

(2) Puisque la plupart des réseaux de drainage des eaux pluviales consistent en des structures souterraines telles que conduites, dalots, regards, etc., il est plutôt difficile de saisir la situation réelle sans se référer aux plans de détail de ces réseaux. Le personnel concerné de l'ONAS Sousse, a expliqué à l'Equipe d'Etude de la JICA que le bassin de Oued Naouar est le problème majeur de la zone qui cause des inondations à cause du réseau de drainage modeste.

5.3 Conditions Actuelles sur Site

(1) Ouvrages et réseaux de drainage existants

Des détails sur le réseau de drainage existant dans la zone ne sont pas encore connus, comme l'inventaire dans la zone du Grand Sousse réalisé par l'ONAS et le MEH n'a pas été livré à l'Equipe d'Etude de la JICA.

(2) Projet de développement du drainage urbain

Le Plan Directeur du Grand Sousse pour le drainage urbain est revu par l'ONAS en 1991/92, et le réseau de drainage des eaux pluviales décrit ci-après, est projeté pour améliorer le réseau existant. Ce réseau projeté est divisé en quatre parties et le bassin de Oued Hammam appartient à la partie nord.

- Pour la partie nord: quatre (4) collecteurs de longueur totale de 6,200 m, un (1) collecteur par le MEH.
- Pour la partie ouest: trois (3) collecteurs, et des collecteurs côtiers.
- La partie est drainant la zone de la route de Monastir.
- La partie sud de Sousse intégrée dans le bassin de Oued Hallouf: six (6) collecteurs, 9,500 m au total.

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

l'institution relative au drainage et à l'alimentation en eau est similaire à celle du Grand Tunis, comme décrit dans le Plan Directeur.

5.4 Dimensionnement Préliminaire du Réseau de Drainage Urbain

Dans la zone urbanisée dans le bassin de Oued Hammam, il a été observé que des routes urbaines ont été inondées par les pluies à cause de l'insuffisance du réseau de drainage urbain. Ceci est dû essentiellement à l'insuffisance du drainage superficiel.

Afin de minimiser les dégâts sur ses routes urbaines, il est recommandé que de tels réseaux de drainage urbain seront projetés et exécutés par l'ONAS en collaboration avec le MEH. A cause de la limitation et de l'insuffisance des données et des informations, le dimensionnement préliminaire du réseau de drainage urbain dans la zone d'étude n'a pas été réalisé dans le cadre de l'étude de faisabilité.

CHAPITRE 6 EVALUATION DE L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL

6.1 Contexte

Les conditions environnementales existantes dans l'oued Hammam en terme de développement économique, de problèmes d'inondations, de problèmes environnementaux et de qualité d'eau dans les tronçons de l'oued sont résumés dans le tableau 6.2 du Plan Directeur (Partie I). Des informations détaillées additionnelles sont présentées dans le présent chapitre faisant partie du EIA des mesures de contrôle des crues pour Oued Hammam à Sousse. Ceci s'ajoute aux informations et résultats déjà présentés pour le bassin de l'Oued Hammam dans le cadre du IEE établi au cours de l'étude du Plan Directeur.

6.2 Conditions existantes

6.2.1 Environnement physique

(a) Caractéristiques générales du site

Oued Hammam collecte les eaux des crues de plusieurs affluents tels que Oued Laya, Oued M'darrej et Oued Guemgame avant de s'écouler vers l'aval à l'intérieur de la zone urbaine de la cité de Hammam Sousse. Son bassin versant a une surface très importante de 222 km². Une plaine très aplatie s'étend dans la partie amont du bassin où les lits des cours d'eau ne sont pas identifiables. Le tronçon aval de l'oued Hammam, au sud de la GP1 dans la zone touristique est muni de digues sur ses deux rives. La longueur de la section aménagée est d'environ 350 m avec une largeur au fond de 56 m. Des enrochements de grandes dimensions ont été placés sur le lit de l'oued afin de couvrir l'eau polluée exposée stagnant dans l'oued. Ces travaux d'aménagement ont été entrepris par le Ministère du Tourisme sous le contrôle du MEH. A l'amont de cette section, l'oued a été laissé dans son état naturel et les risques d'inondations sont très grands. Le paysage des zones riveraines est très médiocre.

(b) Problèmes d'érosion

Des problèmes d'érosion de différentes formes tels que érosion des berges des cours d'eau, sont aperçus dans les terrains agricoles dans la zone amont dus à la nature du phénomène d'inondation et à la nature de cultures pratiquées. L'absence d'un système de drainage des eaux pluviales bien défini due au faibles ondulations et aux pentes très douces ainsi qu'au caractéristiques des sols, engendre des naissances de nouveau

ravins de dimensions variables à la suite des fortes crues. Ce type d'érosion est aussi observé dans les bassins à pente de l'oued Kebir et Oued Kharroub près de Kalaa Kébira.

(c) Eutrophisation

L'eutrophisation dans le cours d'eau est très intense avec une végétation très dense. Les tronçons de rivière de l'amont sont très secs à cause du climat très aride et sont utilisés comme chemin de passage. La qualité de l'eau est très médiocre surtout près des agglomérations urbaines où se multiplient les rejets d'eau usée domestiques et industrielles.

6.2.2 Conditions Humaines et environnement vital.

En plus des causes naturelles, les inondations et les problèmes environnementaux dans le bassin de l'Oued Hammam sont dues aux activités humaines. Une discussion de ces problèmes est donnée ci-après:

(a) Accroissement urbain rapide et concours des zones rurales

La distribution de la population dans le bassin de l'oued Hammam est caractérisée par une grande concentration dans les villes côtières. Hammam Sousse, Akouda, Kalaa Kébira et Kalaa Sghira ont tous une densité de population supérieure à 3000 personnes par km². L'arrière pays de Hammam Sousse est pratiquement vide. Les zones rurales de Kalaa Kébira et Kalaa Sghira ont une population très faible. Les zones rurales éloignées voient leur population diminuer au cours du temps en faveur des agglomérations urbaines les plus proches. Cette situation, non seulement perturbe la vie rurale, mais aussi cause des problèmes environnementaux considérables dans les zones urbaines. L'urbanisation galopante, souvent non contrôlée dans certains sites, a engendré une consommation excessive d'espaces et une saturation de l'infrastructure et a aggravé les problèmes de pollution. Certains des effets indésirables ont résulté du développement touristique très rapide de la région côtière.

(b) Réseau d'assainissement et ouvrages de traitement insuffisant

La ville de Hammam Sousse est équipée d'un réseau d'assainissement de 34 km de longueur et de 5 stations de pompage qui desservent 6.000 habitants à savoir 25 % de la population totale de la zone. L'eau usée est collectée et acheminée vers la station d'épuration de Sousse nord. L'eau usée domestique non reliée au réseau est déversée

en quatre points de l'Oued Kebir qui est un affluent de l'Oued Hammam. Le débit total moyen correspond à 4 m³/h.

Kalaa Sghira est équipée d'un réseau d'assainissement de 17 km de longueur collectant les rejets 70 % de la population de la zone. L'eau collectée est déversée dans oued Laya. Une station d'épuration est en cours de construction.

