

Les matériaux rencontrés au site S-2 sont classés comme SP-ML (sable granulaire - limon non-organique) par rapport aux mêmes normes de classification ASTM et sont jugés être non convenables pour le remblai de barrage et de digue. Néanmoins, à la lumière des visites de reconnaissance, il s'est avéré que des matériaux de remblai sont disponibles et peuvent être obtenus aux environs du site S-2.

## 2.4 Conditions Géologiques et Géotechniques des Sites de Barrages Existants et Proposés

### 2.4.1 Grand Tunis

#### (1) Fondation

##### - Oued Enkhelit

Il existe sur l'un des affluents de l'Oued Enkhilet un bassin d'écrêtement nommé Ain Snoussi. C'est un petit barrage en terre de 5 m de hauteur construit sur des dépôts éboulis denses de couches de terre argileuse. Les matériaux de remblai peuvent être obtenus de la même couche que les matériaux de fondation.

Un bassin d'écrêtement sur un autre affluent de l'Oued Enkhilet fait l'objet de cette étude. Les états géologiques et géotechniques du site sont identiques à celles rencontrées au barrage de Ain Snoussi.

Les emplacements des barrages existants et proposés sont présentés dans la Figure 7.3.

##### - Oued Greb

Sur l'Oued Greb et son affluent principal Oued Rouriche, existent les huit (8) bassins d'écrêtement suivants:

Barrage Greb, Bassin Enassr, EGU-4, EGU-7,  
Barrage Rouriche, ERO-3, ERO-3B et ERO-5

Parmi lesquels, Barrage greb, Bassin Enassr et Barrage Rouriche sont dotés du petites digues en terre. Le reste sont des bassins excavés. Trois barrages sont construits sur des dépôts éboulis denses de couches de terre argileuse. Leurs matériaux de remblai sont présumés être obtenus de la même couche que la fondation.

Un bassin d'écrêtement avec digue qui serait situé en aval du barrage Greb a fait l'objet de cette étude. Les conditions géologiques et géotechniques du site du barrage proposé sont identiques à celles rencontrées au barrage existant.

Les emplacements des ouvrages existants et proposés sont présentés dans la Figure 7.10.

- Oued Gariana

Il existe huit (8) bassins d'écrêtement sur l'Oued Gariana. L'ONAS prévoit la construction de cinq (5) bassins additionnels. Les conditions géologiques et géotechniques des sites des bassins existants et planifiés sont identiques à celles rencontrées aux Oueds Enkhilet et Greb.

Les emplacements des bassins existants et planifiés sont présentés dans la Figure 7.17.

- Oued Maliyan

Dans l'aire de l'étude, les ouvrages de maîtrise des crues consistent simplement en une digue construite en aval du point de confluence des Oueds Maliyan et Hamma. La géologie de la région est composée de dépôts de terre argileuse qui est plus ou moins identique aux matériaux utilisés pour le remblai et la fondation. Néanmoins un effondrement est observé à quelques endroits de la digue existante et ce à cause de l'effet érosif des débits acheminés par l'Oued.

Un bassin d'écrêtement sur le lit de l'Oued Maliyan a fait l'objet de cette étude. Un barrage à fonctions multiples a été aussi planifié sur le tronçon central de l'Oued Hammam.

La géologie du site du bassin d'écrêtement est caractérisée par des dépôts fluviaux Quaternaires de couches de terre argileuse qui sont considérablement denses et possèdent une portance et une imperméabilité suffisante. Ces matériaux peuvent être utilisés dans la fondation des barrages de 10 m de hauteur.

La géologie du site du barrage sur l'Oued Hammam est aussi caractérisée par des dépôts fluviaux contenant des couches superficielles caillouteuses et sableuses superposant une épaisse couche d'argile consolidée. La géologie des versants des montagnes consiste en de marne, de calcaire et de grès. Le site du barrage a fait l'objet d'investigations géotechniques de forage et des puits de reconnaissance qui ont révélé la présence d'une

couche argileuse possédant une portance et une imperméabilité suffisante pour soutenir un barrage de 40 m de hauteur.

Les emplacements du barrage Hammam et du second barrage proposé sont présentés dans la Figure 7.24.

- Oued Mayzette et Oued Bou Khasma

Il n'existe pas de sites pour des bassins d'écrêtement futurs sur les Oueds Mayzette et bou Khasma.

- Oued Aïn Zerga

Deux (2) sites potentiels pour les bassins d'écrêtement sur l'Oued Aïn Zerga font l'objet de cette étude. Les emplacements de ces barrages sont présentés dans la Figure 7.45.

La géologie des deux (2) sites est caractérisée par des dépôts éboulis d'argile, de limon, de sable et de gravier. La géologie des versants des montagnes consiste en de la marne, du calcaire et du grès. Les dépôts éboulis sont présumés avoir une portance suffisante pour soutenir la fondation d'un barrage. Cependant leur imperméabilité peut être inadéquate.

(2) Matériaux pour digue et granulats pour béton

Les digues des bassins d'écrêtement sur les Oueds Enkhilet, Greb, Gariana, Maliyan et Aïn Zerga ne nécessiteront pas de matériaux rocheux vu leur petite taille qui ne dépasse pas les 10 m en hauteur. Cependant, des dépôts de grès, de marne et de calcaire sont disponibles à 1 km environ des Oueds Enkhilet et Aïn Zerga.

De même des dépôts de grès, de marne et de calcaire sont aussi disponibles à 1 km du site du barrage polyvalent sur l'Oued Hamma. ces matériaux peuvent être utilisés pour le riprap, les filtres, les drains et les granulats de béton.

Les matériaux de remblai pour chaque digue peuvent être obtenus des carrières environnantes. A l'exception des barrages des Oueds Hamma et Aïn Zerga, les matériaux de sable et les graviers seront apportés des zones d'emprunt situées en dehors des bassins versants des oueds.

## 2.4.2 Grand Sousse

### (1) Fondation

#### - Oued Hammam

Actuellement, il n'existe aucun barrage sur l'Oued Hammam. Trois barrages, à savoir, Guemgame, M'Darrej et Laia sont planifiés par le Ministère de l'Agriculture pour y être implantés. En outre, deux autres bassins d'écrêtement, provisoirement nommés bassin A et bassin B, ont fait l'objet de cette étude. Les emplacements de ces deux bassins sont présentés dans la Figure 7.52.

Les états géologiques des sites de ces cinq ouvrages sont très similaires et consistent en des dépôts fluviaux Quaternaires d'argile compacte et de sable fin dense avec peu de limon. Des affleurements localisés de marne se trouvent sur la rive gauche à 1 km en amont du site du barrage Guemgame et sur des surfaces considérables situées sur la rive droite du site du barrage laia.

La couche d'argile compacte est jugée d'avoir une portance et une imperméabilité suffisantes pour soutenir les fondations d'un barrage en terre de 10 m de hauteur. La couche de sable fin dense est présumé avoir une portance suffisante et une imperméabilité qui ne causera pas de problèmes sérieux vu l'aspect temporaire du stockage.

#### - Oued Hamdoun

Deux bassins d'écrêtement sur l'Oued Hamdoun, provisoirement nommés bassin A et bassin B, ont été envisagés par cette étude. Les états géologiques des sites des bassins A et B sont identiques à ceux rencontrés à l'Oued Hammam et consistent en des dépôts fluviaux quaternaires d'argile compacte et de sable fin dense avec peu de limon. Ces dépôts sont superposés par des dépôts alluvionnaires meubles plus épais. Les emplacements de ces deux ouvrages sont présentés dans la Figure 7.71.

### (2) Matériaux pour digue et granulats pour béton

Il n'existe aucun site de carrière éventuelle dans l'aire de l'étude. Les seuls affleurements observés consistent en de la marne qui est malheureusement non approprié comme granulats pour béton. En conséquence, les matériaux pour le riprap, le filtre, le drain et

les granulats de béton seront apportés des zones d'emprunt situées en dehors de l'aire de l'étude.

Le sol argileux réparti aux environs du site du barrage est jugé être disponible comme matériau de digue pour le barrage en terre. Le sable fin seul est jugé inadéquat comme matériau de digue cependant, il peut être utilisé une fois qu'il est mélangé avec de l'argile.

## **2.5 Erosion et Sédimentation**

La région du Grand Sousse est caractérisée par des couches intercalées de sable fin de granulométrie homogène dont la dimension moyenne des grains est d'environ 0.1 mm. Ces matériaux sont d'un caractère érosif et se décantent facilement en présence d'une vitesse d'écoulement faible. A cet égard il serait indispensable d'adopter des mesures défensives contre la sédimentation des bassins d'écroulement.

## CHAPITRE 3 METEOROLOGIE ET HYDROLOGIE

### 3.1 Investigation Hydrologique

#### 3.1.1 Collectées Données

Les données météorologiques et hydrologiques concernant la pluviométrie, les niveaux d'eau et les débits ont été recueillies pour le Grand Tunis et le Grand Sousse. Celles-ci étaient enregistrées et conservées dans une banque de données à la Direction Générale des Ressources en Eau (D.G.R.E) relevant du Ministère de l'Agriculture.

##### (1) Données Climatologiques

Des données climatologiques qui s'étalent sur une période de cinq (5) ans (Sept. 1986 à Déc. 1991) ont été recueillies de l'annuaire publié par l'Institut National de la Météorologie qui contient les enregistrements mensuels climatologiques sur la température de l'air, l'humidité relative, l'évaporation; la durée de l'ensoleillement et la pluviométrie de deux stations (Tunis-Carthage et Siliana) pour le Grand Tunis et deux stations (Sousse et Monastir) pour le Grand Sousse.

##### (2) Relevés Pluviométriques

Les données journalières pluviométriques pour toute la Tunisie sont disponibles dans l'Annuaire Pluviométrique de la Tunisie qui date depuis 1968 et qui est préparé par la D.G.R.E. L'édition 1986/87 de l'annuaire est la plus récente, elle contient des enregistrements journaliers de pluviométrie pour 56 stations dans le Grand Tunis et 16 stations dans le Grand Sousse. L'équipe de l'étude a pu recueillir les données pluviométriques journalières de plus de 72 stations pour les dernières 25 années (Sept. 1967 à Août 1991). Aussi, des hyetographes de pluie pour des durées limitées ont-ils été collectés pour quelques stations.

##### (3) Intensité de pluies

Les analyses des courbes d'intensité-durée-fréquence (IDF) sont réalisées par l'Institut National de la Météorologie. Les résultats de ces analyses sont adoptés dans les études de l'ONAS. Les rapports des études pour l'établissement des courbes IDF pour les régions de Tunis-Carthage et de Monastir ont été recueillis par l'équipe de l'étude.

#### (4) Enregistrements de débits

Les données sur les débits moyens journaliers pour toute la Tunisie sont compilées dans l'Annuaire Hydrologique de la Tunisie préparé par la D.G.R.E. L'édition la plus récente de 1987/88 de l'annuaire contient les données des débits moyens journaliers de trois (3) stations situées dans le bassin de l'Oued Maliyan. L'équipe de l'étude a pu examiner tous les annuaires disponibles depuis 1974 à 1988 et a recueilli les données des débits moyens journaliers s'étalant sur 14 ans ainsi que des données restreintes des hydrogrammes des débits de quelques stations.

#### (5) Niveau des Marées

Des copies des rapports sur les niveaux des marées dans la zone de l'étude ont été recueillies par l'Equipe de l'Etude. Cependant, les relevés des niveaux réels ne sont pas disponibles. Récemment, au Grand Tunis, les lectures des niveaux des marées sont effectuées par des organismes privées dû au fait qu'il n'existe pas de stations d'enregistrement des niveaux des marées. La Direction Générale des Services Aériens et Maritimes du Ministère de l'Equipement et de l'Habitat a préparé un plan pour installer des stations d'enregistrement de niveau des marées dans huit (8) ports en Tunisie y compris les ports de Tunis et de Sousse.

### 3.1.2 Dépouillement des Données Recueillies

L'exploitation des résultats obtenus au Grand Tunis et au Grand Sousse est détaillée dans les sections 3.2 et 3.3 respectivement. Le dépouillement des données recueillies est présenté dans les paragraphes qui suivent.

#### (1) Climat

L'examen des données climatologiques mensuelles des cinq (5) années (Sept. 1986 à Dec. 1991) a été effectué sur la base des enregistrements disponibles aux stations de Tunis-Carthage et de Siliana au Grand Tunis et de Sousse et de Monastir au Grand Sousse.

#### (2) Pluviométrie

Les données pluviométriques journalières des 25 dernières années ont été recueillies pour 56 stations au Grand Tunis et de 16 stations au Grand Sousse. Celles-ci sont présentées dans le Tableau 3.1. Les périodes pendant lesquelles les données sont disponibles sont

récapitulées dans la Figure 3.2 alors que les emplacements des stations sont indiqués sur la Figure 3.3. Pour chacune de ces stations, l'équipe de l'étude a examiné les données des précipitations maximales journalières récapitulées dans le Tableau 3.2.

### (3) Courbes IDF

Les études des courbes IDF effectuées par l'Institut National de la Météorologie se basent sur des relevés pluviométriques qui s'étalent sur 21 ans (1970 à 1990) pour la station de Tunis-Carthage et 10 ans (1981 à 1990) pour la station de Monastir. L'ensemble des relevés pluviométriques annuelles de durée variant entre 6 minutes et 6 heures ont été utilisés pour l'analyse de fréquence et par suite deux formules ont été adoptées pour les courbes IDF. Les résultats des analyses sont présentés dans le Tableau 3.3 alors que les courbes sont tracées dans la Figure 3.4. Les résultats des études ont servi à l'analyse des écoulements.

### (4) Niveau des Marées

En Tunisie, le niveau des marées varie entre 0,8 m sur les côtes nord et 2,0 m sur les côtes sud. Les niveaux observés dans la baie de Tunis sont moins forts et varient entre +0.3 m à +0.4 m NGT pour la marée haute et -0.12 m NGT pour la marée basse. Les niveaux des marées observés à trois endroits sur la côté nord de la Tunisie sont résumés ci après.

#### Bizerte

Niveau maximum observé : +0.57 m NGT  
Niveau minimum observé : -0.63 m NGT

#### Baie de Tunis

Marée haute : +0.3 m à +0.4 m NGT  
Marée basse : -0.12 m NGT

#### Sousse

Niveau maximum observé : +0.58 m NGT  
Marée haute : +0.45 m NGT  
Marée basse : -0.05 à -0.1 m NGT

Selon les renseignements obtenus de l'OTC, le niveau 0.0 m NGT correspond au niveau moyen de la mer.



### 3.1.3 Pluie de Projet

#### (1) Echelle des études hydrologiques

Les critères de base suivants ont été adoptés pour l'étude pluviométrique:

- base de dimensionnement du plan directeur : période de retour de 100 ans
- base de dimensionnement de la 1ère étape : période de retour de 10 ans
- évaluation des dégâts des crues : période de retour de 1,05, 2, 5, 10, 25 et 100 ans

#### (2) Hyétogramme de la pluie de projet

Deux types d'hyétogrammes pour la pluie de projet ont été adoptés pour le calcul des hydrogrammes des débits du projet:

- La méthode des blocs alternés a été appliquée pour les petits et moyens bassins fluviaux dont le temps de concentration ne dépasse pas les 12 heures. L'hyétogramme est produit des courbes IDF avec un interval de temps égale au temps de concentration.
- La méthode de l'hyétogramme réel observé a été appliquée pour les grands bassins fluviaux dont le temps de concentration dépasse les 12 heures. Les hyétogrammes pluviométriques de Mai 1973 et Septembre 1986 ont été utilisés comme modèles types d'hyétogrammes d'étude.

### 3.1.4 Calcul des Débits de Ruissellement

#### (1) Choix du modèle de calcul de ruissellement

Les trois méthodes suivantes de calcul de ruissellement ont été choisies sur la base des caractéristiques et de l'échelle du bassin versant, de la disponibilité des données des ouvrages prévus par les variantes, etc.

- La méthode Rationnelle: adaptée pour les petits bassins qui ne sont pas dotés de réservoirs régulateurs ou de barrages pour lesquels il faut prendre en considération les analyses des hydrogrammes.
- La méthode de l'hydrogramme unitaire avec la formule rationnelle de calcul des débits de pointe qui s'applique pour les petits et moyens bassins qui sont dotés de réservoirs

régulateurs ou de barrages pour lesquels il faut prendre en considération les analyses des hydrogrammes.

- La méthode de stockage adaptée pour les bassins dotés de réservoirs régulateurs ou de barrages pour lesquels sont disponibles les données hydrologiques pour le développement et le calage des modèles.

## (2) Modèles de calcul de ruissellement

Les modèles de calcul de ruissellement adoptés pour chaque bassin des oueds concernés par l'étude sont présentés ci-après:

Oued Ennkhilet (17 km <sup>2</sup> )	: Hydrogramme unitaire + Rationnelle
Oued Greb (19 km <sup>2</sup> )	: Hydrogramme unitaire + Formule Rationnelle
Oued Gariana (87 km <sup>2</sup> )	: Hydrogramme unitaire + Formule Rationnelle
Oued Maliyan (1996 km <sup>2</sup> )	: Méthode de Stockage
Oued Mayzette (7 km <sup>2</sup> )	: Méthode Rationnelle
Oued Boukhamsa (6,2 km <sup>2</sup> )	: Hydrogramme unitaire + Formule Rationnelle
Oued Aïn Zerga (4,2 km <sup>2</sup> )	: Hydrogramme unitaire + Formule Rationnelle
Oued Hammam (222 km <sup>2</sup> )	: Hydrogramme unitaire + Formule Rationnelle
Oued Blibéne (15 km <sup>2</sup> )	: Méthode Rationnelle
Oued Hallouf (12 km <sup>2</sup> )	: Méthode Rationnelle
Oued Hamdoun (313 km <sup>2</sup> )	: Hydrogramme unitaire + Formule Rationnelle

## (3) Paramètres de Base de la Formule Rationnelle

Coefficient de ruissellement (f): par définition le coefficient de ruissellement de la formule rationnelle est égale au rapport du débit de pointe ruisselé à la précipitation moyenne. Selon les études de l'ONAS, les coefficients de ruissellement cités ci-après sont utilisés pour le calcul des débits d'écoulement au Grand Sousse.

<u>Occupation Du Sol</u>	<u>Coefficient de Ruissellement</u>
Terrain Agricole	0,2
Zone Urbaine Traditionnelle	0,8
Centre Urbain	0,7
Zone Suburbaine	0,7
Zone Résidentielle de Classe Moyenne	0,5
Zone Résidentielle Haut Standing	0,4
Zone Industrielle	0,6

Les coefficients de ruissellement adoptés pour cette étude ont été basés sur les études de l'ONAS, en adoptant les normes japonaises et américaines et en utilisant les cartes topographiques disponibles et l'occupation actuelle et future du sol. La liste des coefficients est présentée ci-après

<u>Catégorie</u>	<u>Occupation du Sol</u>	
	<u>Actuelle</u>	<u>Future</u>
Centres Urbains et Zones Résidentielles, Commerciales et industrielles	0,6	0,8
Terrains Agricoles et Espaces verts	0,2	0,2
Plan d'eau	1,0	1,0

Le coefficient de ruissellement est aussi défini comme le rapport des ruissellements sur la précipitation pour une durée donnée de temps. Les coefficients de ruissellement précités sont aussi adoptés pour le calcul des débits de pointe par la méthode de l'hydrogramme unitaire triangulaire avec la formule rationnelle.

- Le Temps de concentration ( $T_c$ ) est défini comme le temps de parcours d'une goutte d'eau du point le plus haut du bassin fluvial jusqu'au point de calcul. Il est égal à la somme du temps d'arrivée et du temps d'écoulement. Le premier est calculé par la formule Kirpich alors que le temps d'écoulement est calculé en fonction de la vitesse moyenne d'écoulement et des conditions physiques du lit du cours d'eau telle que sa pente longitudinale et sa capacité d'accueil.
- L'intensité de précipitation ( $i$ ) est considérée comme l'intensité moyenne de précipitation correspondante à un temps de concentration ( $T_c$ ). Les valeurs sont obtenues des courbes IDF adoptées dans les études de l'ONAS.

Le Tableau 3.4 récapitule les paramètres de base susmentionnés.

#### (4) Paramètres de Base de la Méthode de Stockage

L'emploi de la méthode de stockage sert à calculer l'écoulement des crues des sous-bassins et des rivières. En général, les caractéristiques des ruissellements varient d'un bassin à un autre. La méthode de stockage prend en considération ces variations qui sont dues aux données topographiques. Deux modèles de calcul sont utilisés; un modèle de transformation pluie-débit et un modèle de calcul d'écoulements dans les canaux. Les

formules de base et les formules empiriques utilisées pour le calcul des paramètres des modèles sont présentées dans le Tableau 3.5.

