bassin d'écrêtement ou canal de déviation. Dans ce schéma, la totalité du dalot en béton existant le long de la RVE-533 devra être réhabilitée et les écoulement vont directement vers Sebkheth Ariana.

ii) Aménagement du cours d'eau + Canaux de déviation :

Ce schéma consiste à dévier les eaux du cours principal de l'Oued Enkhilet vers l'aval par un ou des canaux de déviation. Un canal de déviation "trans-

bassin" est aussi considéré; il consiste à dévier les eaux des crues du bassin de l'Oued Enkhilet vers le bassin adjacent de Chotrana. Avec ce schéma, le débit du cours principal est relativement réduit et il est possible de se passer de la réhabilitation de quelques tronçons de dalot.

- iii) Aménagement du cours d'eau + Canaux de déviation + Bassins d'écrêtement
Il s'agit de construire plusieurs bassins d'écrêtement en plus des canaux de déviation. Le but est d'éviter le plus possible la réhabilitation du dalot en béton existant.

Quelques affluents qui ne nécessitent que des interventions ponctuelles sont écartés de l'étude de faisabilité

8.2 Critère de dimensionnement des ouvrages de protection contre les inondations

Pour la formulation des projets d'aménagement de l'oued et le dimensionnement des différents ouvrages, les critères de base suivants sont appliqués:

- (1) Aménagement du cours d'eau
 - i) Le profil projeté pour l'oued suit le profil actuel de l'oued ou du terrain naturel.
 - ii) Le lit actuel de l'oued est à maintenir tel qu'il est, le plus possible.
 - iii) Approfondir les lits des différents tronçons de l'oued afin de maintenir le niveau d'eau plus bas qu'avec les conditions actuelles, ou presque au même niveau avec le terrain naturel.
 - iv) Les profils en travers de l'oued sont fixés en fonction des conditions d'occupation du sol le long de l'oued, des ouvrages existants, vitesse d'écoulement, etc.
 - v) Dans le cas où le niveau d'eau pendant les crues est plus haut que le niveau du terrain naturel, les revanches suivantes sont appliquées :
 - $50 \text{ m}^3/\text{s} > \text{Débit de projet} : H_f = 0,6 \text{ m}$
 - $50 \text{ m}^3/\text{s} \leq \text{Débit de projet} : H_f = 0,3 \text{ m}$
 - vi) L'écoulement est supposé à régime non uniforme pour l'exécution des calculs. Les coefficients de rugosité de la formule de Manning sont comme suit :
 - $n = 0,035$: pour les cours d'eau à l'état naturel ou à revêtement en terre.
 - $n = 0,025$: pour les canaux revêtus en béton.
 - $n = 0,023$: pour les conduites en béton.

vii) Les niveaux d'eau initiaux suivants sont appliqués pour les calculs hydrauliques :

Niveau de la mer : 0,4 m NGT

Sebkhet Ariana : 0,8 m NGT

(2) Dimensionnement des ouvrages

i) Au total, cinq types de canaux à ciel ouvert et un dalot en béton sont choisis pour les différents tronçons de l'oued. Ces sections types sont montrées sur la figure 8.1.

ii) La largeur de l'oued des sections en terre est au moins 2 m.

iii) Des pistes de services sont prévues sur les deux rives de l'oued, ayant chacune une largeur de 3 m.

iv) Ponts (réf. : figure 8.1).

Revanche : La même revanche que pour l'aménagement de l'oued.

Longueur d'une travée : au plus 20 - 25 m.

(3) Dimensionnement des bassins d'écrêtement:

i) Afin de décider les dimensions des bassins d'écrêtement, un modèle numérique de calcul des crues a été utilisé. La formule appliquée pour la calcul est la suivante

$$I - O = \frac{dS}{dt}$$

Avec,

I : Débit entrant au bassin d'écrêtement.