Akouda a un réseau d'assainissement de 20 km de long avec une station de pompage qui dessert 64 % de la population de la zone. Une partie de cette eau collectée est acheminée vers la station d'épuration de Sousse nord, tandis que le reste est déversé directement dans Oued Hammam. Le débit correspondant est d'environ 0,1 m³/h.

Les localités de Kalaa Kébira, Kalaa Sghira, Akouda et Hammam Sousse ne sont pas équipées de réseau de drainage des eaux pluviales. Les eaux de ruissellement des pluies s'acheminent à travers les rues vers les différents oueds qui traversent ces villes.

(c) Pollution industrielle et problèmes de dépotoirs pour ordures

Un inventaire sur les sources de pollution établi en septembre 1991 par la DPH a montré que la pollution est essentiellement organique. Elle est due au déversement d'eau usée domestique dans l'oued ainsi qu'il a été mentionné ci-dessus, aux rejets d'ordures ménagères et de déchets et au rejet de Margine par les huileries dans le lit de l'oued.

Les rejets de déchets dans l'oued ont engendré l'obturation des écoulements au niveau des ouvrages de passage. Des dépotoirs d'ordures et de déchets existent dans le bassin d'oued Laya près des cités de Hammam Sousse, Akouda, Kalaa Kébira et Kalaa Sghira. Le dépotoir pour Hammam Sousse est très proche du lit de l'oued.

Neuf usines dans la ville de Kalaa Sghira utilisent le cours de l'oued Laya pour déverser la margine et ses huiles. La collecte des olives a lieu dans la période entre novembre et mars et la pollution est observée pendant l'hiver. Ces déversements sont connus par la pollution qu'ils causent à l'eau souterraine. Les déversements des eaux usées ont engendré une eutrophisation importante du lit de l'oued, ce qui aggrave davantage le problème des inondations.

(d) Occupation des lit d'oued

Le gain de terrains sur le compte des lits de l'oued, surtout dans ses parties de l'amont constituées de terres agricoles, a commencé depuis des dizaines d'années. On y voit des oliviers, des grenadiers ainsi que des cultures maraîchères. Dans les zones urbaines, le gain de terrains est sous forme de construction illicites très proches ou sur le lit même de l'oued. Ce phénomène est très développé dans le bassin de l'Oued Laya et dans la ville de Kalaa Kébira.

6.3 Impacts sans projet

La majorité des tronçons de l'amont et de l'aval de Oued Hammam ont des capacités de transit suffisantes pour acheminer la crue centennale. Cependant, au niveau des tronçons intermédiaires près de la confluence avec Oued Kebir, la capacité correspond à des périodes de retour de 1 à 5 ans seulement. Les inondations ont lieu autour du point de confluence de Oued Hammam avec Oued Kébir et les eaux des crues s'écoulent vers l'aval en suivant la pente légèrement forte du bassin. Les surfaces inondables sont assez étendues et augmentent d'année en année. Sous les conditions actuelles d'occupation des sols, elles sont estimées à 270 ha et à 320 ha sous les conditions futures (année 2010) pour la crue centennale. Pour une période de retour de 10 ans, ces valeurs sont 127 ha et 150 ha respectivement. Les dégâts des crues, ainsi qu'il est décrit au chapitre 9 de la partie I, sont estimés à 36 millions de Dinars sous les conditions futures d'occupation du sol et ceci pour une crue centennale. La grande partie de ces dégâts est due à un manque à gagner engendré par le retard sur le trafic (80 à 82 %), à des dégâts sur les propriétés (10 à 11 %) et des dégâts sur les routes (3 à 4 %) sous les conditions actuelles et futures d'occupation du sol.

Sans les mesures structurelles proposées, pour le contrôle des crues, les risques de subir des dégâts sont très importants. Quand les inondations ont lieu, des perturbations et des pertes considérables seront occasionnées. En plus des pertes directes sur les propriétés et les routes, les pertes indirectes à cause des retards de trafic seront très importants comme il a été déjà mentionné. En l'absence du projet (et par conséquent, des mesures non structurelles aussi), les risques d'exposer les communautés à des maladies causées par les eaux usées domestiques et les déchets déversés dans le cours d'eau sont aussi élevés.

6.4 Impacts avec projet

Le tableau 6.1 présente la matrice EIA.

6.4.1 Mesures structurelles

Les mesures structurelles de contrôle des crues dans le bassin de l'Oued Hammam consistent en des travaux d'endiguement seulement. L'amélioration du paysage riverain serait un élément très important, surtout dans les zones de l'aval proches de la mer et dominées par une grande activité touristique dans les tronçons de l'aval aussi bien dans les tronçons proches ou traversant des agglomérations urbaines à haute densité, des chemins pour piétons et des places de repos avec des jardins devront être projetées afin de réhabiliter les alentours de l'oued.

Pour les zones industrielles, des verdure sélectionnées et des zones vertes tampons seront très bénéfiques pour protéger et améliorer l'environnement de l'oued. Des aires de plaisance peuvent être créées dans les espaces libres longeant l'oued pour la pratique de divers jeux. Des pistes pour pratiquer la course à pied ou des pistes cyclables peuvent être incorporées. Dans les zones agricoles et dans les zones tampons, des pistes à couverture verte herbacée ainsi que des zones de conservation écologique du potentiel riverain doivent être considérées.

En général, l'amélioration du paysage riverain doit être faite par l'amélioration du revêtement du cours d'eau, le nettoyage de son emprise, la création de places d'observation et de repos, la création de passages pour piétons aux alentours des ponts, la conservation de la végétation naturelle, l'amélioration des passages piétons en fonction du développement touristique, commercial et résidentiel voisin, et par la projection harmonieuse des différents ouvrages sur l'oued.

6.4.2 Impacts négatifs

On ne perçoit pas d'impacts négatifs des travaux proposés pour le projet. Un léger mouvement de population peut être nécessaire et qui concernera des familles occupant le lit même de l'oued dans les tronçons de l'amont. Pendant la construction, les impacts négatifs possibles pourraient être des problèmes d'érosion et d'envasement causés par les travaux. Pour minimiser cet effet négatif, des procédés de construction appropriés doivent être suivis. Les impacts négatifs possibles pendant la construction et les mesures recommandées sont les mêmes que pour l'Oued Enkhilet.

6.4.3 Impacts positifs

Les impacts du projet sont très positifs puisque, non seulement ils assureront la protection des populations et des infrastructures contre les dangers des crues, mais aussi, ils vont amener à une amélioration du paysage riverain, ce qui contribuera à l'amélioration de la qualité de vie des gens vivants au voisinage de l'oued. Une amélioration du paysage tel que décrit ci-dessus va améliorer les espaces de l'emprise pour des activités de récréation. Un beau paysage est très important dans les zones résidentielles et commerciales aussi bien que dans la zone touristique côtière. Les travaux d'aménagement de l'oued contribueront à la diminution des problèmes d'érosion et d'eutrophisation.

A partir de ceci, la comparaison de l'aspect totalement négatif de la situation sans projet avec les impacts environnementaux, sociaux et naturels des mesures structurelles du projet proposé révèle l'aspect très bénéfique de ce dernier. D'un point de vue environnemental, le projet est jugé bénéfique sans impacts négatifs. Toutefois, plusieurs problèmes environnementaux discutés en détail ultérieurement vont continuer à persister jusqu'à et à moins que des mesures adéquates soient formulées et appliquées en parallèle avec les mesures structurelles proposées. Ceci est discuté dans la prochaine section.