### 3.1.5 Etablissement des Stations de Jaugeage

#### (1) Pluviomètres Enregistreurs

Actuellement, il existe 56 stations pluviométriques réparties à l'intérieur et aux alentours du Grand Tunis. Alors qu'au Grand Sousse il y en a 16. Ces stations sont opérées et leur enregistrements sont compilés par la Direction Générale des Ressources en Eau (D.G.R.E). L'Equipe de l'Etude a vérifié les emplacements et l'état de ces stations pluviométriques et en a pu recueillir des enregistrements et des données diverses. Au mois d'Avril 1993, l'Equipe de l'Etude a installé quatre (4) pluviomètres dans la région du Grand Tunis et deux (2) au Grand Sousse. Les emplacements de ces nouveaux pluviomètres sont indiqués dans la Figure 3.3. Une description générale de chaque pluviomètre est présentée dans le Tableau 3.6.

#### (2) Stations à Echelles Limnimétriques

Dans la région du Grand Tunis, le bassin de l'Oued Maliyan est actuellement doté de quatre (4) stations à limnimètres automatiques. Alors qu'au Grand Sousse, il y en a deux dans le bassin de l'Oued Hammam. L'Equipe de l'Etude a vérifié les emplacements et l'état de ces stations limnimétriques et en a recueilli des enregistrements et de données diverses. Quatre (4) sites au Grand Tunis et un (1) site au Grand Sousse ont été choisis pour l'emplacement de nouveaux limnimètres comme indiqué dans la Figure 3.5. Une description générale des limnimètres existants et ceux à installer est présentée dans le Tableau 3.7.

### 3.2 Etudes Hydrologiques dans le Grand Tunis

L'air de l'étude couvre les sept (7) bassins fluviaux suivants:

- 1) Oued Enkhilet
- 2) Oued Greb
- 3) Oued Gariana
- 4) Oued Maliyan
- 5) Oued Mayzette
- 6) Oued Buo Khamsa
- 7) Oued Aïn Zerga

### 3.2.1 Climat

L'aire de l'étude se situe entre 36° et 37° de latitude Nord et 9°30' et 10°20' de longitude.

La température moyenne mensuelle varie entre 11,6°C en Janvier et 27,6°C en Août à Tunis-Carthage (5 m NGT d'altitude) et de 8,7° en Janvier et 27°C en Juillet à Siliana (430 m NGT d'altitude). Les températures maximales et minimales moyennes mensuelles sont d'environ 40°C en Juillet et 4°C en Janvier à Tunis-Carthage et 42°C en Juillet et 1°C en Décembre à Saliana. Les températures mensuelles des cinq (5) dernières années sont récapitulées dans le Tableau 3.8 et dans la Figure 3.6.

L'humidité relative moyenne mensuelle varie entre 61,3% en Juillet et 81,3% en Janvier à Tunis-Carthage et entre 45% en Juillet et 79,1% en Décembre à Siliana comme l'indiquent le Tableau 3.9 et la Figure 3.7.

La durée mensuelle d'ensoleillement varie entre 138,1 heures en Janvier et 332,7 heures en Juillet à Tunis-Carthage et entre 130 heures en Décembre et 323,9 heures en Juillet à Siliana comme l'indiquent le Tableau 3.10 et la Figure 3.8.

Entre 1986 et 1991 l'évapotranspiration moyenne annuelle était de 1196 mm. La valeur maximale (188 mm) est atteinte en Juillet et la valeur minimale (45 mm) est observée entre Décembre et Janvier. Les valeurs des évapotranspirations mensuelles et annuelles sont présentées dans le Tableau 3.11. Dans la Figure 3.9 sont tracées les valeurs des évapotranspirations moyennes annuelles ainsi que les valeurs de précipitation pour une durée de cinq (5) ans.

### 3.2.2 Analyses des Bassins Versants

Les bassins et les sous-bassins versants des principaux points concernés par l'étude ont été délimités et leur planimétrage a été effectué sur la base des cartes topographiques disponibles. Les superficies des sous-bassins sont présentées dans le Tableau 3.12. Les superficies des bassins versants des Oueds concernés sont résumées ci-après:

1) Oued Enkhilet	17 km <sup>2</sup>
2) Oued Greb	19 km <sup>2</sup>
3) Oued Gariana	87 km <sup>2</sup>
4) Oued Maliyan	1996 km <sup>2</sup>
5) Oued Mayzette	7 km <sup>2</sup>
6) Oued Bou Khamsa	6,2 km <sup>2</sup>

7) Oued Aïn Zerga 4,2 km<sup>2</sup>

L'examen des occupations actuelles et futures du sol et l'étude des bassins versants, à l'exception de l'Oued Maliyan, ont été réalisés dans le but de déterminer les caractéristiques des écoulements dans chaque bassin et d'obtenir des coefficients de ruissellement pondérés pour le calcul par la méthode rationnelle.

### 3.2.3 Analyses Pluviométriques

En général, la pluviométrie au Grand Tunis est caractérisée par des événements de fortes pluies et de courtes durées au cours de la saison pluvieuse (Septembre-Janvier) et par de pluies plus faibles et de longues durées vers la fin de la saison humide. Les relevés des précipitations moyennes annuelles à Tunis-Carthage et à Siliana illustrés dans le Tableau 3.14 et dans la Figure 3.10 ont été examinés dans le but de déterminer la forme des précipitations annuelles réelles. Il s'est avéré que les bassins versants examinés reçoivent de grandes quantités de pluie durant les mois de Septembre à Janvier. Tandis que la période sèche est observée durant les mois de Juin à Août.

Les pluviomètres à Aïn Djaja Pont du Fahs (40154), à Bir M'cherga (40962), au Domaine Dechamune (42248), à Robaa GN (45416) et à Tunis-Carthage SM (47832) ont été choisis par l'Equipe pour l'Etude des précipitations mensuelles et annuelles dans le Grand Tunis, vu leur emplacement, la disponibilité des données et la longue durée d'enregistrement. Les relevés des précipitations mensuelles sont dressés dans le Tableau 3.15. Alors que les précipitations moyennes mensuelles et annuelles sont présentées dans les Figures 3.11 et 3.12 respectivement.

La précipitation moyenne annuelle des bassins étudiés varie entre 380 mm et 540 mm. La moyenne annuelle de la pluie journalière maximale varie de 29 à 108 mm dans les bassins étudiés. La précipitation journalière maximale enregistrée en Octobre 1969 était 252,2 mm à Sid Adapt (46088).

### 3.2.4 Caractéristiques des Ruissellements

Le bassin versant de l'Oued Enkhilet fait partie du bassin versant de Sebkheth Ariana ce qui fait que tout l'écoulement de l'Oued se jette dans la Sebkheth. Celle-ci est jointe à la mer par un canal traversant la route littorale de la Marsa. L'exutoire de la Sebkheth est fréquemment bloqué par le transport des solides et le mouvement des cordons dunaires. Le bassin de l'Oued Greb se situe au côté nord-ouest du lac Nord de Tunis. L'écoulement provenant de ce bassin se décharge alors dans le lac de Tunis. Le bassin de l'Oued

Gariana fait partie du bassin versant de Sebket Séjoumi qui ne possède pas de pertuis à la mer. Le plus grand bassin versant de l'aire de l'étude est celui de l'Oued Maliyan qui se situe à la limite sud-est du Grand Tunis. Les apports de ce bassin se déchargent directement dans la baie de Tunis. Les bassins versants des Oueds Mayzette, Bou Khamsa et Aïn Zerga consistent en de petits bassins versants qui débouchent dans la baie de Tunis.

Les sept (7) rivières étudiées dans le Grand Tunis portent aussi le nom d'Oued qui est le synonyme d'un cours d'eau tari ou presque en saison sèche.

Selon le rapport de l'étude menée en 1973 sur l'Oued Maliyan, dix (10) stations de jaugeage à échelles limnimétriques existaient auparavant dans le bassin de l'Oued. Malheureusement, quelques unes ont été démolies suite aux crues de 1969. Actuellement il n'existe que quatre (4) stations à échelles limnimétriques dans le bassin de l'Oued parmi lesquelles trois (3) stations situées à Hammam Aval (K08), Thurburbo Majus (K18) et Bou Arada (K27) sont encore en état de marche. Les relevés recueillis des débits de l'Oued Maliyan sont récapitulés dans le Tableau 3.16.

### 3.2.5 Analyses des Débits des Crues

Les analyses des ruissellements des crues servent à composer, pour chacun des bassins versant susmentionnés, un modèle mathématique de calcul des débits de ruissellement des crues et de déterminer, pour la maîtrise des crues, le volume probable d'écoulement. Pour la région de Tunis, les trois (3) méthodes adoptées pour le calcul des quantités de ruissellement sont basés sur la superficie du bassin concerné, la disponibilité des données hydrologiques et les ouvrages existants pour l'amortissement des crues.

#### (1) Méthode Rationnelle

Cette méthode est adoptée pour le bassin de l'Oued Mayzette. La discrétisation et les points de calcul pour l'utilisation du modèle sont montrés sur la figure 3.13. Les résultats des calculs des débits de base pour tous les points de calcul sont montrés sur le tableau 3.17. Les débits spécifiques sont alors calculés pour la période de retour 100 ans et sont montrés sur la figure 3.14.

#### (2) Méthode de l'hydrogramme unitaire avec la Formule Rationnelle

Cette méthode est adoptée pour les bassins des Oueds Enkhilet, Greb, Gariana, Bou Khamsa et Aïn Zarga. La méthode des blocs alternés appliquée pour l'hydrogramme de la

pluie de projet établi à partir des courbes IDF avec la condition de prendre l'intervalle de temps égal au temps de concentration. Des exemples d'hyetogrammes typiques à Tunis développés avec des pas de temps de 60 min pendant 24 heures pour des périodes de retour de 100 et 10 ans ainsi que quele montre la figure 3.15. Les résultats à chaque point de calcul sont présentés dans le Tableau 3.17 alors que les débits spécifiques de la période de retour de 100 ans sont tracés dans la Figure 3.14. Les résultats des débits de pointe aux points de calcul sont récapitulés dans le Tableau 3.18.

### (3) Méthode de Stockage

Cette méthode est adoptée pour le bassin de l'Oued Maliyan vu la disponibilité des données hydrologiques, des hydrogrammes des débits de barrage de Bir M'cherga.

Les relevés des précipitations journalières moyennes des 52 stations de jaugeage du bassin ont été examinés pour composer le modèle mathématique de calcul par la méthode de stockage. Cependant, les résultats de calcul ont démontré qu'un grand nombre de ces stations donne des enregistrements erronés.

La station Tunis-Manoubia (47836) a été choisie comme une station de jaugeage typique vu la précision de ses données. Les relevés des précipitations journalières maximales de cette station sur une durée de 19 ans (1968 à 1986) ont été examinés pour les analyses de probabilité dont les résultats sont présentés dans le Tableau 3.19. La méthode de Gumbel a été adoptée pour des études additionnelles. Le rapport des valeurs du modèle de l'hyétogramme à celles des précipitations adoptées pour le projet est présenté dans le Tableau 3.19.

Les résultats du modèle de calage pour les mois de Mai 1973 et Septembre 1986 sont présentés dans le Tableau 3.20. Les hydrogrammes des débits réels observés au barrage de Bir M'cherga en Mai 1973 et les hydrogrammes des débits calculés sont présentés dans la Figure 3.14.

Les valeurs des débits des crues à chaque point de calcul sont présentées dans le Tableau 3.21 alors que les débits spécifiques à la période de retour de 100 ans sont tracés dans la Figure 3.15. Les résultats de calcul des débits de pointe à quelques points pour quelques variantes sont récapitulés dans le Tableau 3.22.

## 3.3 Etudes Hydrologiques dans le Grand Sousse

L'aire de l'étude dans le Grand Sousse comprend les quatre (4) bassins suivants:



- 1) Oued Hammam
- 2) Oued Blibene
- 3) Oued Hallouf
- 4) Oued Hamdoun

### 3.3.1 Climat

La zone de l'étude se situe entre 35°35' et 35°55' de latitude nord et entre 10°20' et 10°40' de longitude.

La température moyenne annuelle enregistrée à Monastir (altitude 15 m NGT) varie entre 12,1°C en Janvier et 27,9°C en Août. Les températures maximales et minimales moyennes mensuelles sont d'environ 40°C en Juillet/Août et de 5°C en Décembre/Janvier. Les températures mensuelles des cinq (5) dernières années sont récapitulées dans le Tableau 3.8 et dans la Figure 3.6.

L'humidité relative moyenne mensuelle observée à Monastir varie entre 63,4% en Juillet et 72,4% en Janvier comme indiqué dans le Tableau 3.9 et la Figure 3.7.

La durée d'ensoleillement mensuelle enregistrée à Monastir varie entre 158,1 heures en Décembre et 342,6 heures en Juillet comme indiqué dans le Tableau 3.10 et la Figure 3.8.

L'évapotranspiration moyenne annuelle observée entre 1986 et 1991 est de 984 mm. La valeur mensuelle maximale de 141 mm est enregistrée en Juillet, alors que la valeur minimale de 42 mm est enregistrée en Janvier. Les valeurs des évapotranspirations mensuelles et annuelles sont présentées dans le Tableau 3.11. Les valeurs de l'évapotranspiration et des précipitations mensuelles moyennes sont tracées dans la Figure 3.9.

### 3.3.2 Analyses des Bassins Versants

Les bassins et les sous-bassins versants des zones concernées ont été délimités et leur planimétrage effectué sur la base des cartes topographiques disponibles. Les superficies des sous-bassins présentées dans le Tableau 3.12 alors que les superficies des bassins versants des Oueds concernés sont résumées ci-après:

- |                 |                     |
|-----------------|---------------------|
| 1) Oued Hammam  | 222 km <sup>2</sup> |
| 2) Oued Blibene | 15 km <sup>2</sup>  |
| 3) Oued Hallouf | 12 km <sup>2</sup>  |

4) Oued Hamdoun 313 km<sup>2</sup>

L'étude des bassins versants et l'examen des occupations actuelles et futures du sol ont été effectués dans le but de déterminer les caractéristiques d'écoulement de chaque bassin versant et d'obtenir des coefficients de ruissellement pondérés pour le calcul de la Formule Rationnelle (voir Tableau 3.13).

### 3.3.3 Analyses Pluviométriques

Les valeurs des précipitations mensuelles moyennes pour la région de Sousse sont présentées dans le Tableau 3.14 et la Figure 3.10. La pluviométrie dans les bassins concernés est caractérisée par de fortes pluies entre les mois de Novembre à Janvier et par des périodes moins humides entre les mois de Mai à Août.

Les stations pluviométriques de Kalaa Seghria (73051) et de Msaken Delg. SM (74603) ont été choisies pour l'étude des précipitations annuelles et mensuelles vu leurs emplacements et la disponibilité de leurs données qui s'étalent sur de longues durées. Les données pluviométriques mensuelles sont présentées dans le Tableau 3.23 alors que les valeurs moyennes des précipitations annuelles et mensuelles sont présentées dans les Figures 3.16 et 3.17 respectivement.

La précipitation annuelle moyenne dans la zone des bassins concernés est d'environ 330 mm à 340 mm. La précipitation journalière maximale varie entre 23 mm et 164 mm. La précipitation journalière maximale enregistrée en Décembre 1973 à la station pluviométrique de Kalaa Kebira était de 267 mm.

### 3.3.4 Caractéristiques des Ruissellements

Le bassin versant de l'Oued Hammam est situé à l'Ouest de la ville de Sousse, alors que le bassin de l'Oued Hamdoun se trouve au sud de la ville. Les zones supérieures des deux bassins sont des terrains agricoles à pentes douces dont le coefficient de ruissellement est vraisemblablement petit. Les Oueds Blibene et Hallouf possèdent de petits bassins versants qui se situent aux environs de la ville de Sousse.

### 3.3.5 Analyses des Débits des Crues

Le but des calculs des ruissellements est de disposer pour chaque bassin, d'un modèle de simulation des crues basé sur les données hydrologiques qui permet d'aider pour la conception des ouvrages. Pour la région de Sousse, deux (2) modèles ont été adoptés pour le calcul des débits de ruissellement, basés sur la superficie du bassin concerné, la disponibilité des données hydrologiques et les ouvrages existants d'amortissement des crues.

#### (1) Méthode Rationnelle

Cette méthode est adoptée pour les bassins des Oueds Blibene et Hallouf. Les volumes d'écoulement obtenus à chaque point de calcul sont présentés dans le Tableau 3.25 et les débits spécifiques pour la période de retour de 100 ans sont tracés dans la Figure 3.18.

#### (2) Méthode de l'Hydrogramme unitaire avec la Formule Rationnelle

Cette méthode est adoptée pour les bassins des Oueds Hammam et Hamdoun. Les résultats à chaque point de calcul sont présentés dans le Tableau 3.25 et les débits spécifiques pour la période de retour de 100 ans sont tracés dans la Figure 3.18. Les résultats des débits de pointe dans quelques points pour chaque solution alternative sont récapitulés dans le Tableau 3.26.

## CHAPITRE 4 DEVELOPPEMENT URBAIN

### 4.1 Introduction

Les agglomérations du Grand Tunis et du Sousse ont témoigné, durant les dernières années, d'une croissance rapide dans le domaine du développement et de l'expansion urbaine et ce, en raison de l'augmentation de la population, de la croissance de productivité industrielle et de l'amélioration des services touristiques et de transport. Cependant, cette prospérité a provoqué la prolifération des habitats spontanés qui ne se conforment pas aux normes requises non seulement en ce qui concerne les infrastructures mais aussi du point de vue aménagement et loi cadastre des terrains. En conséquence de ce phénomène, de nouveaux projets et des études d'aménagement ont dû être réalisés, d'une part, pour faire face aux nouvelles exigences socio-économiques et d'autre part pour établir une nouvelle politique de l'utilisation du sol qui vise à réduire les différentes disparités entre les Gouvernerats de la zone de l'étude.

### 4.2 Grand Tunis

Le territoire du Grand Tunis constitue la plaine côtière urbaine développée qui forme les Gouvernerats de Tunis, Ariana et Ben Arous dans la région nord-est de la Tunisie (voir Figure 4.1). Il comprend 45 délégations et couvre une superficie de 253 km<sup>2</sup> où résident, actuellement, une population totale de 1769000 habitants desquelles 1.624.700 occupent les zones urbaines et 144.900 résident dans les zones rurales.

Actuellement, la majorité des Municipalités du Grand Tunis sont dotées de plans d'aménagement afin de faire face à la croissance de développement socio-économique et de satisfaire la croissance future dans les zones urbaines.

#### 4.2.1 L'Occupation Actuelle du Sol

Une révision succincte du développement urbain actuel dans le Grand Tunis montre que l'étendue de la zone urbaine a toujours augmenté durant la dernière décennie avec le quart de l'expansion urbaine ayant lieu sur les terrains agricoles situés aux environs des villes de Tunis, Ariana et Ben Arous.

Au sud, le tronçon Tunis-Ben Arous est dominé par les activités portuaires, le transport routier, les entrepôts et les industries lourdes et moyennes. Au nord, le tronçon Tunis-

Ariana se caractérise par des opérations de lotissement et par des industries légères et moyennes à l'ouest de l'aéroport.

L'occupation actuelle du sol au Grand Tunis est le reflet du développement urbain qui se répand autour de l'ancienne Médina depuis soixante dix ans. Le tissu urbain représenté dans la Figure 4.2 a été reconstitué à partir de photos aériennes et de visites de reconnaissance des lieux. La composition de l'utilisation actuelle du sol est présentée dans le Tableau 4.1. Les détails de l'agglomération urbaine sont présentés dans le Tableau 4.2.

Une description sommaire de la composition et de l'occupation du sol dans chaque Gouvernorat est présentée ci-après:

#### Gouvernerat de l'Ariana

Les zones urbaines couvrent environ 122 km<sup>2</sup> où résident 80% de la population totale du Gouvernorat. Durant les deux dernières décennies, les Municipalités ont témoigné des deux tendances d'urbanisation suivantes:

- La première couvre les projets d'habitats légaux qui sont en cours de développement par les secteurs privés et publics. Ces projets occupent actuellement une surface de 15,2 km<sup>2</sup> qui devrait augmenter à 20 km<sup>2</sup> afin de satisfaire les besoins futurs en matière de terrains pour les dix prochaines années.
- La seconde concerne les habitats illégaux ou spontanés qui se sont proliférés pour remplir la lacune entre l'offre et la demande sur l'habitat qui est restée non-remplie par les opérations de projets des lotissements légaux. Les habitats spontanés couvrent une superficie de 13,2 km<sup>2</sup> et constituent un des points majeurs concernés par l'étude de protection contre les inondations dans le Gouvernerat de l'Ariana pour le simple fait que ces habitats se sont proliférés sur les terrains agricoles, sur les lits des oueds et sur les cuvettes inondables qui sont des zones inconvenables à l'habitation. Un exemple type est la plaine de Choutrana (1800 ha) située au sud de Sebkheth Ariana où les habitats spontanés souffrent, durant la saison pluvieuse, de fréquentes inondations.