O : Débit sortant de l'ouvrage de rejet (orifice) du bassin d'écrêtement

S : Volume de stockage du bassin d'écrêtement

t : Temps (correspondant à l'unité de temps de l'hydrogramme)

Cette équation de continuité est résolue en utilisant la méthode numérique d'Ekdahl.

ii) Le débit sortant de l'ouvrage de rejet (orifice) du bassin d'écrêtement est calculé comme suit :

* $H \leq H_L + 1,2 D$:

$$Q = 1,7 B (H - H_L)^{3/2}$$

* $H_L + 1,2 D < H < H_L + 1,8 D$:

Q est calculé par interpolation entre $1,7 B (1,2 D)^{3/2}$ et $C D B \sqrt{2,6 g D}$

* $H_L + 1,8 D \leq H$:

$$Q = C D B \sqrt{2 g (H - H_L) - 0,5 D}$$

Avec, Q : Débit sortant de l'ouvrage de l'orifice
 H : Niveau d'eau
 H_L : Côte au niveau du fond de l'orifice
 D : Hauteur de l'orifice
 B : Largeur de l'orifice
 C : Coefficient de débit (=0,6)

- iii) La largeur et la hauteur de l'orifice sont prises au moins égales à 0,2 m afin d'éviter son obturation par les déchets.
- iv) Les revanches minimales suivantes sont appliquées :
 - Bassin d'écrêtement du type barrage : 0,6 m.
 - Bassin d'écrêtement du type bassin : 0,3 m.
- v) La côte du fond de l'orifice est choisie 0,1 m plus haut que la côte du lit du bassin d'écrêtement. La sédimentation dans le bassin d'écrêtement est supposée être dégagée par des travaux de maintenance périodique.
- vi) La section d'écoulement de la conduite connectée à l'orifice est inférieure au 3/4 de la section de la conduite, par mesure de sécurité.

8.3 Formulation des variantes

8.3.1 Conclusions sur les sites possibles des bassins d'écrêtement et des canaux de déviation

Les bassins d'écrêtement et les canaux de déviation ont été proposés afin d'amortir les débits des crues particulièrement dans les zones de l'amont du cours principal de l'Oued Enkhilet, étant donné que la réhabilitation de ces tronçons n'est pas facile et peut avoir des problèmes sociaux. Les sites possibles de ces ouvrages sont trouvés sur la base de ce point de vue.

Les sites possibles des bassins d'écrêtement sont choisis sur la carte topographique à l'échelle 1/5000. Dans la zone de reliefs élevés, les bassins d'écrêtement sont de type barrage et leur site est décidé à la suite de reconnaissances sur site effectuées par l'Equipe d'Etude de la JICA. Des levés topographiques ont été aussi réalisés pour ces sites de barrage afin d'estimer leur volume de stockage. Dans la plate plaine les zones non occupées ou les terres agricoles à proximité de l'Oued Enkhilet sont choisis pour les bassins d'écrêtement du type bassin, et dont les sites ont été confirmés aussi par des reconnaissances sur site.

15 sites (A à N2) au total ont été choisis comme sites possibles pour les bassins d'écrêtement. Ces sites sont montrés sur la figure 8.2. Le bassin d'écrêtement J2 a été

écarté puisque des constructions ont déjà eu lieu sur Ce site. Ces sites sont étudiés dans la section suivante et les bassins d'écroulement qui contribuent à la minimisation du coût d'aménagement de Oued Enkhilet seront sélectionnés pour l'étude ultérieure de la variante.

Les tracés des canaux de déviation ont été aussi établi à partir de la carte topographique 1/5000. Ces canaux de déviation sont situés à l'intérieure du bassin du Oued Enkhilet à l'exception du canal de déviation N°3 qui dévie les eaux vers le bassin adjacent de Chotrana. La plupart des tronçons situés à l'amont de ce canal doivent être reconstruits à nouveau mais un canal de l'ONAS déjà existant peu être utilisé à l'aval.

Quatre (4) tracés pour les canaux de déviation (N°2 à N°5) au total ont été choisis et leur emplacement a été confirmé par des reconnaissance sur site. Le profil longitudinal a été aussi réalisé pour ces tracés. Leur emplacement est présenté sur la figure 8.2. Le canal de déviation N°2 a été écarté comme le bassin d'écroulement J2, qui s'est avéré non valable à cause du développement urbain tel qu'il a été déjà expliqué.

8.3.2 Sélection des bassins d'écroulement

(1) Méthodologie de la sélection

La sélection des bassins d'écroulement est conduite de la manière suivante.