6.5 Mitigation Environnementale et Mesures de Surveillance

Une mitigation environnementale et des mesures de surveillance sont nécessaires après la construction en plus des mesures structurelles proposées pour la réduction et le contrôle des crues. Ceci conduit à adresser les recommandations suivantes:

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

(b) Empêcher la pollution de l'eau due au rejet d'ordures et des eaux usées urbaines et industrielle dans le réseau de drainage, les routes et les cours d'eau. Des moyens de surveillance réguliers et améliorés aussi bien qu'un renforcement des lois pour le contrôle de la pollution sont nécessaires. Le système de collecte des ordures et des

déchets solides doit être amélioré. Des solutions pour créer des écrans le long des cours d'eau aux endroits stratégiques doivent être trouvées.

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

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

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

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

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

CHAPITRE 7 OUEDS ET INONDATIONS

7.1 Généralités:

Les crues les plus importantes enregistrées ces dernières années étaient celles de 1969, 1973, 1986 et 1989. La crue de 1969 était particulièrement sévère et une bonne partie de la population a été touchée. Afin de protéger les zones résidentielles et les biens publics contre ces crues, des mesures de contrôle structurelles s'imposent d'urgence.

Les inondations provoquées par les crues de l'Oued Hammam deviennent d'année en année un problème social, particulièrement dans les zones basses. L'urbanisation du lit de l'Oued Kebir est jugée être la cause essentielle de ce problème. De ce fait, il est très urgent de résoudre le problème de ces crues par la prise à travers des mesures concrètes. Ce chapitre décrit les conditions actuelles du lit de la rivière, l'avancement de l'amélioration de la rivière, les conditions et les caractéristiques des crues.

7.2 Bassin de l'Oued Hammam

Le lit de l'oued se prolonge au nord-ouest et à l'ouest du Grand Sousse avec un bassin versant de 222 km². Le bassin de Oued Hammam est limité par les collines de Chabet El Mendra au nord-ouest et d'autres collines entre Oued Hamdoun dans le sud-est comme le montre la fig.7.1.

Le lit de l'oued est surtout utilisé comme terre agricole plantée d'oliviers comme il est indiqué au chapitre 4. La zone urbaine se trouve dans la partie nord du lit. Les Grandes villes sont: Kalaa Sghira, Kalaa Kebira et Hammam Sousse et se situent le long de l'Oued Hammam comme montré sur la fig.7.1, et ces villes souffrent des inondations provoquées par les crues de cet oued.

Plusieurs axes routiers importants comme la route touristique, la route GP-1 et la déviation de la GP-1 traversent le site du projet dans la zone basse urbanisée. En plus de ces principales routes, l'autoroute A1 traversant Oued Hammam au niveau de ses tronçons intermédiaires est achevée au cours de la période d'étude. Cette autoroute A1 sera prochainement prolongée jusqu'à Tunis. La route touristique ainsi que la route GP-1 sont souvent coupées par les eaux des crues car il n'y a, pour le moment, pas de ponts.

L'Oued Laya, un affluent principal de l'Oued Hammam, commence à partir de Henchir Chinchou et traverse quelques 30 km à partir du sud-ouest vers le nord. Des plaines très plates à l'amont ne permettent pas l'identification claire des cours de la rivière. L'Oued Hammam collecte les eaux des crues des affluents de la rive droite et se déverse finalement dans la mer Méditerranée. Ses affluents principaux sont Oued Laya, Oued Zebs, Oued Kharroub, Oued Kebir, Oued Sghir, Oued M'Darrej, Oued Guemgame et l'Oued Ghedir Ajila. Les superficies des bassins versants de ces Oueds sont comme suit;

Nom de l'oued	Bassin versant (km ²)
Oued Laya (jusqu'à jct Zebs)	99,8
Oued Zebs	14,9
Oued Kharroub	12,4
Oued Laya (à la Jct. avec Kebir)	163,7
Oued Guemgame	12,6
Oued M'darrej	9,8
Oued Sghir	4,4
Oued Ghedir Ajila	11,0
Oued Kebir	40,3
Oued Hammam	222,3

La pente du lit du cours principal au niveau des zones de l'amont est d'environ 1/400. Dans les tronçons intermédiaires, cette pente est de 1/550 et à l'aval de 1/750. Il existe quelques vallées profondes avec une hauteur de 10 à 20 m situées à l'amont de Kalaa Sghira. Presque tous les tronçons sont dans des états naturels à l'exception ceux de l'aval de la GP-1, où des digues ont été construites.

7.3 Distribution des Débits des Crues

Afin de saisir l'échelle des zones inondables et la capacité de transit des cours d'eau actuels, la distribution des débits pour chaque période de retour est d'abord calculée pour les oueds dans leur condition existante. Le bassin de l'Oued Hammam est divisé en deux parties en fonction des conditions topographiques et des ouvrages existants et futurs de protection contre les inondations. La figure 7.1 montre la subdivision du bassin de l'Oued Hammam en sous bassins.

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

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

La distribution des débits des ruissellements dans le bassin de l'Oued Hammam est montrée dans la figure 7.2. Les débits de pointe pour les crues décennale et centennale sont comme suit:

Bassin	Surface (km ²)	Occupation actuelle du sol		Occupation future du sol	
		100 ans	10 ans	100 ans	10 ans
Laya (jct. avec Zebs)	99.8	100 m ³ /s	50 m ³ /s	100 m ³ /s	50 m ³ /s
Zebs	14.9	40	18	40	18
Kharroub	12.4	26	12	26	12
Laya (jct. avec Kebir)	163.7	130	60	140	65
Guemgueme	12.6	35	16	40	18
M'darrej	9.8	30	14	40	18
Sghir	4.4	30	14	45	20
Ghedir Ajila	11.0	30	14	35	18
Kebir	40.3	95	45	130	60
Hammam	222.3	180	80	200	90

Les débits de pointe des oueds M'darrej, Sghir et Kebir sont supposés se multiplier par 1,4 dans le futur à cause de l'urbanisation rapide. D'autres parts, les apports du bassin de l'oued Laya ne vont pas augmenter d'une façon considérable parce les changements dans l'occupation du sol sont supposés négligeables.

7.4 Capacité de Transit

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

Les résultats sont illustrés par les figures 7.3 et 7.4. Il est clair que l'extrémité aval de l'Oued Hammam aménagée par des digues, a une capacité de transit suffisante pour la crue centennale dans les conditions futures d'occupation du sol. L'Oued Laya aussi, a une capacité suffisante pour transiter les ruissellements de la crue décennale.

Cependant, les autres tronçons ont des capacités qui correspondent à des crues de période de retour de 1 à 5 ans seulement. Ceci implique que des travaux d'aménagement de ces tronçons sont nécessaires d'urgence.