Les zones industrielles représentent une autre forme d'occupation du sol et couvrent une superficie de 366 km<sup>2</sup>.

L'utilisation du sol comprend aussi les terrains agricoles qui couvrent une superficie de 1053 km<sup>2</sup>. Parmi ces terrains, seul la plaine de Choutrana souffre de sérieux problèmes d'inondations du fait qu'elle se situe dans la zone aplatie de la cuvette de Sebkheth Ariana.

Les espaces verts tels que les parcs, les lits des oued, les forêts et les pâturages et les plaines inondables de Choutrana s'élèvent à 333 km<sup>2</sup>. Les services sociaux occupent une superficie de 6 km<sup>2</sup> qui sont distribués sur les différentes Délégations.

### Sebkhet Ariana

Située au nord du Gouvernorat, Sebkhet Ariana est un étang naturel qui occupe une surface de 50 km<sup>2</sup> et sert comme le milieu récepteur des eaux de ruissellement de l'Oued Enkhilet, le canal Cometra et des canaux de drainage situés le long de la RVE 501. La Sebkha reçoit aussi les surverses des débits des eaux usées des stations d'épuration de choutrana et côtière nord à Soukra. Actuellement la partie nord-est de la Sebkhet sert comme site de décharge des déchets solides.

### Gouvernorat de Tunis

Les zones urbaines actuelles de Gouvernerat sont saturées et couvrent une superficie de 105 km<sup>2</sup> où résident 10% de la population de la nation.

Depuis 1975, l'occupation de sol s'est rapidement développée dans les zones municipales urbaines et ce en raison de l'amélioration des infrastructures et de l'accroissement des services publics. Toutefois, ce développement urbain a suivi deux tendances distinctes. La première consiste en des zones d'habitats conventionnels développées au nord et au sud du Gouvernerat et qui couvrent 39 km<sup>2</sup> ou 60% de la superficie de l'agglomération. La deuxième concerne les habitats spontanés qui se sont excessivement proliférés et couvrent une superficie de 10,6 km<sup>2</sup> ou environ 16% de l'agglomération. Actuellement les habitats spontanés à Dar Fadhel, Aïn Zeghouan, Mellassine et Saïda Manoubia font face à de sérieux problèmes d'inondation auxquels il n'existe pas encore de solutions efficaces.

Les zones industrielles occupent 5,8 km<sup>2</sup> et se situent à l'Ouest de l'aéroport, autour du lac de Tunis et au port.

Les terrains agricoles représentent une seconde forme de l'utilisation du sol et couvrent une superficie de 100 km<sup>2</sup> qui se situe à l'Ouest de Sebkhet Sijoumi.

Les espaces verts tels que les parcs et les forêts occupent 15 km<sup>2</sup> et les services d'infrastructure couvrent environ 9 km<sup>2</sup>.

L'utilisation du sol au Gouvernorat est aussi caractérisée par deux plans d'eau importants, le lac de Tunis et Sebkhet Sijoumi qui occupent une 68 km<sup>2</sup> ou environ 24% de la

superficie du Gouvernorat. Une description sommaire de chacun de ces plans d'eau est présentée ci-après.

#### Lac de Tunis

Situé à l'est du Gouvernorat, le plan d'eau du lac de Tunis est divisé en deux parties. Le lac nord et le lac sud avec des superficies de 26 km<sup>2</sup> et 16 km<sup>2</sup> respectivement. Durant les dernières années, le lac nord a témoigné de la réalisation d'importants projets tels que les travaux d'aménagement des berges du lac, la construction du lotissement Al Bouhira, la mise en place du canal de la ceinture pour l'amortissement des crues, les opérations de dragage. En plus, le lac reçoit les eaux de ruissellement de l'Oued Greb et il est joint à la mer à travers le canal Khayreddine.

Le lac sud est aussi caractérisé par un nombre d'opérations telles que les activités portuaires du port de Tunis et du port de Radès et les salines sur les berges sud. Le lac reçoit aussi les eaux de drainage et les effluents industriels des zones riveraines, ce qui l'expose aux effets des inondations surtout des écoulements de la plaine de Radès.

#### Sebkhet Séjoumi

Sebkhet Séjoumi est un étang d'eau salée situé au centre du Gouvernorat et couvre une superficie de 26 km<sup>2</sup>. Auparavant, la Sebkha a fait l'objet de plusieurs projets tels que les travaux d'aménagement des berges et les ouvrages d'épuration des eaux usées. Actuellement, avec une profondeur d'eau d'une dizaine de centimètres, la Sebkhet sert comme le milieu récepteur des eaux de ruissellement de l'Oued Gariana et les zones riveraines. Elle reçoit aussi les effluents des eaux résiduaires de Sidi Hsein Séjoumi et Hay Az-Zouhour.

#### Gouvernorat de Ben Arous

La surface totale des zones urbaines de Gouvernorat s'élève à 109 km<sup>2</sup> desquels, seulement 32% sont actuellement occupés par l'agglomération urbaine comprise dans les Municipalités de Radès, Az-Zahra, Hammam-Lif, Boumhel et M'hammadia.

BenArous a aussi témoigné de la prolifération des habitats spontanés qui, actuellement, couvrent une superficie de 5,2 km<sup>2</sup> de l'agglomération et sont situés à Sidi Mosbah, Az-Zahra, Naassan, Hammam-Lif, Wadi Traboulsia et Fouchana. Aujourd'hui, tous ces habitats sont exposés aux inondations durant les événements pluvieux et ce en raison de

leur emplacement dans les zones aplaties ou de dépressions non-assainies telle que Fouchana, Wadi Traboulsia, Hammam-Lif, Sidi Saad, Boumhel et Khlidia.

Les zones industrielles occupent une superficie totale de 7,3 km<sup>2</sup> et se situent à Megrine, Bir El-Kasaa et à Borj Cedria.

Les terrains agricoles couvrent une surface de 358 km<sup>2</sup> dont la grande partie se situe dans la plaine de Mornag et le reste est partagé entre les Municipalités de Fouchana et de M'hammdia.

Les espaces verts couvrent une surface de 220 km<sup>2</sup> dont la majorité est constituée de réserves forestières situées le long de l'Oued Maliyan et le parc national.

Les projets d'infrastructure occupent une superficie de 3,3 km<sup>2</sup> qui sont partagés parmi les Municipalités du Gouvernorat.

En vue de son emplacement et de ses conditions climatiques, la région du Grand Tunis ne reçoit pas plus que 500 mm de précipitation moyenne par an. Pourtant, elle est toujours menacée par les risques d'inondation. Ce phénomène a été observé durant la saison pluvieuse de 1889-1990 au cours de laquelle des surfaces importantes de l'Ariana, de Tunis et de Ben Arous ont été exposées à des inondations considérables.

Même si certaines parties des surfaces inondées sont temporairement submergées pendant les événements pluvieux, le reste est soumis à des problèmes d'inondations plus importants, telle que la plaine de Choutrana et Soukra environnant Sebkheth Ariana et la plaine de Radès au sud du lac de Tunis.

Les surfaces actuelles soumises aux risques des inondations sont présentées dans la Figure 4.5. Elles étaient identifiées sur la base des derniers enregistrements des inondations de 1989-1990, des visites de reconnaissance des lieux et des consultations auprès des services compétents. Ces surfaces se trouvent situés dans des zones urbaines bien développées ainsi que dans des terrains agricoles.

Les lieux touchés par les inondations qui ont été examinés comptent plus de 24. Une description succincte des problèmes rencontrés à chaque lieu est présentée dans le Tableau 4.3.



Le but de cet exercice est d'établir une banque de donnée sur les risques des inondations qui servira à la planification de l'utilisation future du sol et qui aidera à réduire les effets néfastes des inondations à un niveau acceptable.

#### 4.2.2 L'Occupation Future du Sol

Au cours des deux dernières décennies, la plupart des communes du Grand Tunis ont été dotées de projets et de plans d'aménagement. Aujourd'hui, seulement quelques projets ont été réalisés, la grande partie des plans d'aménagement n'ont pas été exécutée et souffre d'un nombre de défauts telle que la mise à jour pour répondre aux besoins futurs d'aménagement, leur approbation et leur intégration dans le tissu urbain existant.

Dans cette perspective, il sera absolument nécessaire de développer un plan d'urbanisme qui, d'une part, prendra en considération les projets actuels d'aménagement et, d'autre part, devra satisfaire les besoins futurs en matière de terrain, le redéveloppement et l'amélioration de l'habitat.

Le plan d'urbanisme, présenté dans la Figure 4.6, définit les dispositions à entreprendre et recommande le cadre de travail suivant:

- La maîtrise de l'usage du sol dans les zones urbaines en vue d'empêcher le gaspillage des espaces.
- Le contrôle de la migration dans le but d'établir une croissance modérée de population parmi les trois Gouvernorats.
- La création de nouveaux centres urbains au nord et au sud qui seront dotés d'une partie des activités socio-économiques de la capitale.
- La distribution des activités industrielles parmi les trois Gouvernorats.
- La création de nouvelles zones pour l'expansion urbaine pour faire face à la croissance de la population.
- La lutte contre les habitats anarchiques et la réhabilitation des habitats spontanés.
- La maîtrise de l'utilisation du sol dans les zones agricoles qui sont susceptibles à l'urbanisme.
- La protection des espaces verts existants et le reboisement des terrains soumis aux risques d'érosion.

L'utilisation future du sol devrait prendre en compte les plans d'aménagement existants ainsi que les points susmentionnés.

### 4.2.3 Recommandation sur le Développement Urbain

#### a) Le Contrôle de l'urbanisation

- L'urbanisation des terrains qui nécessitent de faibles coûts d'investissement pour l'infrastructure et ce pour la création d'une réserve foncière au nord-ouest à M'nihla et Ksar Saïd et au sud-ouest à Naâssan et Fouchana.
- La restructuration des zones agricoles à Choutrana, Soukra et à l'ouest de Sebkhet Sijoumi pour accueillir l'expansion urbaine future.
- La création de nouveaux lotissements sur les berges du nord du lac de Tunis.
- La création de nouvelles zones industrielles à Manouba afin de réduire l'écart socio-économique entre les Gouvernorats.
- La préservation des terrains agricoles fertiles à Soukra, à Mornaguia et à Mornag.
- La protection et l'amélioration de l'environnement de Sebkhet Ariana et de Sebkhet Sijoumi et ce par l'adoption d'un programme de réhabilitation.
- L'aménagement du Lac de Tunis pour sauvegarder son équilibre biologique et aquatique.

Les terrains réservés à l'expansion urbaine s'élèvent à 8400 ha. L'affectation de ces réserves pour les deux décennies avenir est présentée dans le Tableau 4.4.

#### b) Les projets concevables pour Sebkhet Ariana

Sebkhet Ariana est une lagune littorale entre l'estuaire de la Medjerda et le Cap Gammarth. Elle se situe dans le Gouvernorat de l'Ariana et occupe une superficie totale de 50 km<sup>2</sup>.

Le cycle hydrologique de la Sebkha est caractérisé par les éléments suivants:

- Entrées
- Les précipitations
  - Les écoulements des Oueds et des canaux de drainage
  - l'intrusion des eaux salines
- Sorties
- L'évaporation
  - L'infiltration
  - L'affluence à la mer

Durant les mois de Juillet et Août, les sorties dépassent les apports d'eau et la Sebkha se tarie et se couvre d'une mince couche de sel.

L'utilisation future du sol aux environs de la Sebkha est présentée dans la Figure 4.6. En ce qui concerne l'aménagement du plan d'eau de la Sebkha, un nombre de propositions peut être envisagé, comme indiqué dans le Tableau 4.5.

c) Les projets concevables pour Sebkhet Séjoumi

Sebkhet Séjoumi est une lagune située à l'intérieur du pays, à l'ouest du lac de Tunis entre la GP3 et la MC 39 et occupe une superficie totale de 37 km<sup>2</sup>.

Le cycle hydrologique de la Sebkha consiste en deux éléments:

- Entrées - Les précipitations
- Les écoulements des Oueds et des canaux de drainage
  
- Sorties - L'évaporation
- L'infiltration

L'utilisation future du sol le long des berges du côté ouest de la Sebkha est présentée dans la Figure 4.5. Les propositions énumérées ci-après concernent l'aménagement du plan d'eau de la Sebkha.

- La réalisation des opérations de dragage en raison d'augmenter la capacité de stockage de la Sebkha. Les matériaux dragués seront utilisés dans les travaux d'aménagement des berges de la Sebkha et pour le site de décharge des déchets solides.
- L'approfondissement de la Sebkha peut aussi servir à envisager des opérations de pisciculture. Toutefois, ce projet doit être justifié par une étude de faisabilité.
- La création des zones de récréation le long des berges de la Sebkha et la transformation du plan d'eau en une zone d'activités nautiques.

d) Les travaux envisagés pour le Lac de Tunis

Situé entre la mer Méditerranée et l'ancienne Médina. Le Lac de Tunis couvre une surface 43 km<sup>2</sup> et constitue le plus important plan d'eau au Grand Tunis. Le Lac est divisé en deux parties.

e) Le Lac Nord

Le Lac nord qui occupe une surface de 26 km<sup>2</sup> est joint à la mer par le Canal Khayreddine. Durant la dernière décennie, le lac nord a témoigné la réalisation d'importants projets le long des berges nord. D'autres projets peuvent être envisagés pour le plan d'eau lui-même. Ceux-ci comprennent:

- Les travaux de dragage et d'aménagement des berges du lac.
- La pisciculture au côté est près du canal Khayreddine.
- La création de nouvelles zones de récréation pour les activités nautiques.
- La création des salines pour la production du sel.

#### f) Le Lac Sud

Situé à l'est du lac nord entre la mer Méditerranée et la zone industrielle et des entrepôts, le lac sud possède une surface d'eau de 16 km<sup>2</sup> qui est jointe à la mer à travers le canal de Radès. Actuellement, le lac reçoit les effluents résiduaires brutes des zones industrielles riveraines et ses berges sont utilisées comme site de décharge des déchets solides.

Depuis deux ans le Ministère de l'Équipement et de l'Habitat a réalisé une étude concernant la restauration et la mise en ordre du lac sud. Les recommandations qui ont découlé de cette étude sont résumées ci-après.

- La suppression des points de rejet des effluents industriels.
- La réalisation des travaux de dragage pour augmenter la capacité de stockage du lac.
- L'élargissement du canal de Radès en vue d'améliorer les échanges d'eau avec la mer.
- La création d'une zone d'activité de 930 ha au bord sud.

Evidemment, tous ces projets nécessitent d'être justifiées par des études de faisabilité et des analyses des coûts et des bénéfices et ce en vue d'établir un ordre de priorités pour la réalisation des projets.

### 4.3 Grand Sousse

Classée troisième après Tunis et Sfax, la conurbation du Grand Sousse est la capitale de la Région centrale-est de la Tunisie. Elle comprend 14 délégations et couvre une superficie de 2669 km<sup>2</sup>.

Situé entre la mer Méditerranée et l'autoroute proposée, la Métropole du Grand Sousse s'étend le long de la côte entre Oued Hammam et Oued Hamdoun sur une longueur de 20 km.

La structure administrative de Grand Sousse présentée dans la Figure 4.7 comprend les centres suivants:

- Une Métropole régionale : Sousse
- Trois centres régionaux ou villes moyennes : Hammam Sousse  
Kalaa Kebira  
Msaken
- Deux centres sous-régionaux : Akouda  
Kalaa Sghira
- Quatre centres locaux : Az-Zouhour  
Zaouiet Sousse  
Riyadh Sousse  
Ksiba

La topographie de la région est caractérisée par les plateaux vallonnées au sud, bordés au nord-est par l'étroite plaine de Sousse et au sud-ouest par les dépressions de Sebket Sidi El Hani.

#### 4.3.1 L'Occupation Actuelle du Sol

Pour les deux dernières décennies, le grand Sousse a témoigné d'un accroissement rapide de l'expansion urbaine. Entre Les années (1975 et 1993), l'urbanisation a augmenté de 86%. Cette tendance de prospérité découle de la croissance de population, de l'amélioration de la productivité industrielle et agricole, du développement des services du transport ainsi que des importants investissements dans le secteur de tourisme.

Actuellement, les centres urbains s'étendent à l'ouest de l'agglomération au compte des terrains agricoles situés aux alentours de la ville de Sousse. Ce phénomène d'urbanisation n'est pas bien planifié du fait qu'il a conduit à la prolifération de nouvelles zones résidentielles qui sont encore non-assainies.

L'utilisation actuelle du sol présentée dans la Figure 4.8 est caractérisée par deux aspects distincts:

- Le cordon côtier fortement urbanisé qui couvre les zones résidentielles, industrielles et touristiques répandues, du nord au sud, le long des bassins inférieurs des Oueds Hammam, Blibene, Hallouf et Hamdoun.
- Les centres urbains de l'intérieur répartis soit sur les bassins supérieurs des Oueds telle que Kalaa Sghira, Az-Zouhour, Zaouiet Sousse et Msaken ou sur les bassins intermédiaires comme Akouda, Messadine et Ksiba.

La composition de l'utilisation actuelle du sol présentée dans le Tableau 4.6 a été reconstituée des cartes topographiques, des visites de reconnaissance des lieux et des consultations des plans d'aménagement disponibles pour l'aire de l'étude.

Actuellement, les zones urbaines s'élèvent à 3415 ha. la moitié de ces zones est partagée entre Sousse et Hammam Sousse qui constituent les bassins inférieurs des 4 Oueds. Environ 10% des zones urbaines occupent les bassins intermédiaires des Oueds et les 40% qui restent sont répartis à Kalaa Kebira sur Oued Kbir, à Kalaa Sghira sur Oued Kharroub, à Az-Zouhour et Riyad Sousse sur Oued Hallouf et Msaken sur Oued Hamdoun.

Les terrains agricoles qui couvrent 12,713 ha s'étendent au sud de la GPI. Cette superficie est partagée parmi les bassins des quatre Oueds.

Les zones industrielles se situent le long des principales artères routières et couvrent une superficie d'environ 900 ha. La grande partie de ces zones se trouve dans les bassins inférieurs des quatre Oueds au nord de Hammam Sousse et entre Oued Hallouf et Oued Hamdoun. Le reste des zones industrielles se trouve dans les bassins supérieurs au nord de Kalaa Kebira et à l'est de Kalaa Sghira.

Les espaces verts tels que les parcs, les forêts et les pâturages s'étendent sur 749 ha dont la majorité se situe le long des lits des quatre Oueds.

Sebkhet Sousse est le seul plan d'eau dans l'aire de l'étude. Elle couvre 80 ha et se trouve au sud de Sousse entre l'Oued Hallouf et l'Oued Hamdoun. La Sebkha n'est pas exploitée et se tarie complètement en été et se couvre d'une couche de sel.

La précipitation moyenne annuelle dans le Grand Sousse ne dépasse pas 370 mm. Pourtant, des averses exceptionnelles comme celles de 1969 (700 mm) peuvent se produire et entraînent des inondations nuisibles et des dégâts onéreux.

Bien que dans le passé un nombre d'études a été réalisé pour atténuer les dégâts des inondations et pour améliorer la protection des propriétés soumises aux risques des inondations, aujourd'hui, une grande partie des centres urbains du Grand Sousse est encore en péril des crues qui menacent les hauts plateaux, les bassins intermédiaires et inférieurs des quatre Oueds.

Les visites des lieux et les discussions avec les services compétents ont permis d'identifier les importantes localités soumises aux risques des inondations. Celles-ci sont présentées dans la Figure 4.9. Une description sommaire des problèmes rencontrés et de leurs causes est présentée dans le Tableau 4.7.

Les investigations sur le terrain ont aussi révélé que beaucoup d'habitats spontanés qui se sont proliférés dans les lits des quatre Oueds. Ces habitats s'élèvent à 525 unités et sont répartis dans six délégations comme indiqué dans le Tableau 4.8. Un programme de déménagement de ces habitats est évidemment nécessaire afin de réaliser les travaux d'aménagement des oueds et d'éviter les accidents énoréux durant les événements pluvieux.