- i) Préparer l'hydrogramme de la crue décennale dans chaque site de bassin d'écroulement.
- ii) Etudier les dimensions de chaque bassin d'écroulement avec des dimensions minimum pour l'orifice nécessaires pour la régulation du volume de la crue décennale et pour estimer le coût de construction.
- iii) Etudier la distribution des débits dans chaque tronçon de l'oued lorsque chaque bassin d'écroulement est construit séparément. Le tronçon de l'oued est schématiquement présenté sur la figure 8.3.
- iv) Estimer les dépenses économisées sur l'aménagement de l'oued grâce à la construction du bassin d'écroulement en question.
- v) Choisir le bassin d'écroulement le plus efficace en comparant le coût de construction du bassin d'écroulement et la réduction du coût d'aménagement de l'oued.

L'hydrogramme de la crue décennale dans chaque site de bassin d'écroulement est estimé dans le Chapitre 3 par l'application de la méthode rationnelle sous les conditions

existantes de l'oued et les conditions futures d'occupation du sol. En se référant à la courbe de stockage (courbe H-V) dans chaque site, les dimensions de chaque bassin d'écrêtement sont décidées afin de permettre la régulation du débit estimé. Pour les bassins d'écrêtement du type barrage, une profondeur d'eau de 1,0 m dans le déversoir est appliquée. Le coût de construction du bassin d'écrêtement est alors estimé sur la base de la quantité calculée des travaux .

La distribution des débits dans le cas avec bassin d'écrêtement est calculée par un modèle de calcul de crue. Les résultats de calcul sont montrés dans le tableau 8.1 et il apparaît que certains bassins d'écrêtement situés dans les reliefs ne sont pas très rentables pour l'amortissement du débit de pointe du cours principal de l'Oued Enkhilet. En appliquant la distribution des débits pour les tronçons respectifs, le coût d'aménagement de l'oued dans le cas avec bassin d'écrêtement est estimé et alors la différence de coût est calculée en comparaison avec le cas sans bassin d'écrêtement.

(2) Résultat de la sélection

Le coût de construction du bassin d'écrêtement et le montant des économies sur le coût de l'aménagement de l'oued pour chaque cas sont présentés dans le tableau 8.2, et sont comparés entre eux pour la sélection des bassins d'écrêtement les plus rentables.

Le tableau montre que les coûts de construction des bassins d'écrêtement A, G et J1 sont beaucoup moins chères que le coût correspondant de l'aménagement de l'oued sans ces bassins. Il est jugé que la construction de ces bassins d'écrêtement présente un avantage pour les travaux de l'aménagement de l'oued.

De même, pour les bassins d'écrêtement I, L et M, le coût de l'aménagement de l'oued sans ces bassins est moins chers que dans le cas avec bassins, lorsqu'ils sont construits séparément. Cependant, ces bassins d'écrêtement situés juste à l'amont du dalot existant sont maintenus pour l'étude ultérieures de variantes ; il est possible que leur combinaison avec d'autres bassins d'écrêtement peut être plus rentable que s'ils sont construits individuellement.

Les bassins d'écrêtement restants, B, C, D, E, F, H, K, N1 et N2 ne présentent pas d'avantages pour les travaux d'aménagement de l'oued d'un point de vue hydrologique et économique. Ces sites possibles de bassins d'écrêtement sont alors écartés.

8.3.3 Formulation des variantes

Les variantes d'aménagement pour le bassin de Oued Enkhilet sont formulées sur la base des trois (3) principes cités dans le chapitre 8.1. Quatre (4) canaux de déviation et sept (7) bassins d'écrêtement y compris le barrage existant de Aïn Snoussi sont finalement choisis. Le schéma d'aménagement choisi est illustré par la figure 8.4.

(1) Aménagement de l'oued

Une seule variante est concevable selon ce principe. Presque la totalité du cours d'eau actuel y compris le dalot de la RVE-533 nécessite un aménagement pour la crue décennale. Le diagramme schématique de cette variante est illustré par la figure 8.5. La distribution des débits dans chaque tronçon est alors calculée et montrée sur le tableau 8.3.