7.5 Crues et Inondations

De nombreux interviews ont été faits sur site afin d'identifier les zones inondables dans le bassin de Oued Hammam, essentiellement à la suite des crues de 1969. Les résultats de ces interviews ont été vérifiés sur les cartes topographiques. Finalement, les limites des zones inondées par les crues de 1969 ont été tracées et reportées sur la figure 7.5. La figure montre qu'il y a un épandage des eaux des crues à partir de la jonction avec Oued Laya et Oued Kebir vers l'aval. La zone inondée est estimée à 3,5 km² à la suite des crues de 1969. Les interviews réalisés ont permis d'obtenir les informations importantes suivantes :

- 1) Il y avait un ouvrage de prise d'eau pour l'agriculture construit en 1936 entre la GP-1 et la route touristique. Cet ouvrage a obturé la section d'écoulement de Oued Hammam et a causé de grandes inondations dans les zones de l'amont en 1969. Pendant ces crues, cet ouvrage a été latéralement emporté. Des restes de cet ouvrage existent actuellement sur la rive droite.
- 2) Il existe un tronçon d'étranglement juste à l'aval de la jonction avec Oued Kebir et Oued Laya. Cette section a été plus étroite que la section actuelle. 10 à 15 m de la rive droite ont été érodés par les eaux des crues en 1969.
- 3) Il n'y a pas eu de travaux d'aménagement le long de Oued Hammam avant 1969.

A partir de ces informations, il est clair que l'ancien Oued Hammam a été plus dangereux qu'à l'état actuel.

Les zones inondables pour chaque période de retour, sont estimées sur la base des informations sur les crues de 1969, de l'analyse hydraulique et des conditions topographiques. la figure 7.6 montre les zones assumées inondables pour les périodes de retour de 2, 10 et 100 ans et sous les conditions futures d'occupation du sol. La figure montre qu'une grande zone inondable s'étend dans la partie aval. Les surfaces inondables et la durée de leurs inondations sont montrés sur le tableau 7.1 et résumés comme suit :

Période de retour	Zones inondables (ha)	
	Occupation actuelle du sol	Occupation future du sol
2 ans	52	59
10 ans	128	157
100 ans	288	309

Les surfaces inondables sont étendues et augmentent d'année en année. Il est recommandé que des travaux de protection contre les inondations soit entrepris le plutôt possible.

7.6 Ouvrages Existants sur les Oueds

Des travaux d'aménagement de l'oued, sous forme d'endiguement des berges, ont été réalisés par le Ministère du Tourisme sous le contrôle du MEH, de l'exutoire jusqu'à la GP-1 à l'exception du site de la route touristique. La longueur totale est d'environ 1.860 m. Le fond de l'oued a été revêtu par des enrochements excessivement grands pour couvrir les eaux polluées stagnant dans le lit de l'oued entre l'exutoire et la route touristique. Cette longueur est d'environ 350 m avec une largeur au fond de 56 m. L'amont des ces sections aménagées a été laissé dans son état naturel; les inondations peuvent en conséquence facilement avoir lieu.

Le MEH a préparé en 1990 une étude pour la protection contre les inondations de Oued Hammam. Des ouvrages dimensionnés sur la base de la crue centennale sont recommandés. L'emplacement et les sections types sont montrés sur la figure 7.7. Trois petits barrages, à savoir barrage Laya, barrage M'darrej et barrage Guemgame, sont étudiés par le MEH dans le but de protection contre les inondations. Ces barrages ont été revus pendant l'étape du Plan Directeur et ont été écartés de l'étude ultérieure, parce qu'ils ont été jugés non économiques.

CHAPITRE 8 ETUDE COMPARATIVE DES VARIANTES

8.1 Généralités:

Dans l'étude du Plan Directeur, sept (7) variantes d'aménagement comprenant des propositions de bassins d'écrêtement ont été étudiées. Une étude comparative, a abouti qu'on pourrait se limiter à l'aménagement du cours d'eau, parce que le bassin versant de Oued Hammam est assez large et que le temps de concentration de la crue est assez long. Il est clair que la construction de bassins d'écrêtement n'est pas très efficace pour le contrôle des crues dans les tronçons de l'aval du bassin de Oued Hammam. D'où, au stade de l'étude de faisabilité, l'aménagement du cours d'eau est la seule variante étudiée dans cette analyse comparative.

En se basant sur les dégâts des crues étudiés dans l'étude de faisabilité au chapitre 10, les dégâts au niveau de quelques tronçons ne sont pas très importants. Il n'y a pas beaucoup de propriétés importantes dans la zone inondable, depuis le tronçon de Oued Kebir entre la route MC-48 et la traversée de la voie ferrée à l'amont, et le tronçon de Oued Hammam entre la déviation de la route GP-1 et la confluence de Oued Kebir avec Oued Laya.

Alors, la variante d'aménagement pour le contrôle des crues pour Oued Hammam est formulée en sélectionnant le tronçon à améliorer. Pour l'étude comparative des variantes, et comme toute les variantes présentent des bénéfices différents, alors non seulement le coût de l'aménagement de l'oued est estimé, mais aussi le profit apporté. Ces variantes sont comparées sur la base de la crue décennale.

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

8.2 Critères de dimensionnement des ouvrages de protection contre les inondations

Pour la formulation de la variante d'aménagement du cours d'eau, et le dimensionnement des installations, les critères suivants sont considérés:

(1) Aménagement du cours d'eau

- i) le profil de l'oued projeté suit celui de l'écoulement ou du terrain naturel.

- ii) Les cours d'eau actuels restent sans modification le plus possible.
- iii) Le choix d'approfondir le lit d'oued est adopté le plus possible, au lieu de construire des digues, afin de ne pas piéger les eaux derrière les digues. Le niveau d'eau est alors gardé inférieur ou à la limite égal au niveau du terrain naturel.
- iv) Les profils en travers sont fixés en fonction des conditions d'occupation du sol le long de l'oued, des ouvrages existants, vitesse d'écoulement, etc..
- v) Dans le cas où le niveau d'eau pendant la crue est plus haut que celui du terrain naturel, le tableau suivant est appliqué:
 - 50 m³/s > Débit de projet ... 0,6 m
 - 50 m³/s ≤ Débit de projet ... 0,3 m
- vi) L'écoulement est supposé en régime non uniforme pour le calcul hydraulique du canal projeté.
 - Les coefficients de rugosité suivants de la formule de Manning sont adoptés:
 - n = 0,035 Pour les cours d'eau à l'état naturel ou à revêtement en terre.
 - n = 0,025 Pour les canaux en béton
 - n = 0,023 Pour les conduites en béton.
- vii) Pour les calculs hydrauliques du canal, le niveau de la mer est supposé constant et égal à 0,4 m NGT.

(2) Dimensionnement des ouvrages:

- i) Au total, cinq types de canaux à ciel ouvert et un dalot en béton sont choisis pour déterminer les sections des différents tronçons de l'oued. Ces sections types sont montrées sur la figure 8.1.
- ii) La largeur du lit de l'oued à section en terre est au moins de 2 m
- iii) Des pistes de service sont prévues sur les deux rives de l'oued, ayant chacune une largeur de 3 m.
- iv) Ponts (réf.: figure 8.1)
 - Revanche: la même revanche que pour l'aménagement de l'oued.
 - Longueur d'une travée: au plus 20 - 25 m.

8.3 Formulation des variantes

Pour formuler les variantes d'aménagement, les cours d'eau de Oued Hammam, Oued Laya et Oued Kebir sont divisés en neuf (9) tronçons de H-1 à K5. Ces tronçons sont montrés sur la figure 8.2. Les travaux dans chaque tronçon sont projetés en se basant sur la distribution des ruissellements des crues (réf.: figure 7.2). Les principaux travaux d'aménagement sont montrés ci-dessous.