#### **4.3.2 L'Utilisation Future du Sol**

Il est prévu que le Grand Sousse serait exposé à des développements démographiques, industrielles, agricoles, touristiques et financiers et ce en raison de son importance sur le niveau national. Pour faire face à ce défi, la ville de Sousse ainsi que les centres urbains avoisinants, ont été dotés de plans d'aménagement urbain.

Aujourd'hui la plupart de ces plans est en cours d'actualisation et ce en vue des nouvelles exigences socio-économiques. En outre, le Plan Directeur de l'aménagement urbain de Sousse et de Monastir (Mars 1993), illustré dans la Figure 4.10, définit les orientations du plan d'urbanisme pour le Grand Sousse.

#### **4.3.3 Recommandations sur le Développement Urbain**

La composition proposée pour l'utilisation future du sol est présentée dans le Tableau 4.9. Les recommandations fournies par le Plan directeur sont récapitulées ci-après:

##### Développement de l'habitat

- Densification des terrains par l'accroissement des densités de la population urbaine et ce pour réduire les coûts des travaux d'infrastructure.

- La maîtrise des problèmes de l'habitat en supprimant les habitats spontanés et en améliorant le système de crédit pour l'habitat.
- La restriction de l'expansion urbaine aux terrains disponibles entre la ville de Sousse et la nouvelle déviation de la GPI.
- La création de zones agricoles à l'ouest de la nouvelle GPI afin de limiter le développement urbain dans les bassins intermédiaires des quatre oueds.
- La limitation de la construction d'habitats, dans les bassins supérieurs aux zones réservées au développement urbain afin de sauvegarder les terrains agricoles.

#### Développement industriel

- La création d'une zone industrielle libre de 9 ha au port de Sousse.
- La réhabilitation des zones industrielles existantes à Sousse et à Kalaa Kebira et la création de nouvelles zones à Msaken et à Kalaa Sghira dans les bassins supérieurs des Oueds Kharroub et Hamdoun respectivement.

#### Développement agricole

- La transformation des terrains situés à l'ouest de Kalaa Kebira et Msaken dans les bassins supérieurs des Oueds Kebir et Hamdoun en zones agricoles irrigables.

#### Développement routier

- Déviation de la GPI au sud de la ville de Sousse.
- L'achèvement du tronçon de la GPI2 entre Moureddine et la MC 100.
- La réhabilitation de la MC 48 qui relie Sousse à Kalaa Kebira.
- La création d'une nouvelle route inter-urbaine qui relie Kalaa Kebira à Kalaa Sghira et à Msaken.





## CHAPITRE 5 ASSAINISSEMENT URBAIN

### 5.1 Généralités

L'ensemble du réseau d'assainissement urbain est composé d'un système d'évacuation des eaux de pluie et d'un système d'égouts. L'objectif principal de l'étude est de confirmer si le volume des eaux usées ménagères et industrielles constitue le débit de base de chacune des rivières avant l'arrivée des crues. Si ce débit est minime, il ne sera pas pris en compte dans le calcul du débit de crue du projet.

D'après les résultats de l'examen des données et informations relatives aux systèmes d'évacuation des eaux de pluie et des eaux usées, ainsi que les résultats de la reconnaissance sur les lieux et des entrevues, il s'avère que l'inondation des routes urbaines représente le problème le plus critique jusqu'à présent. Ce problème est probablement causé par l'état peu satisfaisant du réseau d'évacuation des eaux de pluie. Par ailleurs, les eaux usées ménagères sont, pour la plus grande partie, traitées par les installations de traitement des eaux usées avant d'être déchargées directement dans la mer par un système de canaux. Une partie des eaux traitées est utilisée aussi pour l'irrigation. Les eaux usées industrielles sont déchargées dans les égouts ou les cours d'eau proches, sans traitement suffisant. Le volume de ces eaux est toutefois minime.

### 5.2 Examen du Système d'Assainissement Urbain Actuel

#### 5.2.1 Les Données Disponibles

En sus des données et informations obtenues par la mission précédente, la Mission d'Etude a essayé de recueillir des documents supplémentaires de diverses sources. Ces données et documents ont indiqué que tous les études et travaux relatifs aux systèmes d'évacuation des eaux de pluie et d'égout dans le Grand Tunis et le Grand Sousse avaient été effectués en plusieurs étapes principalement par l'Office National de l'Assainissement (ONAS), qui était sous la tutelle du MEH. Plusieurs données et informations concernant les systèmes d'assainissement avaient été publiées dans le passé, mais celles recueillies sur site au cours de la Phase 1 de l'Etude ne sont pas très récentes. Au cours de plusieurs visites aux bureaux de l'ONAS à Tunis et à Sousse, ainsi qu'aux bureaux d'études locaux qui sont très au courant de la situation actuelle et du plan de réalisation des projets de l'ONAS dans le futur, la Mission d'Etude a pu obtenir des informations générales sur les systèmes d'assainissement. Ces informations, toutefois, ne sont pas détaillées ou présentées sous forme de rapports et/ou dessins.

Un nombre de projets d'évacuation des eaux de pluie sont en cours de réalisation sous la gestion du MEH dans le Grand Tunis et le Grand Sousse. La Mission a recueilli des documents et des dessins indiquant les principales caractéristiques de ces projets.

Afin de connaître la relation entre le système d'alimentation en eau et celui d'assainissement urbain, on a recueilli aussi les données relatives à l'alimentation en eau de la Société Nationale d'Exploitation et de Distribution des Eaux (SONEDE). Depuis longtemps, tous les réseaux d'alimentation en eau des zones urbaines et rurales dans tout le pays sont exploités et gérés par la SONEDE. Cette société a suivi un programme d'implantation des réseaux d'alimentation en eau par étapes et est en train de réaliser le Huitième Plan Quinquennal de 1992 - 1996. Les informations sur le programme de réhabilitation et d'expansion dans le cadre de ce Plan sont disponibles au niveau national. Il n'existe pas de données au niveau régional.

### **5.2.2 Examen des Données Recueillies**

Les données et informations obtenues au cours des entrevues avec le personnel concerné de l'ONAS, de la SONEDE, du MEH et des bureaux d'étude locaux ont été examinées par la Mission d'Etude.

L'examen a montré que les systèmes d'évacuation des eaux de pluie et d'égouts dans le Grand Tunis ont été exploités, gérés et entretenus par l'ONAS depuis longtemps. Le Plan Directeur a été réexaminé tous les cinq ans, et il est actuellement à sa 4ème Etape. La révision du Plan Directeur et l'étude de factibilité des projets prioritaires sont en cours de finalisation et leurs rapports seront publiés bientôt par l'ONAS. La Mission d'Etude a demandé à l'ONAS de fournir les plus récentes données et informations produites par ses dernières études, et le MEH lui a aussi demandé de les livrer par voie officielle mais, malgré tout cela, aucune donnée n'a été obtenue. La Mission d'Etude a l'intention d'exploiter, autant que possible, les résultats des études de l'ONAS dans la formulation du plan directeur de lutte contre les crues.

Dans le Grand Sousse, les systèmes d'évacuation des eaux de pluie et d'égouts sont aussi planifiés, exploités et entretenus par l'ONAS. Le plan directeur a été révisé par l'ONAS en 1991 - 1992. Ce plan a préconisé l'expansion de ces systèmes pour satisfaire aux besoins d'assainissement.

En ce qui concerne l'alimentation en eau des régions du Grand Tunis et du Grand Sousse, les détails concernant les ouvrages existants, leur capacité, le nombre de personnes

desservies, etc. ne sont pas disponibles. Les données fournies par la SONEDE montrent seulement les caractéristiques des réseaux d'alimentation en eau au niveau national, qui sont récapitulées ci-dessous :

- Situation à la fin du Septième Plan (1987 - 1991)

- Quantité totale de l'eau fournie : 196 million m<sup>3</sup>
- Taux de distribution de l'eau potable : villes : 100%  
zones rurales : 33%
- Population desservie : 6.000.000  
( soit 73% de la population totale)

- Dans le cadre du Huitième Plan (1992 - 1996)

- Quantité totale de l'eau fournie : 217 million m<sup>3</sup>
- Taux de distribution de l'eau potable : villes : 100%  
zones rurales : 33%
- Population desservie : 6.800.000  
(soit 76% de la population totale)

### 5.2.3 Résultats de la Reconnaissance sur les Lieux

Les membres de la Mission d'Etude ont effectué, ensemble avec les homologues du MEH, une reconnaissance sur les lieux aux mois de mars et avril 1993, afin de saisir la situation actuelle des systèmes d'évacuation des eaux de pluie et des systèmes d'égouts. Les résultats de cette reconnaissance se résument comme suit :

- (1) Les limites de juridiction des projets de lutte contre les crues du MEH et des systèmes d'évacuation des eaux de pluie de l'ONAS ne sont pas clairement définies dans les zones urbaines. Par exemple, le plan de l'aménagement de l'Oued Enkhilet a été élaboré par l'ONAS et par le MEH en même temps, mais les travaux de construction sont en cours d'exécution par le MEH. Des cas similaires ont été constatés dans le Grand Sousse.
- (2) Il existe quatre installations de traitement d'eaux usées dans le Grand Tunis. Les eaux usées de la zone centrale de Tunis sont recueillies par un réseau d'assainissement unitaire, et le reste est évacué par un système séparatif. Ces réseaux sont reliés aux quatre stations de traitement. Compte tenu du climat sec et des ressources en eau peu abondantes de la Tunisie, le MA ainsi que d'autres

établissements privés sont en train de réaliser des projets qui consistent à ré-utiliser une partie des eaux traitées pour irriguer les terres. La partie restante des eaux traitées est déchargée dans la Méditerranée au niveau du côté nord de Sebket Ariana, par l'intermédiaire d'un système de canaux. De ce fait on peut conclure donc que la quantité d'eaux usées qui se déverse dans les oueds de la zone d'étude est minime.

- (3) Dans le Grand Sousse il existe actuellement deux stations de traitement des eaux usées. La station qui se trouve à Sousse Sud (ITSS) décharge les eaux traitées dans l'Oued Hallouf à travers un passage busé. La capacité de l'installation de traitement de Sousse Nord (ITSN) est déjà saturée et, en conséquence, les eaux non traitées se déversent dans la mer à l'embouchure de l'Oued Hammam. On a aussi remarqué qu'à plusieurs endroits, les eaux usées sont déchargées dans les oueds et dégagent une mauvaise odeur dans leurs environs. La quantité de ces eaux usées n'est pas encore déterminée.
- (4) Comme la plus grande partie des systèmes d'évacuation des eaux pluviales sont constitués d'ouvrages souterrains, tels que conduites, passages d'eau en béton, trous d'homme, etc., il est assez difficile de connaître exactement la condition actuelle sans avoir les plans de détail de ces ouvrages. Par ailleurs il a été constaté qu'à plusieurs endroits, les entrées de ces ouvrages sont complètement bouchées par les ordures jetées par les habitants de la zone. Le personnel de l'ONAS à Sousse a indiqué que le bassin de l'Oued Maouar, qui se trouve entre l'Oued Blibene et l'Oued Hallouf, a le plus de problèmes. Il est fréquemment sujetti aux inondations à cause du manque de capacité du système d'évacuation des eaux de pluie.
- (5) La Mission d'Etude a eu l'occasion d'observer la situation actuelle du système d'assainissement de la zone urbaine au centre de Tunis les 5 et 6 mai 1993 où une hauteur pluviométrique d'environ 100 mm a été enregistrée. Plusieurs routes dans cette zone ont été inondées jusqu'à quelques dizaines de centimètres à cause de l'insuffisance de capacité du système d'évacuation des eaux de pluie, mais ces inondations n'ont pas duré longtemps. On a noté par ailleurs que plusieurs bassins d'écrêtement qui se trouvent le long de la rivière ont fonctionné efficacement pour mitiger l'intensité des inondations dans la zone.

## 5.3 La Situation Actuelle au Grand Tunis et au Grand Sousse

### 5.3.1 Grand Tunis

#### (1) Réseau et ouvrages d'assainissement existants

Un inventaire du Réseau et des ouvrages d'assainissement exploités et entretenus actuellement par l'ONAS et le MEH n'est pas encore disponible.

#### (2) Plan d'assainissement urbain

L'ONAS est en train de compléter un plan d'assainissement urbain en ré-examinant le Troisième Projet d'Assainissement de Grand Tunis. Probablement, les résultats finaux seront disponibles bientôt.

#### (3) Organismes responsables de l'assainissement et de l'alimentation en eau

Les systèmes d'assainissement urbain dans le Grand Tunis sont gérés par l'ONAS, en général, et par le MEH, en partie. Par contre, les systèmes d'alimentation en eau sont entièrement gérés par la SONEDE, un organisme autonome relevant du MA. Il semble que ces organismes gouvernementaux et autonome réalisent les projets indépendamment, sans coordonner les plans entre eux.

### 5.3.2 Grand Sousse

#### (1) Système et ouvrages d'assainissement existants

Un inventaire du système et des ouvrages d'assainissement exploités et entretenus actuellement par l'ONAS et le MEH dans le Grand Sousse n'est pas encore disponible. La Mission d'Etude a demandé à l'ONAS et au MEH de lui fournir les données nécessaires.

#### (2) Plan d'assainissement urbain

Le plan directeur d'assainissement urbain du Grand Sousse avait été révisé par l'ONAS en 1991-1992. Dans ce plan il a été prévu la mise en place d'un système d'évacuation des eaux de pluie, qui comporterait quatre parties décrites ci-après, en vue de renforcer le réseau actuel :

- dans la partie nord : quatre (4) collecteurs d'une longueur totale de 6.200 m (un par le MEH);
- dans la partie ouest : trois (3) collecteurs et des collecteurs côtiers;
- dans la partie est : assainissement de la route vers Manasir;
- dans la partie sud de Sousse qui se trouve dans le bassin de l'Oued Hallouf : six (6) égouts collecteurs d'une longueur totale de 9.500 m.

### (3) Organismes responsables de l'assainissement et de l'alimentation en eau

Les organismes qui s'occupent de l'assainissement et de l'alimentation en eau sont les mêmes que ceux du Grand Tunis cités en haut.

### 5.4 Dimensionnement Préliminaire du Réseau d'Assainissement Urbain

Il a été remarqué que, dans les zones urbaines du Grand Tunis et du Grand Sousse, plusieurs routes sont fréquemment inondées pendant les averses à cause de la faible capacité du réseau d'assainissement urbain, et surtout à cause du manque d'ouvrages d'évacuation des eaux de surface. Par conséquent, en vue de minimiser les inondations sur les routes urbaines, la conception sommaire du réseau d'assainissement urbain envisagé a été formulée suivant les critères indiqués ci-après :

- débit de pointe : 10 m<sup>3</sup>/sec/km<sup>2</sup> (0,1 m<sup>3</sup>/ha)
- pente des drains : 1/100 en moyenne
- type de drain : canal rectangulaire (0,25 m x 0,25 m) et dalot (1,6 m x 1,6 m)
- superficie minimum d'un lot : 1 ha

Compte tenu de ce qui précède, le coût de construction du système d'assainissement urbain a été évalué approximativement à 6.800 DT par hectare. Ce coût sera pris en compte dans l'étude du programme de lutte contre les crues pour chacun des bassins des oueds étudiés.

## CHAPITRE 6 ENVIRONNEMENT

### 6.1 Institutions, Lois et Règlements

#### 6.1.1 Structure Institutionnelle

L'Agence Nationale de la Protection de l'Environnement (ANPE) qui a été créée en 1988 et le Ministère de L'Environnement et de l'Aménagement du Territoire qui a été créée en 1991 constituent les principaux organismes chargés de la gestion et de la protection de l'environnement. Leurs structure, rôles et responsabilités sont Définis par les décrets publiés en Février et en Avril 1003. La structure institutionnelle comprend aussi les organismes suivants:

##### (1) Organismes à Mandat Spécial

Ce sont des agences responsables spécifiquement de la gestion de l'environnement dans leurs secteurs respectifs. Ces agences comprennent diverses directions du Ministère de la Santé, de l'Agriculture, de l'Intérieur, de l'Economie et des Finances ainsi que les Municipalités, la Commission Nationale de l'Environnement et plus que 30 organismes gouvernementaux.

##### (2) Organismes à Mandat Implicite

Ceux-ci comportent les organismes concernés indirectement ou partiellement par la gestion de l'environnement. Ils jouent un double rôle et sont spécialisés dans un domaine bien défini. Parmi ces organismes, on cite l'ONAS, l'ONIT, la SONEDE, l'ARRU etc.

##### (3) Organismes de support

Ceux-ci fournissent des services importants dans le domaine de l'environnement et comprennent les instituts de recherches, les laboratoires et les instituts d'enseignement.

#### 6.1.2 Cadre Législatif et Réglementaire

Le cadre législatif et réglementaire qui se rapporte à l'environnement en Tunisie est géré par un grand nombre de textes et de décrets juridiques. A ce sujet, les trois commentaires suivants sont observés:



- (1) Le manque d'une approche globale juridique intégrée pour la protection de l'environnement. Il n'existe aucun code environnemental mais plutôt des textes (lois, décrets, décisions etc.) éparpillés qui se rapportent à un grand éventail de domaines.
- (2) Le grand nombre d'agences responsables de l'environnement, la création de l'ANPE et du Ministère de l'Environnement et de l'Aménagement du Territoire n'ont pas encore eu d'impact sur la coordination des responsabilités des divers services compétents.
- (3) L'application partielle des recommandations. Ceci est dû à un manque de personnel et des ressources financières ainsi qu'à un nombre d'éléments juridiques qui concernent les ambiguïtés de manque de pouvoir des autorités compétentes pour la mise en vigueur des lois.

### 6.1.3 Décrets, Lois et Directives

La législation tunisienne sur l'environnement touche les trois catégories suivantes:

- (1) La protection de l'environnement naturel tels que les sols, les sous-sols, les forêts, les canaux et les rivières, l'environnement marin, l'air, la faune et la flore;
- (2) La protection des habitations y compris la conservation de l'archéologie, du patrimoine historique et des parcs nationaux;
- (3) Le contrôle de la pollution par les déchets nocifs, les produits chimiques contaminants, les substances dangereuses, le bruit et les mauvaises odeurs .

Les lois, décrets et directives relatifs à l'environnement qui touche l'étude de protection contre les inondations sont énumérés ci-après;

- a) Le Code des forêts (1966, révisé en 1988). Ce code concerne la protection des forêts et des ressources de la faune et de la flore.
- b) Le Code de protection des terrains agricoles (1983).
- c) Le Code urbain (1979) avec quatre documents (1980) pour le développement urbain.

- d) Les textes divers sur le contrôle de nuisance associée au rejet des déchets et des produits chimiques nocifs et au niveau de bruit.
- e) Le Code des eaux publié en 1975 pour la protection des canaux et des rivières. Parmi les autres mesures, le code comprend une série de lois pour empêcher la pollution des eaux de surface et souterraines. Il inclut aussi des dispositions générales concernant l'épuration des eaux résiduaires urbaines et l'assainissement individuel. Le code des eaux contient une des premières lois à encourager ce processus, en conseillant que l'aide financière de gouvernement pour le développement industriel soit liée, d'une part, à l'engagement des industriels de prévoir des systèmes d'épuration adéquat et, d' autre part, au "principe pollueur payeur" afin de financer les projets d'épuration des eaux résiduaires industrielles par l'application des tarifs progressifs proportionnels à la charge polluante.
- f) En 1985 le décret No. 85-56 concernant les règlements de rejet des eaux usées et des déchets dans l'environnement était mis en vigueur. Le décret stipule les règlements concernant les rejets des eaux usées dans la nature et précise les pénalités contre la violation des règlements.
- g) La Norme Tunisienne, N.T 106.002, sur la "Protection de l'Environnement - Rejet des Eaux Usées en mer, dans les rivières et dans les Egouts" était mise en vigueur en 1989. Elle stipule ses objectifs par la mise en application de normes sur la qualité des eaux usées, la qualité des eaux potables et la méthode de leur analyse et sur le niveau de traitement des eaux résiduaires avant leur rejet en mer, dans les rivières ou dans les égouts publics. Ci-après, sont citées quelques observations sur cette norme.
  - i) la lutte contre la pollution de l'eau est fondée sur la mise en vigueur des lois qui limitent les quantités des rejets
  - ii) les limites applicables aux rejets des polluants ont été arrêtées sur la base de leur concentration au point de rejet sans tenir compte du volume total rejeté. Dans beaucoup de cas, les normes tunisiennes sont plus strictes que les normes internationales ce qui les rend plus ardu à être exécutées en plus du fait que la technologie nécessaire à leur mise en application n'est pas encore localement disponible.
  - iii) l'indisponibilité des inventaires qui classifient les eaux publiques en fonction de leur mode d'usage et de leur qualité.