(2) Aménagement de l'oued + Canaux de déviation

Le canal de déviation N°3 dévie les eaux des crues de la partie amont du cours principal du Oued Enkhilet vers le bassin adjacent de Chotrana. En choisissant ce canal de déviation, le coût de l'aménagement de l'oued est diminué pour le bassin aval de Oued Enkhilet, mais celui du bassin de Chotrana est augmenté. Le coût du projet de protection contre les inondations de Oued Enkhilet comprend l'augmentation sur le coût des aménagements sans le canal de déviation N°3 dans le bassin de Chotrana.

Le canal de déviation N°2 est prévu d'être connecté directement avec le canal de déviation N°3 pour acheminer les eaux des crues du tronçon amont du canal C3. Cette déviation diminue le coût de l'aménagement du tronçon E9 situé à l'amont de Oued Enkhilet. Cette variante est étudiée en combinaison avec le canal de déviation N°3.

Le canal de déviation N°4 commence juste à l'aval du canal G1 et transite toutes les eaux des crues de l'amont du bassin vers le canal C1. Les travaux d'aménagement du canal C1 dont le tracé passe actuellement à travers des zones peu développées, sont plus économiques et présentent moins de problèmes sociaux que pour le cours principal le long de la RVE-533. Le canal de déviation N°5 commence juste à l'aval du canal G2 et fonctionnera de la même façon que le canal de déviation N°4.

La combinaison de chaque plan de déviation est considérée en plus du cas individuel afin de diminuer les écoulements dans le cours principal de l'Oued Enkhilet. Il y a quatre (4) combinaisons concevables, à savoir N°2 & 3, N°3 & 4, N°3 & 5 et N°3, 4 &

5. Les diagrammes schématiques de ces variantes sont illustrés par la figure 8.5. Les distributions des débits pour les sept (7) variantes sont ensuite calculées. Elles sont montrées dans le tableau 8.3.

(3) Aménagement de l'oued + Canaux de déviation + bassin d'écrêtement

Il y a six (6) bassins d'écrêtement et quatre (4) canaux de déviation proposés. Les variantes utilisant ces ouvrages sont à formuler de telle façon à maintenir le plus possible les ouvrages existants telle qu'ils sont. De ce point de vu, le canal de déviation N°3 est essentiel pour le tronçon de l'oued de E7 à E8, puisqu'il n'y a pas de variantes concevables qui le remplacent.

Le canal de déviation N°3 sépare le bassin de Oued Enkhilet à l'aval du tronçon E9; les variantes sont alors formulées séparément pour le bassin amont et le bassin aval.

Dans le bassin versant amont, tous les bassins d'écrêtement (G, I et J1) sont nécessaires pour les tronçons de l'oued C4, E9 et E10. Cependant, les bassins d'écrêtement I et J1 sont situés près de la route GP-8 et il est peut être difficile d'acquérir le terrain pour de tels bassins d'écrêtement. En conséquence, une variante sans ces deux (2) bassins d'écrêtement est aussi étudiée, même si les dalots existants au niveau des tronçons E9 et E10 (sous la GP-8) doivent être réhabilités. Les trois (3) variantes suivantes sont formulées pour le bassin versant amont et leur diagramme schématique est montré dans la figure 8.6.

- Variante U-1 Bassin d'écrêtement G, I & J1 + canal de déviation N°3
- Variante U-2 Bassin d'écrêtement G, I & J1 + canaux de déviation N°2 & 3
- Variante U-3 Bassin d'écrêtement G + canal de déviation N°3

Dans le bassin versant aval, le bassin d'écrêtement L ou le canal de déviation N°4 est nécessaire pour le tronçon de l'oued E6, le bassin d'écrêtement M ou le canal de déviation N°5 est nécessaire pour le tronçon de l'oued E4. Aussi, le bassin d'écrêtement est-il un ouvrage économique et il n'y a pas d'autres variantes justifiables qui le remplacent. Ensuite, les six (6) variantes suivantes sont finalement formulées pour le bassin versant aval et leur diagramme schématique est montré sur la figure 8.7.

- Variante D-1 Bassin d'écrêtement A, L & M.
- Variante D-2 Bassin d'écrêtement A & L.
- Variante D-3 Bassin d'écrêtement A & L + canal de déviation N°5
- Variante D-4 Bassin d'écrêtement A & M + canal de déviation N°4