Oued Hammam

Le tronçon H-1 s'étend à partir de l'exutoire jusqu'à l'aval de la route GP-1. Comme ce tronçon est déjà aménagé et a une capacité suffisante pour une période de retour 100 ans, les travaux d'aménagement sont alors limités à la construction d'un pont sur la route touristique et le reprofilage du lit d'oued près de la GP-1. Le tronçon H-2 s'étend de la GP-1 à la route de déviation de la GP-1, et les travaux d'aménagement consistent en la construction d'un pont pour la route GP-1 et le recalibrage du lit de l'oued. Le tronçon H-3 s'étend depuis la déviation de la route jusqu'à la confluence des Oueds Laya et Kebir, à l'aval duquel existe une zone marécageuse. L'aménagement de la section d'étranglement juste à l'amont de cette zone est l'objet principal du travail dans ce tronçon. Aussi, la construction d'un lit correctement profilé pour l'oued au niveau de la zone marécageuse peut elle être une des variantes.

Oued Laya

Le tronçon H-4 s'étend le long de oued Laya. La grande partie de ce tronçon a une capacité suffisante pour la crue décennale à l'exception d'un tronçon de 250 m situé à l'amont de la confluence. Les travaux d'aménagement pendant la première étape du tronçon H-4 consistent à construire un lit bien profilé pour ce court tronçon. Dans la seconde étape, il s'agit d'approfondir et d'élargir tous les tronçons.

Oued Kebir

Le tronçon K-1 s'étend depuis la confluence jusqu'à la route MC-48. Les travaux d'aménagement de ce tronçon sont la réhabilitation du pont existant sur la route MC-48 et la construction d'un lit bien profilé de l'oued. Les tronçons de l'oued K-2 & K-3 s'étendent jusqu'à un pont sous la voie ferrée. La grande partie de ce tronçon a une capacité suffisante pour la crue centennale, mais toutefois, il n'y a pas un lit propre de l'oued. La construction du lit peut être l'une des variantes. Les tronçons K-4 & K-5 s'étendent jusqu'à la confluence de l'Oued M'darrej où quelques ponts sont déjà améliorés. Le travail essentiel d'aménagement pour ce tronçon est d'approfondir, d'élargir et de réhabiliter des ponts existants.

En se basant sur les travaux d'aménagement de l'oued mentionnés ci-dessus, le coût de ces travaux y compris le coût de construction et l'acquisition des terrains, ainsi que les dégâts des inondations, sont estimés pour chaque tronçon. Ces coûts sont résumés ci-dessous. Ici, les ponts sont considérés être dimensionnés pour la crue centennale dans la première étape et les terrains nécessaires sont aussi à acquérir dans la première phase.

(Unité: 1,000 DT)

Tronçon d'oued	Coût d'aménagement		dégâts d'inondation (10 ans)	
	1ère étape	2ème étape	actuel	futur
H-1	2,448	0	2.030	4.996
H-2	1,137	42	459	771
H-3	487	104	66	261
H-4	136	232	5	7
K-1	795	127	20	72
K-2 & K-3	590	118	10	13
K-4 & K-5	706	275	46	127

On remarque d'après le tableau ci-dessus, que les dégâts d'inondations dans tronçons H-4 et K-2 & K3 sont légers et ceci est grâce à leur emplacement assez élevé. L'aménagement de K-1, K-4 et K-5 à eux seuls, n'est pas très économique, mais il est nécessaire d'aménager ces tronçons parce qu'il y a plusieurs ponts qui nécessitent une protection. D'autre part, les dégâts d'inondations dans les tronçons H-1 et H-2 sont très sérieux, et les travaux d'aménagement sont urgents pour ces tronçons. Alors, les variantes suivantes sont formulées.

- Variante 1: C'est une variante d'aménagement pour tous les tronçons de H-1 à K-5. Cette variante comprend la construction d'un lit bien profilé de l'oued pour les tronçons K-2 & K-3 et la zone marécageuse de H-3.
- Variante 2: C'est une variante d'aménagement des tronçons H-1, H-2, H-3 sauf la zone marécageuse, H-4, K-1 et K-4 & K-5. Elle consiste à la construction du lit de l'oued des tronçons K-2 & K-3 et la zone marécageuse de H-3 n'est pas incluse.
- Variante 3: C'est une variante d'aménagement des tronçons H-1, H-2, H-3 à l'exception de la zone marécageuse, H-4, K-1 et K-4 & K-5. Dans le tronçon H-4, le travail d'aménagement sera exécuté uniquement pour le court tronçon près de la confluence avec Oued Kebir.

Les diagrammes schématiques pour ces trois (3) variantes de contrôle des crues sont illustrés dans la figure 8.3.

8.4 Sélection des variantes

Trois variantes pour le contrôle des crues sont comparées pour la sélection de la variante la plus recommandée en calculant le taux de rentabilité interne économique (economic internal rate of return EIRR) comme un index économique pour les projets publics. Pour le calcul du EIRR, le coût économique du projet et le profit apporté par la réalisation du projet sont nécessaires.

Le coût du projet est estimé pour chaque variante. Ce coût inclut le coût de construction, le coût d'acquisition des terrains, les coûts administratifs et d'engineering et les dépenses diverses. Parmi ces coûts, les trois derniers sont estimés à partir des coûts directs comme il est décrit au chapitre 11. Le coût de ce projet est converti au coût économique selon la méthode expliquée au chapitre 13 pour être comparé avec le profit.

Alors, l'espèce et le profit est préparé en se basant sur le planning de construction présumé, et le EIRR est estimé. Le EIRR ainsi calculé est le suivant:

<u>Variante</u>	<u>EIRR</u>
1	15,3%
2	17,0%
3	17,4%

Selon le tableau ci-dessus, la variante 3 est choisie comme la plus recommandée. cette variante est présentée sur la figure 8.4 et 8.5. Le reste des tronçons (H-3, k-2 et K-3) qui ne seront pas aménagés dans cette variante, forme un bassin d'écrêtement naturel, ils ne causeront donc pas de problèmes sociaux.

CHAPITRE 9 VARIANTE SELECTIONNEE POUR LE CONTROLE DES CRUES

9.1 Généralités

A la suite de l'étude comparative du chapitre précédent, des travaux d'aménagement de l'Oued Hammam entre la route touristique et la déviation de la route GP-1, et de l'Oued Kebir au niveau de son tronçon aval et de ses tronçons les plus à l'amont, sont recommandés dans le cadre du programme de protection contre les inondations dans le bassin de l'Oued Hammam. En fonction donc des conditions d'occupation du sol et des conditions topographiques, une étude préliminaire pour le dimensionnement des ouvrages est réalisée.

Les hypothèses de base suivantes ont été adoptées pour la préparation de cette étude:

- 1) La crue de projet à prendre en compte est la crue centennale pour tous les oueds et les canaux secondaires.
- 2) La crue décennale est adoptée pour les canaux tertiaires et les canaux de drainage.
- 3) Phases de développement:
 - i) Une première étape de réalisation est considérée, sur la base d'une protection contre la crue décennale.
 - ii) La largeur des oueds et des cours d'eau est préservée pour le débit de la crue centennale.
 - iii) La détermination des projets prioritaires est faite de telle façon à éviter tout effet inverse dans les tronçons situés vers l'aval.