- h) Le Décret No. 91-362 publié en 1991 concernant les Etudes d'Impact sur l'Environnement (EIE) stipule la nécessité de réaliser des EIE avant la mise en place des projets et en particulier ceux associés aux activités de l'industrie, de l'énergie, du transport et du tourisme. Les procédures de l'évaluation de l'impact sur l'environnement de plusieurs de ces activités ne sont pas encore clairement définies.
- i) Les conventions internationales qui se rapportent à l'environnement sont ratifiées par la Tunisie.

## 6.2 Etat Actuel

L'état actuel de l'environnement des bassins versants concernés par l'étude est récapitulé dans les Tableaux 6.1 et 6.2 pour le Grand Tunis et le Grand Sousse respectivement. Des prélèvements et des analyses sur des échantillons d'eau ont été réalisés à des endroits précis sur les Oueds concernés par l'étude et ce pour déterminer la qualité de leur eau et de compléter les observations de terrain. Les emplacements des prélèvements sont rapportés dans les Figures 6.1 et 6.2 alors que les résultats des analyses sont présentés dans les Tableaux 6.3 et 6.4.

## 6.3 Examen Initial de l'Environnement (EIE)

### 6.3.1 Evaluation de Base de l'Environnement

Cette disposition consiste en l'identification des importants éléments de l'environnement y compris une évaluation de leur état actuel et une estimation de leur état futur sans projet. Les résultats des évaluations menées au Grand Tunis et au Grand Sousse sont présentés dans les Tableaux 6.5 et 6.6 respectivement.

L'évaluation de l'importance de chaque élément de l'environnement, par rapport au problème des inondations, est réalisée sur la base d'une Echelle arbitraire. Le facteur d'importance dépend alors des caractéristiques des bassins versants et de la nature (cause et degré) de leurs problèmes d'inondation. Le classement, du point de vue importance, de chaque élément de l'environnement est présenté dans les Tableaux 6.5 et 6.6 et ce sur la base des critères d'évaluation suivants:

Classement

Critère

1 (pas important)	non-touché ou non affecté par l'inondation
2 (important)	touché jusqu'à un certain degré par l'inondation
3 (très important)	considérablement touché par l'inondation
x (pas clair)	Peut être ou ne pas être touché par l'inondation, Des études complémentaires peuvent être nécessaires

Cette échelle est une mesure arbitraire pour évaluer le niveau de qualité de chaque aspect de l'environnement à l'état actuel jugé être important ou très important par rapport au classement précité. L'appréciation de l'évaluation a été déterminée suite à la comparaison de l'état actuel de l'environnement avec son état antérieur. L'échelle de l'évaluation de l'état choisi suite à la comparaison de l'état actuel de l'environnement avec son état qui existait il y a une vingtaine d'années.

<u>Classement</u>	<u>Critère</u>
1 (pas important)	qualité pire qu'il y a vingt ans
2 (important)	presque la même qualité qu'il y a vingt ans
3 (très important)	qualité meilleure qu'il y a vingt ans
x (pas clair)	classement impossible vu l'indisponibilité des données; Des études complémentaires peuvent être nécessaires

L'étape finale de cette évaluation de base comprend une échelle arbitraire qui servira à décider que serait l'état futur de l'environnement sans intégration du projet. C'est-à-dire que serait l'effet des aménagements sur l'environnement. L'état de l'environnement prévu dans le futur est présenté dans les Tableaux 6.5 et 6.6. Le système de classement est énuméré ci-après.

<u>Classement</u>	<u>Impact Sans Projet</u>
	(négatif)
-3	haute importance
-2	moyenne importance

-1	faible importance
0	pas d'impacts significatifs
x	impact pas clair; nécessité d'études complémentaires
	(positif)
1	faible importance
2	moyenne importance
3	haute importance

Les classements de ces trois étapes sont appréciés sur la base des états susmentionnés de l'environnement dans l'aire de l'étude. Les éléments d'environnement qui ont reçu un classement de 2 ou 3 ou x avec un classement actuel de 1 ou x ou un classement futur de x ou +/-2 à 3 sont reportés à la seconde étape d'évaluation: *Compatibilité environnementale et matrice d'appréciation.*

### 6.3.2 Compatibilité Environnementale et Matrice de Décision

Cette disposition est une évaluation globale destinée à examiner les perturbations ainsi les bénéfices futures de point de vue qualité d'environnement par la mise en place du projet.

Le classement de l'impact avec projet est le même que celui de "l'état futur de l'environnement sans projet" cité dans l'Evaluation de Base de l'Environnement. Les résultats de l'évaluation pour le Grand Tunis et le Grand Sousse sont présentés dans les Tableaux 6.7 et 6.8 respectivement.

### 6.3.3 Impact sur l'Environnement

Les résultats de l'Etude Initiale de l'Environnement (EIE) pour le Grand Tunis et le Grand Sousse sont présentés dans le Tableau 6.7 et 6.8 respectivement. L'option (mesures structurelles) sans projet est comparée à l'option (mesures structurelles) avec projet. Chaque variante est considérée pour chaque bassin versant de l'option avec projet. Les mesures structurelles considérées, diffèrent d'un bassin à l'autre. En général, ceux-ci comprennent un ou une combinaison des éléments suivants: les travaux d'aménagement des lits des Oueds, la construction de nouveaux bassins d'écrêtement, la réhabilitation des bassins ou des barrages existants, les nouveaux ouvrages de dérivation et un nouveau barrage pour la maîtrise des crues.

### (1) Sans Projet

Sans les mesures structurelles, les inondations au Grand Tunis et au Grand Sousse continueront de causer des perturbations économiques à une grande partie de la population, en particulier les habitats spontanés qui se situent dans les plaines inondables. L'eutrophisation des Oueds continuera, menaçant ainsi leur écoulement normal, et par conséquent augmentent les surfaces inondables. La perte des récoltes continuera à se produire dans les zones agricoles inondables, l'érosion des lits des Oueds persistera. Les risques de prolifération des maladies d'origine hydrique augmenteront suite aux crues, du fait que les déchets solides et les eaux résiduaires industrielles et urbaines se jettent dans les cours des oueds. Les interruptions de trafic causées par les inondations sont minimales et se limitent à des retards de circulation. Cependant cela peut s'aggraver si des dispositifs de maîtrise des crues ne sont pas adoptés avec la croissance du nombre de véhicules.

### (2) Avec Projet

Les mesures structurelles proposés dans chaque variante pour les bassins fluviaux concernés mènent à des impacts positifs sur l'environnement comme l'indiquent les Figures 6.7 et 6.8. La construction de nouveaux ouvrages pour la maîtrise des crues, l'aménagement et la réhabilitation des ouvrages existants conduisent à des impacts positifs. Cependant, la prolifération des habitats spontanés dans la plaine de Choutrana dans l'Ariana provoque des inondations du fait qu'elle constitue un obstacle entravant le drainage naturel de la plaine. Le même cas est observé dans les zones d'habitats spontanés près de l'Oued Hammam, à Oued Iaïa près de Kalaa Kbira, à Oued Hollouf et à Oued Hamdoun près de M'saken dans la région de Grand Sousse, la construction d'habitats spontanés dans les zones inondables, la présence des ouvrages de drainage mal conçus ou sous-dimensionnés et les rejets des eaux résiduaires industrielles et urbaines et des déchets solides dans les cours d'eau, tous sont des phénomènes causés par l'homme qui doivent être abordés par des mesures non-structurelles telle que la mise en vigueur de nouvelles politiques et des règlements plus stricts.

Actuellement, la prolifération des habitats spontanés est abordée par la stratégie suivante:

- a) L'amélioration au lieu de l'abolition des habitats spontanés.
- b) L'ingérence du gouvernement dans l'aménagement du territoire et la provision des infrastructures plutôt que d'interférer dans la construction des habitats.

- c) L'adoption de nouvelles normes de développement urbain applicables à la classe de revenus faibles.
- d) La suppression des subventions en faveur d'une politique basée sur le coût de recouvrement et application des coûts réels comme étant la seule alternative qui pourrait faire face aux besoins de provision en matière d'habitat et d'infrastructures.

Les études de l'aménagement urbain préconisent l'aménagement des berges de Sebkheth Ariana et de Sebkheth Sijoumi. L'impact de ces travaux sur l'environnement doit être étudié et déterminé. Un grand nombre d'oiseaux hivernaux a été observé se réfugier dans les deux Sebkheths aux mois de Mars et d'Avril. Cependant, il n'existe pas de données relatives aux types et aux nombres de ces oiseaux, en plus leur appréciation par la population n'est pas encore bien claire. Actuellement il n'existe pas d'études sur le comportement de l'écosystème des Sebkheths à soutenir des migrations de longues durées des oiseaux hivernaux. La Sebkheth Ariana et la Sebkheth Sijoumi sont des milieux récepteurs des Oueds Enkhilet et Gariana respectivement. Cependant elles ne possèdent pas de seuils déversants ce qui fait que toutes les eaux de ruissellement des Oueds s'évaporent ou s'infiltrent durant la saison sèche et ces deux plans d'eau ont laissés avec une très petite couche d'eau saline riche en sédiments. Ce phénomène ne permet pas la croissance des algues et d'autres nourritures aquatiques nécessaires aux oiseaux hivernaux. Dans ce sens, il serait nécessaire de mener une étude concernant l'appréciation de la population sur la migration des oiseaux hivernaux et de déterminer jusqu'où l'écosystème des Sebkheths peut soutenir le mouvement migratoire prolongé de ces oiseaux. A la lumière des résultats de cette étude, il serait possible d'évaluer les bénéfices des projets d'aménagement des berges des sebkheths.

Les autres impacts néfastes sur l'environnement qui peuvent résulter des travaux d'aménagement des berges de Sebkheth Ariana et de Sebkheth Sijoumi ne sont pas remarqués. Pourtant la diminution des terrains agricoles en faveur de l'urbanisation des berges devrait être contrôlée par des mesures institutionnelles appropriées.

Les travaux d'aménagement contribueront à améliorer l'esthétique des oueds et le paysage puisqu'ils traversent de zones urbaines résidentielles. Le paysage riverain de l'Oued Hamman dans la zone touristique à Sousse devrait être exécuté soigneusement.

La réalisation des barrages et des retenues d'eau proposés sur les divers oueds de l'aire de l'étude n'aura aucun impact défavorable sur l'environnement telle que l'eutrophisation et la turbidité puisque les eaux seront retenues uniquement durant les périodes des crues.

La salinité de l'Oued Maliyan pose un problème puisque les eaux de l'Oued ne peuvent être utilisées pour l'irrigation. Les Oueds Kebir, Djarabiah et Hamman sont les principaux affluents de l'Oued Maliyan. Le tronçon central de l'Oued est caractérisé par des plaines applaties où existe un lac salé. Durant la période de crue, les eaux du lac se mélangent avec celles de l'oued produisant ainsi de fortes teneurs de salinité dans l'Oued Maliyan. L'effet du changement de la salinité qui pourrait se produire dans l'oued Maliyan dû à l'introduction de nouveaux ouvrages régulateurs de crue nécessitera la réalisation d'études plus détaillées.

Compte tenu des causes des inondations et de leur impact négatif sur l'environnement, il serait nécessaire d'entreprendre à côté des mesures structurelles, les mesures non-structurelles suivantes:

- (1) La maîtrise de l'utilisation du sol dans les zones soumises aux inondations pour y empêcher la prolifération des habitats spontanés et pour réhabiliter les habitats existants. Cela peut être réalisé par l'application d'un code de zoning et par la réalisation d'une politique efficace sur l'usage du sol.
- (2) La suppression de la pollution hydrique causée par les rejets des déchets solides et des eaux résiduaires urbaines et industrielles dans les Oueds, exige de faire recours à un système de contrôle et de mettre en vigueur des lois et de règlements pour la maîtrise de la pollution.
- (3) Le ralentissement du ruissellement et l'augmentation de l'infiltration réduisent les risques des inondations. Cela comprend la gestion des bassins telle que l'intensification de la couverture végétale des pentes, l'amélioration de l'usage agricole, la mise en place de dispositifs pour la maîtrise de l'érosion et la culture de végétation le long des rives des Oueds pour réduire l'effet des crues.
- (4) La suppression et l'interdiction de bâtir certaines structures dans les zones soumises aux inondations. Cela peut être achevé par la formulation et la mise en vigueur des ordonnances de zoning.
- (5) Le développement d'un système d'alarme contre les crues et de programmes d'évacuation pour les zones résidentielles soumises aux inondations.

Enfin, il est clair que la mise en places des projets proposés dans chacun des bassins versants produira des impacts physiques et sociaux sur l'environnement qui sont sensés



avoir des effets positifs. A cet égard, chacune des solutions variantes proposées est jugée acceptable de point de vue environnement à condition que les impacts négatifs susmentionnés soient traités par les mesures non structurelles précitées.

#### **6.4 Evaluation de l'Environnement des Projets prioritaires sélectionnés**

##### **6.4.1 Grand Tunis**

1 ère Priorité: L'aménagement de l'Oued Maliyan (l'amélioration de l'Oued Hamma y compris le projet du barrage pour la maîtrise des crues)

Les principaux aspects environnementaux à examiner sont:

1. La maîtrise de la salinité des eaux de l'Oued Maliyan,
2. L'embellissement du paysage des zones riveraines et
3. La réhabilitation des habitats spontanés, repeuplement et programmes d'évacuation.

2nde priorité: L'aménagement de l'Oued Enkhilet (amélioration du chenal du tronçon aval et l'aménagement des berges de la Sebkha).

Les principaux aspects de l'environnement à étudier sont:

1. La réhabilitation, le repeuplement et les programmes d'évacuation des habitants spontanés situés dans la basse plain de Choutrana et
2. Les projets d'aménagement des berges de Sebkhet Ariana, leurs impacts sur l'environnement et leurs effets sur le mouvement migratoire des oiseaux hivernaux.

##### **6.4.2 Grand Sousse**

1 ère priorité: Oued Hammam (l'aménagement du chenal et la réalisation d'un bassin d'écrêtement sur les tronçons en aval)

Les aspects environnementaux à examiner sont:

1. La réhabilitation, le repeuplement et les programmes d'évacuation des habitats spontanés situés dans le lit de l'Oued et
2. L'embellissement du paysage des zones touristiques côtières.

2<sup>de</sup> priorité: Oued Hallouf (l'aménagement du lit de l'Oued)

Les principaux aspects environnementaux à examiner sont:

1. La réhabilitation, le repeuplement et les programmes d'évacuation des habitats spontanés situés dans le lit de l'Oued et
2. L'embellissement du paysage des zones riveraines.



## CHAPITRE 7 OUEDS ET INONDATIONS

### 7.1 Généralités

Les crues les plus importantes enregistrées en Tunisie sont celles des années 1969, 1973, 1986 et 1989. La crue de 1969 a été particulièrement violente; le bilan officiel des dégâts a été estimé à 12 % du GDP, 300.000 personnes ont été affectées à travers le pays avec environ 500 morts et 70.000 habitations détruites. Dans le but de protéger les propriétés résidentielles et les aménagements publics de ces crues violentes, des mesures structurelles et non structurelles de protection sont réclamées d'urgence.

La présente étude consiste à formuler le Plan Directeur pour la protection contre les inondations causées par sept oueds dans la zone du Grand Tunis et par quatre oueds dans la zone du grand Sousse. Ces oueds ont des bassins versants dont la surface varie de 6 à 2000 km<sup>2</sup> et présentent chacun des caractéristiques et des conditions d'occupation du sol propres. Ce chapitre décrit les conditions actuelles des bassins versants, l'avancement des projets d'aménagement, le mécanisme des crues et leurs caractéristiques.

Afin d'estimer la capacité actuelle de transit, l'écoulement est supposé non uniforme avec les conditions et les hypothèses suivantes:

(1) Coefficient de rugosité	Cours d'eau à l'état naturel	0.035
	Revêtement en béton	0.025
(2) Niveau d'eau initial	Niveau de la mer	0.4 m NGT
	Sebkhet Ariana	0.8 m NGT
	Sebkhet Sijoumi	9,5 m NGT
	Canal de ceinture pour Oued Greb	0.7 m NGT

### 7.2 Oueds de la Zone du Grand Tunis

#### 7.2.1 Oued Enkhilet et Sebkhet Ariana

Oued Enkhilet et Sebkhet Ariana, comme le montre la Figure 7.1 se situent au nord du Grand Tunis. La surface totale du bassin de l'oued Enkhilet, des autres bassins déversant dans la Sebkha et de la Sebkha elle même est de 124 km<sup>2</sup>. Les surfaces se répartissent comme suit:

<u>Bassin versant</u>	<u>Surface (km<sup>2</sup>)</u>	<u>Pourcentage (%)</u>
Oued Ennkhilet	17,1	13,7
Autres oueds	73,6	59,2
Sebkhet Ariana	33,7	27,1
<u>Total</u>	<u>124,4</u>	<u>100,0</u>

L'oued Ennkhilet est situé à l'ouest du bassin. Le développement des habitations sur les rives de la Sebkha et dans les zones hautes du bassin est en progression. Ceci a pour conséquence l'accentuation du problème d'inondation. L'exutoire de la Sebkha dans la mer est parfois obstrué par un cordon dunaire.

Oued Ennkhilet collecte les eaux des affluents et s'écoule le long de la route RVE 533 pour se jeter finalement dans Sebkhet Ariana. La présentation du réseau d'oueds déversant dans la Sebkha est montré sur la Figure 7.2. Des travaux d'aménagement de l'oued ont été entamés dans les tronçons amont par le MEH. D'ores et déjà, deux phases de travaux ont été réalisées pendant la période 1990-1992 et le coût de la construction est estimé à environ 2,2 millions DT. Des conduites et des dalots à section rectangulaires ont été adoptés pour ces tronçons. L'emplacement et les sections types des tronçons aménagés sont montrés sur la Figure 7.3.

En plus des travaux d'aménagement d'oueds, la Direction de la Conservation de l'eau et du sol du MA a construit un petit barrage nommé barrage Aïn Snoussi sur un des affluents, et ce dans le but de contrôler ses crues.

Les principales caractéristiques de ce barrage sont:

Surface	1,12 km <sup>2</sup>
Côte de crête	103 m NGT
Longueur de crête	74 m
Volume de la digue	5.500 m <sup>3</sup>
Côte du seuil du déversoir	101,5
Longueur du déversoir	15 m
Côte des plus hautes eaux (50 ans)	102.4 m NGT
Volume de la retenue	40.000 m <sup>3</sup>
Coût de la construction	26.000 DT

Des travaux d'amélioration des réseaux de drainage dans les autres bassins sont en cours d'exécution par l'ONAS et trois bassins d'écrêtement ont été déjà construits le long de la route GP8.

Le MEH a Préparé une étude pour l'aménagement de l'oued Ennkhilet en mars 1991 et il est maintenant en train de procéder aux travaux avec de légères modifications, comme il a été déjà mentionné précédemment. Une période de retour de 50 ans a été adoptée pour l'aménagement de l'oued. Des canaux bétonnés à section rectangulaires ont été proposés pour la majorité des tronçons exceptée ceux de l'aval. L'emplacement et les sections types sont montrés sur la Figure 7.3. En plus de ceci, l'ONAS a aussi étudié oued Ennkhilet pour une période de retour de 10 ans.

Comme il est décrit ci dessus, trois institutions gouvernementales, à savoir MEH, MA, et l'ONAS prévoient chacun un plan pour l'aménagement de l'oued Ennkhilet et agissent indépendamment. Cette démarcation n'est pas claire et une proche coordination sera recommandée au future.

Afin de saisir les limites des zones inondables sous les conditions actuelles, la distribution des débits de crues est calculée sur la base de l'analyse hydrologique du Chapitre 3 et qui est montrée sur la Figure 7.4. Les débits de pointe des ruissellements déversant dans la sebkha pour des périodes de retour de 100 et 10 ans sont 50 m<sup>3</sup>/s et 24 m<sup>3</sup>/s sous les conditions actuelles d'occupation du sol et de 80 m<sup>3</sup>/s et 40 m<sup>3</sup>/s sous les conditions futures. Le débit de pointe de l'année 2020 sera 1,6 fois le débit actuel.

Afin de formuler le plan futur d'aménagement de l'oued, l'estimation de la capacité actuelle du lit est nécessaire. La capacité de l'oued Ennkhilet est calculée en faisant l'hypothèse d'un écoulement non uniforme et en se basant sur la distribution de débits de ruissellement ci-dessus. Les résultats sont montrés sur les Figures 7.5 et 7.6. Il est clair que non seulement le cours d'eau principal mais certains affluents n'ont pas une capacité suffisante même pour une période de retour de 1,05 année.