9.2 Dimensionnement préliminaire

Pour le dimensionnement des différents ouvrages et des bassins d'écrêtement, les mêmes hypothèses de base mentionnées dans le chapitre précédent sont appliquées ici. En plus, les critères et les conditions suivants sont introduits:

- 1) Les ouvrages de passages tels que les ponts, sont dimensionnés pour la crue centennale, même pour la première phase de travaux.
- 2) L'acquisition de terrains est faite sur la base de la crue centennale même pour la première phase de travaux.
- 3) Si la solution prévue consiste en des endiguements, l'emprise à conserver sera celle correspondant à la crue centennale

En appliquant ces hypothèses ainsi qu'il est décrit ci-dessus, et partant de la distribution des débits de ruissellement, un premier dimensionnement ainsi que le calcul du volume des travaux sont faits pour chaque canal. Il y a possibilité de causer des problèmes d'eau pipégée dans les zones où sont prévus des endiguements. Ce problème sera presque résolu par l'introduction d'un système de clapet et d'ouvrage de drainage. Les figures 9.1, 9.2 et 9.3 montrent un plan général et les profils en long et en travers des aménagements prévus par les variantes sélectionnées respectivement.

9.3 Principales Caractéristiques de la Variante Sélectionnée

9.3.1 Tronçon H-1

Les travaux d'aménagement de l'Oued Hammam entre l'exutoire et la GP-1 ont été déjà presque achevés par l'Etat Tunisien. Les principaux travaux d'aménagement dans la première étape consistent à construire un pont et des endiguements sur une longueur de 300 m à l'amont de la route touristique et à reprofiler le lit de l'oued à l'aval de la GP-1.

Après l'achèvement de la première étape de travaux, la capacité de l'oued sera suffisante pour transiter la crue centennale et par conséquent, il n'y a pas de travaux prévus pour la deuxième étape. Les caractéristiques principales sont comme suit:

Tronçon H-1 (Oued Hammam de l'exutoire jusqu'à la route GP-1)

Première étape

- | | |
|-----------------------------------|--|
| (1) Aménagement du cours d'eau | Débit de projet: 200 m ³ /s
Largeur au fond: 36 m
Longueur: 572 m
Déblai: 15.100 m ³
Protection par digues: 300 m sur les deux rives |
| (2) Pont sur la route touristique | Largeur: 26 m
Longueur: 84 m |

9.3.2 Tronçon H-2

Le cours de l'Oued Hammam présente plusieurs méandres juste à l'amont de la route GP-1. En plus, au niveau de cet endroit, le lit devient très étroit, et cause des problèmes d'inondations aux alentours. Une légère coupure de méandres est proposée afin de résoudre ces problèmes d'inondations dans ce tronçon. Un nouveau pont sur la GP-1 avec une longueur de 48 m est nécessaire d'urgence, parce qu'il n'y a pas de ponts actuellement.

Une section trapézoïdale en terre est adoptée parce qu'il existe suffisamment d'espace disponible. Un volume de terrassement est de 37.800 m³ et un volume de remblai de 2.500 m³ sont nécessaires pour la construction du nouveau canal dans la première étape. Dans la deuxième étape, les travaux consisteront à relever le niveau de la digue construite au cours de la première étape.

Les caractéristiques principales sont comme suit:

Tronçon H-2 (Oued Hammam de la route GP-1 jusqu'à la route de ceinture)

Première étape

- | | |
|-----------------------------------|--|
| (1) Aménagement du cours d'eau | Débit de projet: 90 m ³ /s
Largeur au fond: 33 m
Longueur: 560 m
Déblai: 37.800 m ³
Remblai des digues: 2.500 m ³
Protection par digues: 60 m sur les deux rives |
| (2) Pont sur la route touristique | Largeur: 12 m
Longueur: 48 m |
| (3) Ouvrage de vidange | Nombre: 2 |

Deuxième étape

- | | |
|--------------------------------|---|
| (1) Aménagement du cours d'eau | Débit de projet: 200 m ³ /s
Longueur: 560 m
Remblai des digues: 4.600 m ³ |
|--------------------------------|---|

9.3.3 Tronçon H-3

Les caractéristiques de ce tronçon sont divisées en deux catégories. Le tronçon de la moitié aval se trouve dans une zone basse et celui de la moitié amont est caractérisé par de nombreux étranglements. D'un point de vue économique et environnemental, les travaux d'aménagement de l'oued au niveau des zones basses marécageuses sont écartés ainsi qu'il est décrit dans le chapitre précédent. D'autre part, les points d'étranglement doivent être approfondis et élargis, non seulement pour l'Oued Hammam mais aussi pour l'Oued Kebir.

Une section trapézoïdale en terre est adoptée pour ce tronçon. Un volume de déblai de 18.700 m³ et un volume de remblai de 2.600 m³ sont nécessaires pour élargir et approfondir les points d'étranglement dans la première étape de travaux. Dans la deuxième étape, les travaux consisteront à relever le niveau de la digue construite au cours de la première étape. Le volume de remblai correspondant est de 3.800 m³.

Les caractéristiques principales sont comme suit:

Tronçon H-3 (Oued Hammam de la déviation de la GP-1 jusqu'à la confluence avec O. Kebir)

Première étape

- | | |
|--------------------------------|--|
| (1) Aménagement du cours d'eau | Débit de projet: 90 m ³ /s
Largeur au fond: 33 m
Longueur: 565 m
Déblai: 18.700 m ³
Remblai des digues: 2.600 m ³
Protection par digues: 50 m sur les deux rives |
| (2) Ouvrage de vidange | Nombre: 2 |

Deuxième étape

- | | |
|--------------------------------|---|
| (1) Aménagement du cours d'eau | Débit de projet: 200 m ³ /s
Longueur: 565 m
Remblai des digues: 3.800 m ³ |
|--------------------------------|---|

9.3.4 Tronçon H-4

Puisque les travaux d'aménagement ont été écartés dans ce tronçon pour des raisons économiques (voir chapitre précédent), de petits travaux d'aménagement sont nécessaires pour permettre d'acheminer les eaux sans causer de problèmes au niveau de la jonction avec l'Oued Kebir. Il est proposé d'aménager un tronçon de longueur 250 m. Les caractéristiques principales sont comme suit:

Tronçon H-4 (Oued Laya de la confluence avec Oued Kebir jusqu'à la l'amont)

Première étape

- | | |
|--------------------------------|--|
| (1) Aménagement du cours d'eau | Débit de projet: 65 m ³ /s
Largeur au fond: 8 m
Longueur: 250 m
Déblai: 1.900 m ³
Remblai des digues: 2.600 m ³
Protection par digues: 30 m sur les deux rives |
| (2) Ouvrage de vidange | Nombre: 2 |

Deuxième étape

- | | |
|--------------------------------|--|
| (1) Aménagement du cours d'eau | Débit de projet: 140 m ³ /s
Largeur au fond: 20 m
Longueur: 250 m
Déblai: 2.700 m ³ |
|--------------------------------|--|

9.3.5 Tronçon K-1

L'Oued Kebir s'écoule vers l'aval du point de croisement avec la MC-48 jusqu'à la jonction avec l'Oued Kebir. Il n'y a pas de lit marqué de l'oued dans les tronçons situés vers l'aval et ceci est à l'origine de problèmes d'inondations dans ces environs. Un nouveau pont pour la MC-48 d'une longueur de 30 m est nécessaire d'urgence parce qu'il n'y a pas de pont actuellement.

Une section trapézoïdale en terre est adoptée pour ce tronçon. Un volume de terrassement de 23.300 m³ et un volume de remblai de 8.100 m³ sont nécessaires pour la construction du nouveau canal dans la première étape. Dans la deuxième étape, les travaux consisteront à élargir le lit de l'oued de 7 à 18 m. Le volume de déblai correspondant est d'environ 22.300 m³.

Les caractéristiques principales sont comme suit:

Tronçon K-1 (Oued Kebir de la confluence avec Oued Hammam jusqu'à la route MC-48)

Première étape

- | | |
|--------------------------------|---|
| (1) Aménagement du cours d'eau | Débit de projet: 60 m ³ /s
Largeur au fond: 7 m
Longueur: 884 m
Déblai: 23.300 m ³
Remblai des digues: 8.100 m ³
Protection par digues: 60 m sur les deux rives |
| (2) Pont sur la route MC-48 | Largeur: 15 m
Longueur: 30 m |
| (3) Ouvrage de vidange | Nombre: 2 |

Deuxième étape

- | | |
|--------------------------------|---|
| (1) Aménagement du cours d'eau | Débit de projet: 130 m ³ /s
Largeur au fond: 18 m
Longueur: 884 m
Déblai: 22.300 m ³ |
|--------------------------------|---|

9.3.6 Tronçon K-4

Le tronçon K-4 est un tronçon très court qui s'étend de la voie ferrée jusqu'à la jonction avec l'Oued Sghir. Le pont sous la voie ferrée a une capacité suffisante, cependant, la conduite en tôle ondulée sous la route MC-48, située juste à l'amont du pont de la voie ferrée, est très petite et ne permet pas de transiter le débit de projet. Un nouveau pont, d'une longueur de 27 m, est proposé pour la route MC-48.

Les caractéristiques principales sont:

Tronçon K-4 (Oued Kebir de la voie ferrée jusqu'à confluence avec Oued Sghir)

Première étape

- | | |
|--------------------------------|---|
| (1) Aménagement du cours d'eau | Débit de projet: 45 m ³ /s
Largeur au fond: 6,5 m
Longueur: 84 m
Déblai: 1.600 m ³
Remblai des digues: 700 m ³
Protection par digues: 60 m sur les deux rives |
| (2) Pont sur la route MC-48 | Largeur: 12 m
Longueur: 27 m |

Deuxième étape

- | | |
|--------------------------------|--|
| (1) Aménagement du cours d'eau | Débit de projet: 100 m ³ /s
Largeur au fond: 17 m
Longueur: 84 m
Déblai: 600 m |
|--------------------------------|--|

9.3.7 Tronçon K-5

L'oued s'écoule vers l'aval à travers la vallée étroite le long de la périphérie de Kalaa Kebira. Trois ponts ont été récemment construits par le MEH le long de ce tronçon, et deux autres petits ponts doivent être remplacés.

Une section trapézoïdale en terre est adoptée pour ce tronçon. Un volume de terrassement de 14.900 m³ et un volume de remblai de 10.300 m³ sont nécessaires pour la première étape. Dans la deuxième étape, les travaux consisteront à élargir le lit de l'oued de 4,5 à 12 m. Le volume de déblai correspondant est d'environ 21.300 m³. Des dalots additionnels sont nécessaires pour chaque petit pont dans la deuxième étape.

Les caractéristiques principales sont comme suit:

Tronçon K-5 (Oued Kebir de la confluence avec Oued Sghir jusqu'à l'amont)

Première étape

- | | |
|-------------------------------------|---|
| (1) Aménagement du cours d'eau | Débit de projet: 35 m ³ /s
Largeur au fond: 4,5 m
Longueur: 1.532 m
Déblai: 14.900 m ³
Remblai des digues: 10.300 m ³
Protection par digues: 130 m sur les deux rives |
| (2) Pont cadre sur route secondaire | type bicellulaire, Largeur: 4 m & hauteur 2,6 m
Longueur: 8 m
2 sites |
| (3) Ouvrage de vidange | Nombre: 2 |

Deuxième étape

(1) Aménagement du cours d'eau

Débit de projet: 75 m³/s

Largeur au fond: 12 m

Longueur: 1.532 m

Déblai: 21.300 m³

Protection par digues: 100 m sur les deux rives

(2) Pont cadre sur route secondaire

type monocellulaire, Largeur: 4 m & hauteur: à ajouter aux ponts existants 2,6 m

Longueur: 8 m

Nombre: 10 (5 sites sur les deux rives)

CHAPITRE 10 ESTIMATION DES DEGATS POTENTIELS DES CRUES

10.1 Introduction

10.1.1 Contexte général

Les zones affectés par les inondations de l'Oued Hammam s'étendent dans les communes de Hammam Sousse, Akouda et Kalaa Kebira. L'impact des inondations sera ressenti dans les zones résidentielles, agricoles, industrielles et commerciales. En plus de l'impact spécifique, un impact général est ressenti sur les populations résidant dans le voisinage de l'oued et sur la fluidité du transport dans et entre certaines de ces zones.

L'évaluation des dégâts est estimée pour différents tronçons de l'oued afin de pouvoir séparer les évaluations à faire pour les variantes proposées et de permettre un phasage qui optimisera les dépenses. L'évaluation est basée sur l'étendue et la durée des crues potentielles estimées par les bureaux d'études et sur les interviews avec les agents officiels et les résidents concernant leur jugement sur l'impact des crues antérieures. Celles ci sont considérées uniquement à titre indicatif, puisque les dernières crues importantes ont eu lieu en 1969. Il n'y a pas eu d'évaluation spécifiques des dégâts dans le passé pour Oued Hammam.

10.1.2 Population affectée

La zone d'influence de la crue potentielle s'étendra au-delà des zones inondables puisqu'elle va indirectement affecter les populations des communes voisines. Toutes ces communes ont des taux d'urbanisation élevés - Akouda 81,6 %, Kalaa Kebira 87,17 % et Hammam Sousse 100 %. Selon le Plan Directeur de l'urbanisme pour les zones de Sousse - Monastir, ces villes continueront à être des centres importants de l'expansion urbaine dans le futur. Les projections de population sont faites sur la base des taux d'accroissement jusqu'à l'année 2002 d'après le Plan d'Aménagement Urbain de la commune de Hammam Sousse et le Plan d'Aménagement Urbain de la commune d'Akouda, 1991 et le Plan de Développement urbain pour la Conurbation de Sousse - Monastir, 1993.

Le taux d'accroissement pour Hammam Sousse est estimé d'après le plan à 5,97 %. Cependant, on ne peut pas s'attendre qu'un tel taux puisse être maintenu à long terme

puisque le taux de saturation sera atteint et les espaces pour l'expansion seront limités. Il en résulte que les taux d'accroissement futurs au-delà de 2002 seront réduits à 4 % p.a. pour Hammam Sousse et à 3 % pour les deux autres communes. Selon ces hypothèses, la population de ces trois communes va dépasser 200.000 habitants en 2020.