Les zones inondables sont alors délimitées sur la base de l'analyse hydrologique ci-dessus, des données topographiques et des crues observées sur terrains. Ces zones inondables sous les conditions actuelles et futures sont présentées dans le Tableau 7.1 et résumées ci-dessus. Aussi, les zones inondables par la crue centennale sous les conditions d'occupation du sol futures sont-elles illustrées par la Figure 7.7.

Période de Retour	Surfaces Inondables (ha)	
	Conditions Actuelles d'Occupation du Sol	Conditions Futures d'Occupation du Sol
100 ans	326	396
10 ans	224	284

L'ampleur des dégâts causés par les crues augmente d'année en année à cause de l'urbanisation galopante d'où la nécessité de prévoir des ouvrages de protection.

### 7.2.2 Oued Greb

L'oued Greb est situé entre le bassin de l'Oued Enkhilet et l'oued Gariana avec une surface de bassin versant de 19 km<sup>2</sup> comme le montre la Figure 7.8. Le bassin est une zone à haute densité de population. Une nouvelle zone de développement d'habitations est en train de progresser rapidement dans les parties élevées situées au nord du bassin. Un bassin d'écrêtement a été construit au fur et à mesure du développement urbain. L'oued Greb et son affluent Oued Roriche s'écoulent du nord ouest vers le sud est à travers la cité d'El Menzah. Auparavant, l'oued se jetait dans le lac nord de Tunis. Actuellement, l'Oued Greb et ses affluents ont été détournés vers le lac sud de Tunis par l'intermédiaire d'un canal qui s'écoule le long de la route de liaison nord-sud et d'une station de pompage d'une capacité de 12m<sup>3</sup>/s. Ce système a été projeté et exécuté par l'ONAS pour la protection du lac nord. L'eau de mer y circule actuellement par le mouvement fluctuant des marées. La présentation du réseau hydrographique de l'oued Greb est montré sur la Figure 7.9.

Des travaux pour l'aménagement de l'oued Greb ont été réalisés par l'ONAS Les sections adoptées pour les canaux sont de trois types:

De l'amont au milieu de l'oued	Conduite en béton ou dalot
milieu de l'oued	Canaux bétonnés trapézoïdaux ou rectangulaires
A l'aval	section trapézoïdale en terre

Il existe huit bassins d'écrêtement sur le cours de l'oued Greb comme le montre la Figure 7.10. Ces bassins semblent bien fonctionner pour assurer la protection des régions de l'aval contre les inondations. Cependant, les rejets d'ordures dans le cours d'eau et surtout dans les ouvrages de rejet constituent un grand problème. Une

maintenance périodique est alors nécessaire. Les principales caractéristiques des bassins d'écrêtement sont:

<u>Bassin d'écrêtement</u>	<u>Capacité (m<sup>3</sup>)</u>	<u>Hauteur d'eau (m)</u>
Barrage Roriche	43.000	1,5
ERO-3	18.200	2,4
ERO-3B	8.750	2,5
ERO-5	15.000	2,0
Barrage Greb	47.000	2,9
EGU-4	25.000	2,4
EGU-7	33.000	2,35
Bassin Ennasr	9.300	4,2
<u>Total</u>	<u>209.250</u>	

Ces travaux sont réalisés par l'ONAS dans le cadre du "projet de d'assainissement et de drainage du grand Tunis". Des périodes de retour de 10 et 50 sont adoptées pour l'aménagement des cours d'eau et des bassins d'écrêtement. La construction de bassins additionnels sur les tronçons intermédiaires est recommandée dans les projets d'aménagement futurs.

La distribution des débits de crues sous les conditions existantes est préparée sur la base des analyses hydrologiques présentée sur la Figure 7.11. Les débits de pointe centennal et décennal déversant dans le canal de ceinture le long du lac nord de Tunis sont de 80 m<sup>3</sup>/s et 28 m<sup>3</sup>/s sous les conditions futures d'occupation du sol et de 40 m<sup>3</sup>/s et 14 m<sup>3</sup>/s sous les conditions actuelles. Le débit de pointe en l'an 2020 est prévu d'augmenter jusqu'au double de la valeur actuelle. La Figure 7.11 montre aussi que les huit (8) bassins d'écrêtement actuels contribuent à l'amortissement des crues et réduisent le débit de pointe dans le canal de ceinture de 120 à 80 m<sup>3</sup>/s.

L'oued Greb et son affluent principal, oued Roriche, ont été aménagés par l'ONAS. Il en résulte que la capacité de transit de ces deux cours d'eau correspond actuellement à une période de retour de deux (2) à cinq (5) ans comme le montrent les Figure 7.12 et 7.13. En particulier, les tronçons situés vers le milieu de l'oued Roriche ont une capacité de transit suffisante pour la crue decennale sous les conditions futures d'occupation du sol.



Etant donné que ces deux cours d'eau s'écoulent à travers une zone à relief modéré, l'étendue des zones inondables n'est pas très importante. Ces zones sont montrées sur la Figure 7.14 et sur le Tableau 7.1 et sont résumées dans le tableau suivant:

Période de Retour	Surfaces Inondables (ha)	
	Conditions Actuelles d'Occupation du Sol	Conditions Futures d'Occupation du Sol
100 ans	112	159
10 ans	34	82

Comme ces zones inondables incluent des zones à haute densité de population, des ouvrages de protection seront alors nécessaires.

### 7.2.3 Oued Gariana et Sebkhet Sijoumi

Les bassins de l'oued Gariana et Sebkhet Sijoumi, montrés sur la Figure 7.15, sont situés à l'ouest de la région du Grand Tunis. La surface totale des bassins de l'oued Gariana et des autres cours d'eau qui déversent dans Sebkhet Sijoumi et la surface de la Sebkha elle même atteignent 241 km<sup>2</sup>. Elles se répartissent comme suit:

<u>Bassin versant</u>	<u>Surface (km<sup>2</sup>)</u>	<u>Pourcentage (%)</u>
Oued Gariana	86,5	35,9
Autres oueds	128,8	53,4
Sebkhet Sijoumi	25,8	10,7
<u>Total</u>	<u>241,1</u>	<u>100,0</u>

Oued Gariana est le plus grand cours d'eau deversant dans Sebkhet Sijoumi et est situé au nord de ce bassin. Un développement urbain est en progression dans la partie élevée située au nord du bassin. Ceci accentue les problèmes d'inondations dans la partie aval du bassin. Il n'y a pas d'exutoire pour la Sebkha. Cependant, un ancien cours d'eau est observé dans la zone proche de Ben Arous, mais qui, actuellement, ne fonctionne pas bien.

Oued Gariana collecte les eaux de ruissellement et s'écoule vers l'aval à travers des zones à haute densité de population. Des terrains agricoles s'éparpillent dans les zones

amont du bassin. Le réseau hydrographique de l'oued Gariana et de ses affluents est montré sur la Figure 7.16. Des travaux d'aménagement non seulement pour l'oued Gariana, mais aussi pour les cours d'eau déversant dans Sebkhet Sijoumi, ont été réalisés par l'ONAS. Des canaux à sections rectangulaires ou trapézoïdales avec un revêtement en béton ou en maçonnerie sont généralement adoptés dans les tronçons allant du milieu vers l'aval du cours d'eau. Des conduites en béton ou des dalots sont adoptés pour les sections aménagées de l'amont.

Il existe huit (8) bassins d'écrêtement sur le cours de l'oued Gariana comme le montre la Figure 7.17. Ces bassins semblent être efficaces pour la protection des riverains des tronçons de l'aval. Cependant, des rejets d'ordures sont observés surtout dans les ouvrages de rejet. Les principales caractéristiques des bassins sont les suivantes:

<u>Bassin d'écrêtement</u>	<u>Capacité (m3)</u>	<u>Hauteur d'eau (m)</u>
EBA-3	65.000	2,9
EBA-4	34.000	2,3
Ettadhamen	14.000	3,2
EGE-3	48.500	1,85
EGE-2	48.000	1,7
Douar Hicher	37.000	4,2
EGE-6	59.000	2,15
EBA-2	53.000	1,2
<u>Total</u>	<u>358.500</u>	

L'ONAS réalise ces travaux d'aménagement dans le cadre du "projet d'assainissement et de drainage du Grand Tunis". La construction de Cinq (5) bassins d'écrêtement additionnels et l'extention de deux bassins existants ainsi que des travaux de reprofilage sont projetés dans les plans futurs.

La distribution des débits de crues dans le bassin de oued Gariana est présentée sur la Figure 7.18. Les débits de pointe centennal et décennal déversant dans Sebkhet Sijoumi sont de 500 m<sup>3</sup>/s et 210 m<sup>3</sup>/s sous les conditions futures d'occupation de sol et de 240 m<sup>3</sup>/s et 80 m<sup>3</sup>/s sous les conditions actuelles. Le débit de pointe en l'an 2020 est prévu d'augmenter plus du double de la valeur actuelle. La Figure 7.18 montre aussi que les huit (8) bassins d'écrêtement actuels contribuent à l'amortissement des crues et réduisent le débit de pointe dans Sebkhet sijoumi de 600 à 500 m<sup>3</sup>/s.

L'oued Gariana et les autres affluents ont une capacité de transit correspondant seulement à une période de retour de 1 à 2 ans comme le montrent les Figures 7.19 et 7.20. En particulier, les tronçons situés vers l'aval du point de confluence de l'oued Gariana et de l'affluent 2 ont une capacité de transit suffisante pour la crue de période de retour inférieure à 1,05 année. La zone inondable autour de ce point de confluence s'élargit donc, tel que le montre la Figure 7.21 et le Tableau 7.1. Le tableau suivant en présente un résumé.

Période de Retour	Surfaces Inondables (ha)	
	Conditions Actuelles d'Occupation du Sol	Conditions Futures d'Occupation du Sol
100 ans	227	412
10 ans	84	212

Comme la puissance des crues augmente d'année en année, des ouvrages de protection seront alors nécessaires pour tous les tronçons de l'oued.

#### 7.2.4 Oued Meliyan

Oued Meliyan, comme le montre la Figure 7.22, est le plus important cours d'eau dans la zone du Grand Tunis en terme de longueur et de surface de bassin versant. La surface totale de ce bassin est de 1996 km<sup>2</sup>. Les zones élevées et plates du bassin sont utilisées pour l'activité agricole essentiellement. Les problèmes majeurs de ce bassin sont l'inondabilité des régions de l'aval et la salinité des eaux de l'oued. Une haute salinité des eaux n'est pas commode pour l'irrigation et les eaux résiduelles ne sont pas utilisées d'une manière efficace. Oued Meliyan s'écoule du sud ouest vers le nord est. Ses principaux affluents sont Oued Kebir, Oued Djabiaa et oued Hamma. Dans les tronçons intermédiaires de l'oued Meliyan, s'étendent de larges plaines. Dans cette zone, il existe aussi quelques anciennes Sebkhass (lacs salés). Le réseau de l'oued Meliyan est montré sur la Figure 7.23.

Le MA a construit le barrage de Bir Mcherga en 1971 dans la zone située vers le milieu de l'oued à la suite des inondations fréquentes par les eaux des crues. Les principales caractéristiques du barrage Bir Mcherga sont:

Surface du bassin versant	1.398 km <sup>2</sup>
Volume du cord du barrage	1.300.000 m <sup>3</sup>

Hauteur du barrage	41,5 m
Longueur de crête	1300 m
Côte de crête	137,5 m NGT
Débit centennal	Débit de pointe à l'entrée 1700 m <sup>3</sup> /s Débit de pointe à la sortie 100 m <sup>3</sup> /s
Volume de la crue centennale	113.000.000 m <sup>3</sup>

En plus du barrage Bir Mcherga, il existe un second barrage, celui d'El Kebir dans la partie amont. Le barrage a été construit en 1920 et est le premier grand barrage en Tunisie. Son but principal était l'approvisionnement de la ville de Tunis en eau potable. Maintenant, il se limite à l'alimentation des zones proches uniquement. Le volume de la retenue a été réduit de 60 à 70 % par l'accumulation de sédiments. En 1969, une grande crue a eu lieu et le niveau d'eau a atteint la côte de crête du barrage; le MA a alors pris la décision d'abaisser la côte du seuil du deversoir de 1,5 m pour la sécurité du barrage.

Sur la partie aval, le MA a construit une digue le long du tronçon allant de l'exutoire jusqu'au point de confluence avec l'oued Hamma. Les travaux de reprofilage sont absents dans ces tronçons.

Récemment, des crues ont eu lieu entre le point de confluence de l'oued El Hamma et l'aval et l'on a constaté que la majeure partie de la crue a été observée venir de l'oued Hamma comme le montre la Figure 7.24. Afin de contrôler les crues de cet oued et aussi pour des fins d'irrigation, le MA projette la construction d'un barrage sur oued Hamma dans sa partie centrale.

Les principales caractéristiques de ce bassin sont:

Surface du bassin versant	123 km <sup>2</sup>
volume du corps du barrage	1.060.000 m <sup>3</sup>
Hauteur	24 m
longueur de crête	1.200 m
côte de crête	108.4 m NGT
Débit centennal	Débit de pointe à l'entrée 427 m <sup>3</sup> /s Débit de pointe à la sortie 145 m <sup>3</sup> /s
Volume de la crue centennale	7.650.000 m <sup>3</sup>
Capacité de stockage	8.000.000 m <sup>3</sup>

La distribution des débits de crues de l'oued Maliyan sous les conditions existantes est présentée sur la Figure 7.15. Les débits de pointe centennal et décennal déversant dans la mer méditerranée sont de 1500 m<sup>3</sup>/s et 750 m<sup>3</sup>/s sous les conditions à la fois

présentes et futures d'occupation du Sol. La Figure 7.25 montre aussi que l'effet d'amortissement des crues du barrage Bir Mcherga s'étend seulement jusqu'au point de confluence avec l'oued Hamma. A l'aval de ce point, le lit de l'oued Maliyan est totalement dominé par les crues de l'oued Hamma.

Les tronçons de l'amont et du milieu de l'oued Maliyan ont une capacité de transit capable d'évacuer la crue centennale mais à l'aval du point de confluence avec oued Hamma, la capacité n'est équivalente qu'à la crue de 2 à 5 ans de période de retour, comme le montrent les Figures 7.26 et 7.27. Oued Hamma a une capacité de transit suffisante pour la crue d'environ 1.05 année de période de retour.

Les inondations ont lieu particulièrement aux environs du point de confluence de l'oued Maliyan et l'oued Hamma et les eaux des crues s'écoulent ensuite vers l'aval de ce bassin grâce à la pente favorable du terrain. Ces zones jugées inondables sont montrées sur la Figure 7.28 et sur le Tableau 7.1 et sont résumées dans le tableau suivant:

Période de Retour	Surfaces Inondables (ha)	
	Conditions Actuelles d'Occupation de Terrain	Conditions Futures d'Occupation de Terrain
100 ans	7300	7300
10 ans	2630	2630

D'importantes surfaces de ce bassin sont donc inondables même si l'urbanisation n'y est pas très développée. Il serait désirable donc, de prévoir des ouvrages de protection le plutôt possible.

### 7.2.5 Oued Mayzette

Oued Mayzette est situé entre la partie aval de l'oued Maliyan et la ville d'Ezzahra avec une surface de son bassin versant de 7 km<sup>2</sup> (Figure 7.29). Dans sa partie amont, s'écoulait un affluent nommé oued Mornag. A présent, ce cours d'eau a été détourné vers oued Maliyan au niveau de la GP1. Une zone hautement peuplée occupe actuellement la rive droite de l'oued dans sa partie aval. Cette zone est souvent inondée à cause de l'insuffisance du système de drainage et de la côte faible du terrain.

A l'aval de la route GP1, le cours d'eau présente un lit à l'état naturel et de vastes zones marécageuses s'étendent près du passage du chemin de fer. A l'amont de la route GP1, il

n'y a plus de lit marqué. La présentation du réseau de l'Oued Mayzette est montrée sur la Figure 7.30.

Sur la rive droite, il existe une digue d'une hauteur d'environ 1 à 1,5 m. On n'observe pas d'autres aménagements à part cette digue. L'ONAS est en train de préparer un plan pour l'aménagement de ce bassin mais ce plan ne couvre pas le cours principal de l'Oued Mayzette.

Il n'existe pas de sites favorables pour la construction de bassins d'écrêtement. Pour le Plan Directeur, il ne sera proposé qu'un reprofilage de l'oued. En s'appuyant sur les données topographiques et d'occupation du sol, un nouveau tracé est choisi le long de la route GP1 comme le montre la Figure 7.31.

La distribution des débits de crues pour l'oued Mayzette sous les conditions existantes est présentée sur la Figure 7.32. Les débits de pointe centennal et décennal déversant dans la mer méditerranée sont de 35 m<sup>3</sup>/s et 18 m<sup>3</sup>/s sous les conditions futures d'occupation de terrains et de 22 m<sup>3</sup>/s et 12 m<sup>3</sup>/s sous les conditions actuelles. Le débit de pointe en l'an 2020 est prévu d'augmenter jusqu'à 1,6 fois la valeur actuelle.

Oued Mayzette s'écoule vers son exutoire en changeant de forme à plusieurs reprises et il voit sa capacité varier de la crue de 1.05 an de période de retour à la crue centennale ainsi que le montrent les Figures 7.33 et 7.34. Les zones inondables sont situées à l'amont de la route GP1 et de la voie ferrée comme le montrent la Figure 7.35 et le Tableau 7.1. Elles sont résumées dans le tableau suivant:

Période de Retour	Surfaces Inondables (ha)	
	Conditions Actuelles d'Occupation du Sol	Conditions Futures d'Occupation du Sol
100 ans	108	191
10 ans	46	88

L'ampleur des dégats augmente d'année en année au cause de l'urbanisation rapide; des ouvrages de protection seront alors nécessaires.

## 7.2.6 Oued Bou Khamsa

Le bassin versant de l'Oued Bou Khamsa est situé à l'amont d'Ezzahra avec une surface de  $6,2 \text{ km}^2$  comme le montre la Figure 7.36. Le développement de l'habitat dans la zone élevée est en rapide progression. Ceci sera à l'origine de l'aggravation du problème d'inondations. Une zone à haute densité de population, nommée Ezzahra, est située sur la rive gauche du tronçon aval. Celle-ci est souvent inondée à cause de l'insuffisance de son réseau de drainage et de sa côte faible.

Oued Bou Khamsa est un court cours d'eau avec un revêtement en terre et une longueur d'environ 800 m à partir de la route MC-33E jusqu'à la mer. Un dalot drainant Oued Mellassine, qui est muni d'un bassin d'écrêtement dans sa partie amont, est connecté à l'oued Bou Khamsa au niveau du passage du chemin de fer. Il n'existe pas de lit marqué à l'amont de la route MC-33E. Le réseau de l'oued est montré sur la Figure 7.37.

Le MEH a préparé une étude pour l'aménagement de cet oued depuis octobre 1988. Cependant, les travaux n'ont pas encore eu lieu jusqu'à présent. Une période retour de 50 ans a été prise en compte pour cette étude. Pour la partie amont de l'oued, l'étude propose des canaux rectangulaires ou des conduites, tandis que pour la partie aval, elle propose des sections trapézoïdales. L'emplacement et les sections types sont montrés sur la Figure 7.38. En plus de cette étude du MEH, l'ONAS a aussi étudié l'aménagement de l'oued pour une période de retour de 10 ans.

La distribution des débits de crues de l'oued Bou Khamsa sous les conditions existantes est présentée sur la Figure 7.39. Les débits de pointe centennal et décennal déversant dans la mer méditerranée sont de  $40 \text{ m}^3/\text{s}$  et  $18 \text{ m}^3/\text{s}$  sous les conditions futures d'occupation du sol et de  $22 \text{ m}^3/\text{s}$  et  $10 \text{ m}^3/\text{s}$  sous les conditions actuelles. Le débit de pointe en l'an 2020 est prévu d'augmenter jusqu'au double de la valeur actuelle.

Environ tous les tronçons de l'oued Bou Khamsa ont une capacité de transit insuffisante même pour la crue de période de retour de 1,05 an comme le montrent les Figures 7.40 et 7.41. Les zones inondables s'étendent entre la route GP1 et la voie ferrée telles que le montrent la Figure 7.42 et le Tableau 7.1 et telles que le résume le tableau suivant:

Période de Retour	Surfaces Inondables (ha)	
	Conditions Actuelles d'Occupation du Sol	Conditions Futures d'Occupation du Sol
100 ans	88	176
10 ans	28	71

L'ampleur des dégâts augmente d'année en année à cause de l'urbanisation récente; des ouvrages de protection sont alors nécessaires.

### 7.2.7 Oued Ain Zerga

L'Oued Ain Zerga est situé dans la zone de Hammam Lif avec une surface de son bassin versant de 4,2 km<sup>2</sup> (voir Figure 7.43). Le développement des habitations dans les zones élevées et dans les zones côtières est en progression rapide. La zone urbanisée située entre la route GP1 et la zone cotière est souvent inondée à cause de l'insuffisance de son réseau de drainage et de sa côte faible. Les zones amont sont couvertes par les forêts des parcs nationaux.

Oued Ain Zerga présente un lit marqué en allant de l'amont jusqu'à sa partie centrale. Toutefois ce lit disparaît à l'aval. Son réseau hydrographique est présenté sur la Figure 7.44.

Le MEH a préparé une étude d'aménagement de cet oued en 1979 et il est actuellement en train de procéder à la construction d'un dalot (box culvert) sur le tronçon aval. Cet aménagement qui se fera sur une longueur de 1120 m se terminera en 1994. Un dalot de 2,2 m x 0,8 m et de 2,5 m x 0,6 m est exécuté sous la chaussée. L'emplacement et les sections types sont montrés sur la Figure 7.45.

La distribution des débits de crues de l'oued Ain Zerga sous les conditions existantes est présentée sur la Figure 7.46. Les débits de pointe centennal et décennal déversant dans la mer méditerranée sont de 35 m<sup>3</sup>/s et 18 m<sup>3</sup>/s sous les conditions futures d'occupation du sol et de 22 m<sup>3</sup>/s et 12 m<sup>3</sup>/s sous les conditions actuelles. Le débit de pointe en l'an 2020 est prévu d'augmenter jusqu'à 1,6 fois la valeur actuelle.

Environ tous les tronçons de l'oued Ain Zerga ont une capacité de transit insuffisante même pour la crue de période de retour de 1,05 an comme le montrent les Figure 7.47 et



7.48. Les zones inondables s'étendent à l'aval de la route GP1 telles que le montrent la Figure 7.42 et le Tableau 7.1 et telles que le résume le tableau suivant:

Période de Retour	Surfaces Inondables (ha)	
	Conditions Actuelles d'Occupation du Sol	Conditions Futures d'Occupation du Sol
100 ans	29	39
10 ans	19	24

L'ampleur des dégâts augmente d'année en année au cause de l'urbanisation récente; des ouvrages de protection sont alors nécessaires.

### 7.3 Oueds de la Zone Grand Sousse

#### 7.3.1 Oued Hammam

Le bassin de l'oued Hammam occupe la région Nord ouest et ouest du grand Sousse avec une surface de 222 km<sup>2</sup> (voir Figure 7.50). Quatre importantes localités, à savoir Kalaa Srira, Kalaa Kbira, Akouda et Hammam Sousse, sont situées le long de cet oued et souffrent, de temps en temps, des inondations causées par ses crues. Une large partie du bassin est utilisée pour l'agriculture dont le produit principal est les olives. De vastes plaines forment la partie amont du bassin et le lit de l'oued n'est plus marqué.

Oued Hammam collecte les eaux des affluents dont Oued Laia, Oued Mderraj et oued Guemgame, et s'écoule vers l'aval à travers les zones urbaines. Le réseau hydrographique de cet oued est montré sur la Figure 7.51. Les tronçons de l'aval sont munis de digues sur les deux berges. La longueur des tronçons aménagés est de 350 m, la largeur au fond étant de 56 m. Le lit de l'oued a été réhaussé par des enrochements excessivement grands afin de couvrir les eaux polluées stagnantes dans ce tronçon. Ces travaux ont été entrepris par le Ministère du Tourisme sous le contrôle du MEH. L'amont de cette partie aménagée a été laissé à l'état naturel et des inondations peuvent facilement avoir lieu.

Le MEH a préparé une étude pour la protection contre les inondations de l'oued Hammam en 1990. Des ouvrages dimensionnés pour une période de retour de 100 ans ont été recommandés. L'emplacement et les sections types de ces ouvrages sont montrés sur la Figure 7.52. Trois petits barrages, à savoir barrage Laia, barrage Mderraj et

barrage Guemgame, situés sur chacun des affluents sont étudiés comme moyen de protection contre les inondations.

La distribution des débits de crues de l'oued Hammam sous les conditions existantes est présentée sur la Figure 7.53. Les débits de pointe centennal et décennal déversant dans la mer méditerranée sont de 200 m<sup>3</sup>/s et 95 m<sup>3</sup>/s sous les conditions futures d'occupation du sol et de 170 m<sup>3</sup>/s et 75 m<sup>3</sup>/s sous les conditions actuelles. Le débit de pointe en l'an 2020 est prévu d'augmenter jusqu'à 1,2 fois la valeur actuelle.

Environ tous les tronçons de l'aval de l'oued Hammam ont une capacité de transit suffisante pour des crues de période de retour de 100 ans mais pour les tronçons du milieu de l'oued près du point de confluence avec oued El Kebir, elle n'est que de 1 à 5 ans comme le montrent les Figures 7.54 et 7.55. La majorité des tronçons de l'oued El Kebir et de l'oued M'darrej ont une capacité de transit permettant l'évacuation de la crue centennale à l'exception du tronçon du point de confluence avec oued Guegame

Les zones inondables s'étendent au environ du point de confluence de l'oued Hammam et l'oued El Kebir et les eaux des crues s'écoulent vers l'aval grâce à la pente favorable du terrain. Ces zones sont montrées sur la Figure 7.42 et le Tableau 7.1 et sont résumées dans le tableau suivant:

Période de Retour	Surfaces Inondables (ha)	
	Conditions Actuelles d'Occupation du Sol	Conditions Futures d'Occupation du Sol
100 ans	270	320
10 ans	151	174

L'ampleur des dégats augmente d'année en année au cause de l'urbanisation récente; il est recommandé de prévoir des ouvrages de protection le plutôt possible.

### 7.3.2 Oued Blibène

Oued Blibène est situé à l'ouest du grand Sousse comme le montre la Figure 7.57 et s'étend sur une surface totale de 15 km<sup>2</sup>. La partie 'est du bassin est occupée par une zone résidentielle et commerciale. Aussi, de vastes terrains agricoles et essentiellement des champs d'oliviers s'éparpillent dans la zone est. Le développement de l'urbanisation dans cette zone est en progression rapide ce qui accentuera les problèmes

d'inondation à l'aval. Ce cours d'eau est petit; cependant, sa partie aval est une zone très importante de point de vue ressources. Une étude minutieuse pour sa protection contre les inondations est recommandée.

Le MEH a construit la partie aval du lit sous forme d'un canal en béton sur une longueur de 270 m et avec une largeur de 10 m. Cependant, la rive droite n'est pas encore construite. Cette rive sera programmée dans le cadre de plans futurs. Un autre tronçon qui s'étend entre la GP1 et la route touristique a été aménagé sous forme de canal en terre avec des digues de part et d'autre. Sa longueur est d'environ 430 m avec une largeur au fond de 50 m. L'emplacement et les sections types sont montrés sur la Figure 7.59. Juste à l'amont de ce tronçon, l'oued a été laissé dans son état naturel de même que pour l'oued Hammam. Dans sa partie centrale, il existe des ravins de 4 m de hauteur tandis qu'à l'amont, le lit se perd complètement au milieu des terres agricoles. Quelques petits travaux d'aménagement ont été effectués par le MEH dans les zones urbaines. Le réseau hydrographique de l'oued est montré sur la Figure 7.58.

Le MEH a préparé une étude préliminaire en 1990 dans laquelle une période de retour de 50 ans a été prise en compte pour le lit principal tandis que pour les affluents de l'amont, la crue décennale a été adoptée.

Selon cette étude, aucun aménagement n'est nécessaire parce que la capacité de l'oued est suffisante. Ceci sera confirmé par la présente étude. L'ONAS, de sa part, a réalisé une étude pour la protection des zones de l'amont contre la crue décennale.

La distribution des débits de crues de l'oued Blibène sous les conditions existantes est présentée sur la Figure 7.60. Les débits de pointe centennal et décennal déversant dans la mer méditerranée sont de 85 m<sup>3</sup>/s et 40 m<sup>3</sup>/s sous les conditions futures d'occupation du sol et de 55 m<sup>3</sup>/s et 26 m<sup>3</sup>/s sous les conditions actuelles. Le débit de pointe en l'an 2020 est prévu d'augmenter jusqu'à 1,5 fois la valeur actuelle.

Environ tous les tronçons de l'oued Blibène et ses affluents ont une capacité de transit suffisante pour évacuer la crue centennale comme le montrent les Figures 7.61 et 7.62. Les zones inondables ont lieu à l'aval du point de confluence avec l'affluent-2 telles que le montrent la Figure 7.63 et le Tableau 7.1 et telles que le résume le tableau suivant:

Période de Retour	Surfaces Inondables (ha)	
	Conditions Actuelles d'Occupation du Sol	Conditions Futures d'Occupation du Sol

100 ans	23	31
10 ans	13	17

L'effet des crues dans ce bassin est supposé alors peu important.

### 7.3.3 Oued Hallouf

L'oued hallouf est situé au sud du Grand soussse comme le montre la Figure 7.64 avec une surface de son bassin versant de 12 km<sup>2</sup>. La zone nord du bassin constitue la zone résidentielle et commerciale du Grand Soussse. L'urbanisation de la ville de Soussse est en train de s'étendre sur les terrains agricoles constituant ce bassin. Ceci a pour conséquence d'accentuer les problèmes d'inondations. Oued Hallouf est un petit oued. On pourrait ne pas l'appeler ainsi car il s'agit plutôt d'un canal de drainage pour les eaux usées. Une eau polluée dégageant de mauvaises odeurs est observée. Des mesures institutionnelles pour y remédier seront nécessaires.

Oued Hallouf a été laissé à son état naturel et n'a bénéficié d'aucun aménagement. Il possède un lit marqué dans sa partie aval mais ce lit disparaît en remontant vers l'amont constitué essentiellement par des terres agricoles. L'ONAS a procédé à des travaux de drainage dans la partie urbaine. Le réseau hydrographique de l'oued est présenté dans la Figure 7.65.

Le MEH a préparé une étude pour l'aménagement de l'oued Hallouf en 1990 et a pris en compte une période de retour de 50 ans. Des canaux rectangulaires sont proposés pour les tronçons amont tandis qu'à l'aval, l'étude propose des sections trapézoïdales. L'emplacement et les sections types sont montrés sur la Figure 7.66. L'ONAS a aussi présenté une étude de drainage des tronçons amont pour une période de retour de 10 ans.

La distribution des débits de crues dans le de l'oued Hallouf sous les conditions existantes est présentée sur la Figure 7.67. Les débits de pointe centennial et décennial déversant dans la mer méditerranée sont de 130 m<sup>3</sup>/s et 60 m<sup>3</sup>/s sous les conditions futures d'occupation du sol et de 70 m<sup>3</sup>/s et 35 m<sup>3</sup>/s sous les conditions actuelles. Le débit de pointe en l'an 2020 est prévu d'augmenter jusqu'au plus du double de la valeur actuelle.

Les tronçons à l'aval de l'oued Hallouf ont une capacité pour une période de retour de plus de 2 ans comme le montrent les Figures 7.68 et 7.69 mais les tronçons de l'amont

restent toutefois sans lits marqués. Oued Hallouf s'écoule grâce à une pente assez favorable et, de ce fait, les zones inondables ne sont pas très étendues. Ces zones sont montrées sur la Figure 7.42 et le Tableau 7.1 et résumées sur le tableau suivant:

Période de Retour	Surfaces Inondables (ha)	
	Conditions Actuelles d'Occupation du Sol	Conditions Futures d'Occupation du Sol
100 ans	61	77
10 ans	38	54

L'ampleur des dégâts augmente d'année en année au cause de l'urbanisation récente; des ouvrages de protection seront alors nécessaires.

#### 7.3.4 Oued Hamdoun

Oued Hamdoun est situé dans la partie sud ouest du Grand Sousse avec une surface totale de son bassin versant de 313 km<sup>2</sup> (voir Figure 7.71). Msaken, la plus grande ville de ce bassin, est située au centre de celui-ci. La production d'olives et son industrie relative sont la principale activité économique de la région. Des surfaces très plates occupent les zones amont du bassin et les cours d'eau ne sont pas clairs dans ces zones.

Oued Hamdoun collecte les eaux des affluents tels que oued El Melah, oued Chergui, oued Deik et oued Grab et s'écoule pour se déverser dans la mer méditerranéenne. Son réseau hydrographique est présenté dans la Figure 7.72. Ils n'existent pas d'aménagements pour le contrôle des inondations sur le cours d'eau principal.

La distribution des débits de crues de l'oued Hamdoun sous les conditions existantes est présentée sur la Figure 7.73. Les débits de pointe centennal et décennal déversant dans la mer méditerranée sont de 240 m<sup>3</sup>/s et 110 m<sup>3</sup>/s sous les conditions futures d'occupation du sol et de 220 m<sup>3</sup>/s et 100 m<sup>3</sup>/s sous les conditions actuelles. Le débit de pointe en l'an 2020 est prévu de garder la même valeur actuelle.

Environ tous les tronçons de l'oued Hamdoun ont une capacité de transit pour la crue de période de retour de plus de 1,05 an comme le montrent les Figures 7.74 et 7.75. L'emprise de l'oued Hamdoun est relativement importante et les inondations ont lieu généralement le long de cette emprise. Ces zones sont montrées sur la Figure 7.76 et le Tableau 7.1 et résumées sur le tableau suivant:

Période de Retour	Surfaces Inondables (ha)	
	Conditions Actuelles d'Occupation du Sol	Conditions Futures d'Occupation du Sol
100 ans	266	283
10 ans	182	206

Puisque l'urbanisation n'avance pas rapidement dans ce bassin, L'effet des crues en 2020 restera environ le même que celui d'aujourd'hui.



## CHAPITRE 8 PLAN DE LA PROTECTION CONTRE LES INONDATIONS

### 8.1 Conditions

Les hypothèses et les critères de dimensionnement suivants sont pris en compte pour la préparation du plan de protection contre les inondations.

- (1) La crue de projet est la crue centennale pour tous les oueds et leurs affluents secondaires.
- (2) La crue décennale sera prise en compte pour les affluents tertiaires et les canaux de drainage.
- (3) Phases de mise en oeuvre
  - i) Une première phase d'exécution sera considérée pour une période de retour de 10 ans pour l'aménagement des cours d'eau.
  - ii) Les barrages et les bassins d'écrêtement seront dimensionnés pour la crue centennale même pour la première phase.
  - iii) Les emprises des oueds et des canaux devront être préservées pour des aménagements futurs qui seront dimensionnés pour la crue centennale.
  - iv) La sélection des tronçons prioritaires sera faite sur la base de ne pas causer d'effets inverses sur les régions de l'aval.

### 8.2 Dimensionnement Préliminaire des ouvrages de protection

Pour le dimensionnement des aménagements et des barrages sur les cours d'eau, les critères de dimensionnement suivants sont appliqués, à l'exception du barrage Hamma dont le dimensionnement a été déjà réalisé.

- (1) Ouvrages sur les oueds
  - i) Le lit de l'oued existant est adopté le plus souvent que possible
  - ii) Le profil actuel de l'oued est utilisé pour dimensionner le nouveau profil
  - iii) Dans les zones urbaines, le choix est essentiellement d'approfondir le niveau des lits des oueds dans le but de ne pas créer d'obstacles pour les apports latéraux et leur permettre d'atteindre le lit tout en gardant le niveau des eaux des crues inférieur ou égal au niveau du terrain.



iv) Dans le cas où le niveau des eaux des crues est supérieur au niveau du Terrain, les valeurs suivantes ont adoptées comme revanches:

200 m <sup>3</sup> /s > Débit de Projet	0,6 m
500 m <sup>3</sup> /s > Débit de projet > 200 m <sup>3</sup> /s	0,8 m
2.000 m <sup>3</sup> /s > Débit de projet > 500 m <sup>3</sup> /s	1,0 m

v) Les profils en travers des oueds sont choisis en fonction les conditions d'occupation de terrains le long des cours d'eau, des ouvrages existants, de la vitesse d'écoulement, etc... . Des profils en travers types sont montrés sur la Figure 8.1.

vi) Pour les calculs hydrauliques, l'écoulement est supposé non uniforme. Les coefficients de rugosité suivants sont adoptés:

n = 0,035	pour les tronçons en terre
n = 0,025	pour les canaux en béton
n = 0,023	pour les conduites en béton

vii) Le niveau d'eau initial suivant est choisi pour le calcul hydraulique

Niveau de la mer	0,4 m NGT
Sebkhet Ariana	0,8 m NGT
Sebkhet Sijoumi	9,5 m NGT
Canal de ceinture pour l'oued Greb	0,7 m NGT

#### (8) Bassins d'écrêtement et barrages

i) Les barrages et les bassins d'écrêtement proposés auront pour unique but, la protection contre les inondations à l'exception du barrage Hamma. Le schéma de ce barrage proposé par le MA est introduit sans modifications dans cette étude.

ii) Le niveau normal des eaux est estimé à partir du volume nécessaire pour recevoir la crue centennale. On ne prévoit pas de vannes dans les ouvrages de rejet

iii) Le volume de dimensionnement est pris égal à 1,2 fois le volume calculé par mesure de sécurité.

iv) Etant donné les données topographiques et géologiques les corps de barrages et les digues des bassins d'écrêtement seront en terre. Des pentes de 1:3,0 et de 1:2,5 sont choisies pour l'amont et l'aval respectivement.

v) On ne prévoit pas de vannes pour le deversoir d'orage qui est dimensionné pour le débit centennial sans amortissement.

### 8.3 Coût de construction

Les coûts de construction pour les ouvrages prévus par le plan directeur sont estimés en se basant sur les conditions et les hypothèses suivantes:

- (1) Date de l'estimation des coûts

Avril 1993, c'est la date où l'investigation sur les coûts a été réalisée en Tunisie

- (2) Taux de Change

1 \$ US = 0,970 DT = 110,0 Yen

- (3) Coût unitaire de construction

Les prix unitaires de construction des différents ouvrages sont estimés sur la base des prix qui prévalaient en Tunisie lors de la collecte de données. Les prix unitaires relatifs aux différents travaux sont donnés par le Tableau 8.1.

- (4) Les prix sont exprimés par leur équivalent en Dollars US.
- (5) Les travaux de constructions seront réalisés par des entrepreneurs choisis par appel d'offres international ou local.
- (6) Le barrage sur oued Hamma, proposé par le MA, a pour but à la fois, le stockage de l'eau pour l'irrigation et la protection contre les inondations.
- (7) Le coût de la construction du réseau tertiaire ou des canaux de drainage est estimé à 6.800 DT/ha.
- (8) La première phase (pour la crue décennale), et la deuxième phase (pour la crue centennale) de travaux sont supposées se terminer avant les années 2000 et 2020 respectivement.
- (9) Les hypothèses suivantes sont assumées pour l'estimation du coût du projet

- Travaux divers : 15% du coût estimé
- Travaux de préparation : 8% de la somme du coût des travaux et des travaux divers

- Services à l'ingénieur : 10% du coût direct de la construction
- Gestion administrative : 5% de la somme du coût direct de la construction, de l'acquisition de terrains et du coût de compensation
- Divers et imprévus : 15% du coût total

## 8.4 Etude des variantes

### 8.4.1 Oued Enkhilet et Sebkhet Ariana

Pour la formulation du Plan Directeur de l'Oued Enkhilet et Sebkhet Ariana, les plans d'aménagement suivants sont proposés comme variantes du projet. Il y a une possibilité de récupérer une partie de la surface de la Sebkha pour l'urbanisation ou pour d'autres fins. Cette idée a été étudiée parmi les variantes proposées:

- (1) ENK-1 Aménagement du lit du cours d'eau avec le barrage Ain Soussi et le bassin d'écrêtement A. Sebkhet Ariana reste telle qu'elle est.
- (2) ENK-2 Aménagement du lit du cours d'eau avec le barrage Ain Snoussi. Sebkhet Ariana reste telle qu'elle.
- (3) ENK-3 Aménagement du lit du cours d'eau avec le barrage Ain Soussi avec ou sans le bassin d'écrêtement A. Sebkhet Ariana sera réduite de moitié en élargissant les ouvrages de rejet.
- (4) ENK-4 Aménagement du lit du cours d'eau avec le barrage Ain Soussi avec ou sans le bassin d'écrêtement A. Sebkhet Ariana sera réduite le plus possible en élargissant les ouvrages de rejet.

Les variantes ci-dessus sont illustrées par la Figure 8.2.

Au début, le niveau d'eau dans Sebkhet Ariana est simulé en prenant en compte la crue centennale calculée au chapitre 3. La simulation a été faite en tenant compte des conditions actuelles et des conditions futurs d'occupation du sol. Le niveau d'eau initial a été pris égal à celui de la mer à savoir 0,4 m. Une courbe de remplissage de Sebkhet Ariana est préparée en utilisant la carte topographique à l'échelle 1/25.000. La surface et le volume stocké réel pour des niveaux supérieur à 0,4 m sont comme suit:

### Surface et Volume Stocké Réel de Sèbkhet Ariana

Côte (m)	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Surface (km <sup>2</sup> )	25,1	26,5	28,0	29,4	30,8	32,3	33,7
Volume Réel (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	0,0	2,6	5,3	8,2	11,2	14,3	17,6

Comme le montre la Figure 8.3, la côte maximale atteinte par les eaux est autour de 0,72 m avec les ouvrages d'évacuation existants. cette côte est inférieure à la côte limite jugée à partir de la carte topographique à l'échelle 1/25.000, des levés topographiques réalisés et des visites de reconnaissance sur terrain. On conçoit alors qu'avec ces conditions, il n'y aura pas de dégâts dans la zone environnante de Sebkheth Ariana.

La simulation a aussi été faite pour trois cas à savoir 30%, 50% et 70% de la surface de la Sebkheth seront récupérés. Comme le montre la Figure 8.3, la côte maximale atteinte dans le cas de la récupération de 30 % de la Sebkheth, ne dépasse pas 0,8 m. Ceci fait que cette variante n'engendre pas de problèmes d'inondations particuliers sur les cotes de la Sebkheth. Cependant, le niveau d'eau dépasserait la côte limite si la surface de la Sebkheth est réduite de 50 ou de 70%; des travaux d'aménagement des ouvrages de rejets actuels sont alors nécessaires. Les travaux proposés et leur coût sont comme suit:

Désignation	Variante ENK-3 (Réduction de 50%)	Variante ENK-4 (Réduction de 70%)
Travaux proposés:		
-Canal de raccordement: Largeur	10	60
Longueur	300	300
-Nouveau pont: portée (m)	16	71
Coût du projet (DT)	302.000	1.556.000

En se basant sur l'analyse hydrologique, la distribution des débits ruisselés est calculée pour chaque variante. Comme le montre le Figure 8.4, l'effet d'écêtement dû au barrage Ain Snoussi et le bassin d'écêtement A, n'est pas important à l'aval. Cependant, ces ouvrages de régulation des crues sont situés juste à l'amont d'une zone à haute densité de population et leur effet est très bénéfique dans cette zone. Une capacité de transit de 40 à 65 m<sup>3</sup>/s pour les tronçons de l'oued situés le long de la route RVE 533 afin de permettre l'évacuation de la crue centennale.

En adoptant les critères de dimensionnement présentés précédemment et la distribution des débits déjà préparée, un dimensionnement préliminaire ainsi qu'une estimation du volume des travaux sont exécutés pour chacune des variantes. Le coût de la construction est calculé ensuite en adoptant les prix unitaires de construction. Le tableau suivant montre la comparaison entre les coût de chaque variante:

Coût de la Construction pour les Différentes Variantes pour Oued Enkhilet

(Unité: 1.000 DT)

Désignation	ENK-1	ENK-2
I Travaux de préparation	1.254	1.300
II Aménagement du lit de l'oued	15.496	16.253
III Barrage ou bassin d'écrêtement	179	0
Sous Total de I à III	16.929	17.553
IV Acquisition de terrains	2.273	2.304
V Services à l'ingénieur	1.693	1.755
VI Gestion administrative	960	993
VII Imprévus	3278	3391
Total	25.133	25.996
VIII Drainage Urbain (886 ha)	6.025	6.025

Ainsi que le montre le tableau ci-dessus, le coût de la construction pour la variante ENK-1 est le plus faible. D'un point de vue technique et économique, cette variante ENK-1 est choisie pour le Plan Directeur de l'oued Enkhilet. En plus de ces travaux d'aménagement des cours d'eau, des travaux de drainage urbain sont nécessaires vue la progression rapide de l'urbanisation dans le bassin. Le coût estimé pour l'exécution de ces travaux de drainage est de 6 millions DT jusqu'à l'an 2020.

Les Figures 8.5 et 8.6 montrent la vue en plan, le profil en long et les profils en travers des variantes choisies. Les tronçons de l'aval seront aménagés sous forme de canaux en terre tandis que les tronçons du milieu seront sous forme de dalots et ce, en considérant la disponibilité des emprises. Un dalot à une seule ouverture est projeté pour la première phase (crue décennale) et un second dalot additionnel avec les mêmes dimensions est projeté pour la deuxième phase (crue centennale) comme le montre la Figure 8.6. La construction du bassin d'écrêtement A est projeté dans le cadre de la première phase. Les principales caractéristiques des aménagements sur oued Enkhilet sont:

## Principales Caractéristiques des Aménagements sur Oued Enkhilet

Désignation	Première phase	Deuxième phase
I Longueur des Tronçons à Aménager		
- Revêtement en terre (m)	7.365	4.909
- Canal rectangulaire en béton (m)	0	2.456
- Dalot (m)	3.671	3.671
Total	11.036	11.036
II Volume de Travaux		
- Déblais (m <sup>3</sup> )	201.000	143.200
- Remblais (m <sup>3</sup> )	68.100	60.300
- Béton (m <sup>3</sup> )	22.650	27.950
III Barrage et Bassins d'Ecrêtement		
- Nbre de Nouveau Barrages ou de Bassins d'Ecrêtement	1	0
- Nbre de Bassins d'Ecrêtement Existant à Etendre	0	0
- Nouveau Volume de la crue stocké (m3)	25.500	0
- Surface totale (m2)	5.100	0
- Volume total de Déblais (m3)	5150	0
- Volume total de remblais (m3)	9.800	0
IV Drainage Urbain (ha)	223	663

Les coûts de construction qui en découlent sont montrés dans le Tableau 8.2 et résumés ci-après:

### Résumé des Coût de Construction pour Oued Enkhilet

(Unité: 1.000 DT)				
Désignation	Première phase	Seconde Phase	Total	
I Travaux de préparation	656	598	1.254	
II Aménagement du lit de l'oued	8.020	7.476	15.496	
III Barrage ou bassin d'écèlement	179	0	179	
Sous Total de I à III	8.855	8.074	16.929	
IV Acquisition de terrains	1.914	359	2.273	
V Services à l'ingénieur	886	807	1.693	
VI Gestion administrative	538	422	960	

VII Imprévus	1,829	1,449	3,278
Total	14,022	11,111	25,133
VIII Drainage Urbain (Coût Direct)	(886 ha)	6,025	

#### 8.4.2 Oued Greb

Partant des conditions topographiques et d'occupation de terrains, les schémas d'aménagement suivants sont proposés comme variantes pour la protection contre les crues de l'oued Greb. La réhabilitation de barrages existants et l'élargissement de bassins d'écètement existants sont inclus dans ces variantes:

- (1) GB-1 Aménagement du lit de l'oued avec les bassins d'écètement existants.
- (2) GB-2 Aménagement du lit de l'oued avec les bassins d'écètement existants et d'autres additionnels.
- (3) GB-3 Aménagement du lit de l'oued avec les bassins d'écètement existants et d'autres additionnels avec l'élargissement des barrages et des bassins d'écètement existants.

Les plans de ces variantes sont illustrés par la Figure 8.7.

En se basant sur l'analyse hydrologique, la distribution des débits de ruissellement est préparée pour chaque variante. Comme le montre la Figure 8.8, un effet important d'amortissement par les barrages et les bassins d'écètement existants et/ou projetés est attendu à l'aval. En comparant les variantes GB-1 et GB-3, on peut voir que le débit ruisselé de GB-3 est environ 80% de celui de GB-1 au niveau de la jonction avec le canal de ceinture.

En adoptant les critères de dimensionnement présentés précédemment et la distribution des débits déjà préparée, un dimensionnement préliminaire ainsi qu'une estimation du volume des travaux sont exécutés pour chacune des variantes. Le coût de la construction est calculé ensuite en adoptant les prix unitaires de construction. Le tableau suivant montre la comparaison entre les coûts de chaque variante:

## Coût de la Construction pour les Différentes Variantes pour Oued Greb

(Unité: 1.000 DT)

Désignation	GB-1	GB-2	GB-3
I Travaux de préparation	640	590	569
II Aménagement du lit de l'oued	8.004	7.139	6.657
III Barrage ou bassin d'écrêtement	0	230	454
Sous Total de I à III	8.644	7.959	7.680
IV Acquisition de terrains	3.410	3.130	3.130
V Services à l'ingénieur	864	796	768
VI Gestion administrative	603	554	541
VII Imprévus	2.028	1.866	1.818
Total	15.549	14.305	13.937
VIII Drainage Urbain (1.490 ha)	10.132	10.132	10.132

Ainsi que le montre le tableau ci-dessus, le coût de la construction pour la variante GB-3 est le plus faible. D'un point de vue technique et économique, cette variante GB-3 est choisie pour le Plan Directeur de l'oued Greb. En plus de ces travaux d'aménagement des cours d'eau, des travaux de drainage urbain sont nécessaires vu la progression rapide de l'urbanisation dans les parties hautes du bassin. Le coût estimé pour l'exécution de ces travaux de drainage est de 10 millions DT jusqu'à l'an 2020.

Les Figures 8.9 et 8.10 montrent la vue en plan, le profil en long et les profils en travers des variantes choisies. Les tronçons de l'aval seront aménagés sous forme de canaux en terre tandis que les tronçons du milieu seront sous forme de dalots et ce, en considérant la disponibilité des emprises. Les travaux d'aménagement du lit dans les tronçons intermédiaires de l'oued Roriche ne sont pas nécessaires pour la première phase parce que ces tronçons ont une capacité suffisante de transit tel que le montre la Figure 8.10. La construction du bassin d'écrêtement A et l'extension de ERO-3 et ERO-5 sont projetés pour la première phase. L'effet qu'aurait une réhabilitation des barrages Greb et Roriche est négligeable et de ce fait, ils ne sont pas incorporés.

Les principales caractéristiques des aménagements sur oued Greb sont:



## Principales Caractéristiques des Aménagements sur Oued Greb

Désignation	Première phase	Deuxième phase
I Longueur des Tronçons à Aménager		
- Revêtement en terre (m)	2.892	1.501
- Canal rectangulaire en béton (m)	933	5.270
- Dalot (m)	1.412	1.412
Total	5.238	8.183
II Volume de Travaux		
- Déblais (m <sup>3</sup> )	40.500	117.400
- Remblais (m <sup>3</sup> )	10.000	0
- Béton (m <sup>3</sup> )	6.480	22.230
III Barrage et Bassins d'Ecrêtement		
- Nbre de Nouveau Barrages ou de Bassins d'Ecrêtement	1	0
- Nbre de Bassins d'Ecrêtement Existant à Etendre	2	0
- Nouveau Volume de la crue stocké (m <sup>3</sup> )	109.400	0
- Surface totale (m <sup>2</sup> )	29.500	0
- Volume total de Déblais (m <sup>3</sup> )	60.800	0
- Volume total de remblais (m <sup>3</sup> )	5.700	0
IV Drainage Urbain (ha)	344	1.146

Les coûts de construction qui en découlent sont montrés dans le Tableau 8.3 et résumés ci-après:

### Résumé des Coût de Construction pour Oued Greb

(Unité: 1.000 DT)

Désignation	Première phase	Seconde Phase	Total
I Travaux de préparation	171	398	569
II Aménagement du lit de l'oued	1.689	4.969	6.657
III Barrage ou bassin d'écêtement	454	0	454
Sous Total de I à III	2.314	5.367	7.680
IV Acquisition de terrains	1.670	1.460	3.130
V Services à l'ingénieur	231	537	768
VI Gestion administrative	199	341	541
VII Imprévus	662	1.156	1.818

Total	5.076	8.861	13.937
VIII Drainage Urbain (Coût Direct)		(1.490 ha)	10.132

### 8.4.3 Oued Gariana et Sebkhet Sijoumi

Il n'existe pas d'exutoire pour ce bassin comme il a été déjà mentionné et cette situation peut engendrer des problèmes d'inondations le long des rives de Sebkhet Sijoumi. Pourtant, jusqu'à ce jour il n'y a pas eu d'études menées pour indiquer les mesures nécessaires pour cette Sebkha. Partant des conditions topographiques et d'occupation du sol, les schémas d'aménagement suivants sont proposés comme variantes pour la protection contre les crues de l'oued Gariana. Des projets de dérivation des eaux de Sebkhet Sijoumi sont introduites parmi les variantes. L'idée de récupérer des terrains de la Sebkha a aussi été étudiée.

- 1) GR-1 Aménagement du lit de l'oued avec les bassins d'écrêtement existants.
- 2) GR-2 Aménagement du lit de l'oued avec les bassins d'écrêtement existants et d'autres additionnels avec l'élargissement des bassins existants.
- 3) GR-3 Tunnel de dérivation vers le lac sud de Tunis, avec la réduction de la surface de Sebkhet Sijoumi de 15 ou 30% en plus des variante GR-1 et GR-2.
- 4) GR-4 Tunnel de dérivation vers oued Maliyan avec la réduction de la surface de Sebkhet Sijoumi de 15 ou 30% en plus des variantes GR-1 et GR-2.

Les plans de ces variantes sont illustrés par la figure 8.11.

Au début, le niveau d'eau dans Sebkhet Sijoumi est simulé pour la crue centennale, qui est calculée par la méthode de propagation de crue sous les conditions existantes des ouvrages et sous les conditions futures d'occupation du sol (année 2020). La courbe de remplissage de Sebkhet Sijoumi est issue du rapport "Bilan Hydrologique du Lac Es Sijoumi, Mai 1992).

### Courbe Surface/Volume de Sebkhet Sijoumi

côte (m NGT)	7,75	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0
Surface (km <sup>2</sup> )	0,0	8,7	23,5	25,0	26,5	28,0
Volume (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	0,0	1,1	8,9	21,0	33,9	47,5

Afin de se fixer un niveau d'eau initial pour les calculs, une simulation à long terme du niveau d'eau dans la Sebkha est effectuée sur la base des données pluviométrique (pluie de 10 jours) et de l'évaporation retrouvés dans le rapport de "l'Institut National de la Météorologie" et collectées pendant 5 années, de septembre 1986 à octobre 1991. Un coefficient de ruissellement de 0,2 est adopté comme c'est généralement le cas pour les pays nord africains (voir Figure 8.12). Il semble que cette figure soit aussi valable pour le bassin de Sebkhet Sijoumi. Le résultat de la simulation à long terme est présenté sur la figure 8.13 et le niveau d'eau initial est finalement pris égal à 8,86 m NGT qui est aussi la moyenne des niveaux des plus hautes eaux sur 5 années de simulation.

Le calcul de la propagation de la crue est alors réalisé sur la base des conditions ci-dessus. Le niveau d'eau maximum atteint au cours de la simulation atteint la côte 9,5 m NGT environ tel que montre la Figures 8-14. Le niveau est juste égal à celui jugé limite pour Sebkhet Sijoumi (côte 9,5 m NGT), lequel a été déterminé à partir des cartes topographiques à l'échelle 1/5000, des résultats des levés topographiques réalisés pour oued Gariana et des visites de reconnaissance sur site. On conçoit alors qu'il n'y aura pas de problèmes d'inondations dans la zone voisine de Sebkhet Sijoumi sous les conditions décrites ci-dessus.

Les simulations sont aussi faites pour 3 cas, à savoir 15, 30 et 50% de la surface de Sebkhet Sijoumi sont récupérés pour diverses fins. Comme le montre la Figure 8.13, le niveau d'eau initial pour les 3 cas est 9,12 m, 9,66 m et 9,96 m NGT. Le niveau d'eau maximum est ensuite calculé et il en découle que dans tous les cas, de nouveaux ouvrages de dérivation sont nécessaires afin de garder le niveaux des eaux des crues autour de 9,5 m NGT. D'ailleurs le cas de la réduction de la surface de 50% n'est pas faisable d'un point de vue technique et économique. Ainsi, les nouveaux ouvrages sont-ils étudiés pour les cas de 15 et 30 %.

Les nouveaux ouvrages concevables sont un tunnel de dérivation vers la mer méditerranée et un canal de dérivation vers oued Maliyan comme le montre la Figure 7.15. Sur la base de l'analyse hydrologique ci-dessus, les deux cas de dérivation sont étudiés. Le résultat, présenté sur le tableau ci-après, indique la nature et le coût des travaux à réaliser pour les travaux de récupération de terrains.

Désignation	Variantes			
	GR-3-1	GR-3-2	GR-3-3	GR-3-4
	(Réduc. 15%)	(Réduc. 15%)	(Réduc. 15%)	(Réduc. 15%)
Débit de projet (m <sup>3</sup> /s)	11	92	11	92
Travaux nécessaires				
- Tunnel de Dérivation:				
. Diamètre (m)	2,8	6,2	-	-
. Longueur (m)	3.000	3.000	-	-
- Canal de Dérivation, Dalot:				
. Largeur (m)	-	-	3,1	6,1
. Hauteur (m)	-	-	2,7	3,2
. Nombre d'ouverture	-	-	2	6
. Longueur	-	-	6.000	6.000
Coût du projet (DT)	7.916.000	29.616.000	20.891.000	112.896.000

En se basant sur l'analyse hydrologique, la distribution des débits de ruissellement est préparée pour chaque variante. Comme le montre la Figure 8.15, un effet important d'amortissement par les bassins d'écrêtement existants et/ou projetés est attendu à l'aval. En comparant les variantes GR-1 et GR-2, on peut voir que le débit ruisselé de GR-2 est environ 80% de celui de GR-1 au niveau de Sebkhet Sijoumi.

En adoptant les critères de dimensionnement présentés précédemment et la distribution des débits déjà préparée, un dimensionnement préliminaire ainsi qu'une estimation du volume des travaux sont exécutés pour chacune des variantes. Le coût de la construction est calculé ensuite en adoptant les prix unitaires de construction. Le tableau suivant montre la comparaison entre les coûts de chaque variante:

#### Coût de la Construction pour les Différentes Variantes pour Oued Gariana

		(Unité: 1.000 DT)	
Désignation		GR-1	GR-2
I	Travaux de préparation	4.372	4.088
II	Aménagement du lit de l'oued	54.647	45.642
III	Barrage ou bassin d'écrêtement	0	5.462
	Sous Total de I à III	59.019	55.192
IV	Acquisition de terrains	25.830	23.172
V	Services à l'ingénieur	5.902	5.519

VI	Gestion administrative	4.242	3.918
VII	Imprévus	14.249	13.170
	Total	109.242	100.971
VIII	Drainage Urbain (6.088 ha)	41.398	41.398

Ainsi que le montre le tableau ci-dessus, le coût de la construction pour la variante GR-2 est plus faible que celui de GR-1. D'un point de vue technique et économique, cette variante GR-2 est choisie pour le plan directeur de l'oued Gariana. En plus de ces travaux d'aménagement des cours d'eau, des travaux de drainage urbain sont nécessaires vu la progression rapide de l'urbanisation dans les parties hautes du bassin. Le coût estimé pour l'exécution de ces travaux de drainage est de 41 millions DT jusqu'à l'an 2020.

Les Figures 8.16 et 8.17 montrent la vue en plan, le profil en long et les profils en travers des variantes choisies. Presque tous les tronçons de l'oued seront aménagés sous forme de canaux en béton de forme rectangulaire et ce, en considérant la disponibilité des emprises. La construction des nouveaux bassins d'écrêtement et l'extention des anciens sont prévues pour la première phase. Les principales caractéristiques des aménagements sur oued Gariana sont:

#### Principales Caractéristiques des Aménagements sur Oued Gariana

Désignation		Première phase	Deuxième phase
I	Longueur des Tronçons à Aménager		
	- Revêtement en terre (m)	1.548	757
	- Canal rectangulaire en béton (m)	12.688	13.894
	- Dalot (m)	564	706
	Total	14.800	15.357
II	Volume de Travaux		
	- Déblais (m <sup>3</sup> )	423.000	401.000
	- Remblais (m <sup>3</sup> )	0	0
	- Béton (m <sup>3</sup> )	92.200	70.800
III	Barrage et Bassins d'Ecrêtement		
	- Nbre de Nouveau Barrages ou de Bassins d'Ecrêtement	5	0
	- Nbre de Bassins d'Ecrêtement Existant à Etendre	2	0
	- Nouveau Volume de la crue stocké (m <sup>3</sup> )	1.149.500	0
	- Surface totale (m <sup>2</sup> )	237.000	0