10.1.3 Impact sur le transport

L'une des conséquences majeures sera la perturbation du trafic, en terme de retards dus à l'inondation des routes. ceci s'applique aussi bien au trafic local que celui entre ces villes. L'Oued Hammam est traversé par trois routes importantes: La route GP-1, la déviation de la route GP-1 et la route RVE 845 (route touristique). Des inondations importantes dans le passé ont causées des problèmes considérables à l'endroit de passage de la GP-1 et de la RVE 845 et des retards considérables sur la déviation de la GP-1 aussi bien que sur la route MC 48 qui relie Hammam Sousse à Akouda. Cependant, la situation a été largement soulagée par l'ouverture en 1993 de l'autoroute qui contourne la ville et dont le résultat a été de dévier une part considérable du trafic de la GP-1. A part ceci, le trafic sur ces routes reste toujours considérable et l'on s'attend à son augmentation à cause de des développements urbain et touristique.

Le tableau 10.1 montre les résultats d'un recensement de trafic en 1992 sur la déviation de la GP-1. Puisque l'impact total de l'autoroute sur ce trafic doit être estimé, des hypothèses sont faites sur le trafic déplacé de la GP1 vers l'autoroute. Des évaluations informelles par les autorités locales indiquent que probablement 50% du trafic de 1992 a été dévié. Le tableau 10.2 montre les niveaux actuels du trafic sur la GP-1 sur la déviation de la GP-1. Ceux-ci sont estimés à environ 6.000 mouvements par jour sur la déviation de la GP-1 et à 9.300 sur la GP-1. Le tableau 10.3 montre les résultats du recensement de trafic sur la MC-48 et la RVE-845. On ne s'attend pas à ce que le trafic sur la RVE-845 soit affecté par l'autoroute, tandis que celui sur la MC-48 semble augmenter par l'effet de son utilisation pour l'accès à l'autoroute. Le nombre de véhicules par jour est estimé à 12.322 pour la MC-48 et à 13.319 pour la RVE-845.

Le trafic est prévu vers la hausse en parallèle avec les prévision du GPD jusqu'à l'an 2000 à savoir 6% p.a. Cependant, à cause d'une saturation possible des routes, des taux d'accroissement plus faibles sont prévus, et des taux de 4% p.a. (entre 2000 et 2010) et de 2% p.a. (entre 2010 et 2020) sont utilisés pour l'estimations du trafic. Les estimations du nombre de passagers sont basées sur les taux typiques d'occupation en Tunisie (Ainsi qu'il est utilisé dans le Plan Directeur du Transport de Tunis)

Les tableaux 10.4 et 10.5 montrent les estimations du trafic sur la déviation de la GP-1 et sur la GP-1 pour 1993 et pour 2020. Les tableaux 10.6 et 10.7 montrent les prévisions pour la MC-48 et la RVE-835. Ces estimations du futur trafic sont utilisées ci-après pour les calculs des bénéfices pour les diverses sections des zones inondables par l'Oued Hammam.

10.2 Méthodologie

10.2.1 Introduction

Une évaluation des coûts directs et indirects associés aux inondations dépendra sur l'étendue, la profondeur et la durée prévue des inondations. L'analyse de dégâts d'inondations est faite pour les deux cas suivants: condition d'occupation actuelle du sol et conditions d'occupation future du sol. Puisqu'il est impossible de définir l'occupation exacte du sol pour chaque période de crue, l'évaluation des dégâts a été faite pour une période de retour de 100 ans et les dégâts dans les années intermédiaires sont estimés sur les bases *pro rata* selon l'étendue des surfaces inondées et la durée des inondations. Les dégâts d'inondations ont été classés en catégories en fonction des zones résidentielles, industrielles, commerciales et agricoles; l'analyse considère aussi l'effet des inondations sur les routes et sur le transport.

10.2.2 Dégâts et pertes dans les zones résidentielles

(1) Introduction

Des zones résidentielles affectées, particulièrement au voisinage de l'oued, comprennent des habitations spontanées. Il est clair que les dégâts pour les habitations spontanées doivent être considérés puisqu'il ne semble pas y avoir d'initiatives des autorités pour transférer les résidents dans des zones permises. Les situations de l'occupation du sol dans les zones inondables par la crue potentielles; à savoir densité des habitations et le nombre de maisons, ont été faites sur la base de visites sur sites.

Les principales catégories de dégâts que l'on peut attribuer aux inondations seront des dégâts physiques causés pour les bâtiments et les foyers et des pertes potentielles sur les revenus causés pour les résidents à la suite des perturbations.

(2) Dégâts pour les bâtiments

(a) Approche Méthodologique

En général, les dégâts des inondations, particulièrement dans les zones résidentielles, sont obtenus par la comparaison entre les valeurs du terrain pour des propriétés similaires dans des zones inondables ou non inondables. Dans les circonstances normales, les inondations doivent avoir un effet sur la valeur des propriétés. Cependant, dans Oued Hammam, le facteur exposition aux inondations ne semble pas trop influencer le prix des terrains et des constructions. La fourchette des prix des terrains à Sousse et dans des zones susceptibles d'inondations est large, et il existe même des cas où des propriétés voisines présentent des différences de prix considérables.

Il est évident que des facteurs autres que la susceptibilité aux inondations ont une plus grande influence sur la détermination des prix, tels que la proximité au centre de Sousse et aux zones touristiques. Il doit être noté, que sous les circonstances actuelles, les inondations sont considérées par les résidents comme des phénomènes temporaires. L'habitat anarchique est un phénomène observé le long de l'Oued Hammam et parfois, des habitations sont situées sur des zones très exposées aux dangers des inondations.

Une autre approche pour l'estimation des dégâts d'inondations est l'approche du contingent d'évaluation ("évaluation de l'aptitude d'accepter des compensations pour les malaises causés par les inondations") est considérée non valable vu la faible fréquence et les dégâts limités occasionnés par les crues de 1969. Les difficultés sont probablement dues aux avis neutres des gens interviewés à propos de leur aptitude à payer. Le comportement réel des marchés relatif, par exemple, aux valeurs des terrains dans les zones inondables ou non inondables a été faussé par les pressions sur les terrains dans les zones urbaines et il serait extrêmement difficile d'assigner des valeurs réalistes à toute amélioration environnementale hypothétique.

Une approche séparée pour l'évaluation des bénéfices probables des projets est l'utilisation de la méthode hedonic comme pour les prix des propriétés, comparés dans les zones inondables aux zones homogènes similaires. En principe, la différence de prix est prise comme indicateur d'une prime possible payée pour éviter les inconvénients et les dégâts occasionnés par les inondations. Cependant, une investigation montre que cette méthode ne reflète ni la vraie valeur des terrains ni l'environnement dans lequel ils sont situés, mais elle est plutôt établie sur des bases qui ne reflètent pas les facteurs économiques. Les valeurs des propriétés ne sont donc pas considérées comme base valable pour l'estimation des dégâts des inondations dans l'Oued Hammam. Il est

cependant proposé d'utiliser les coûts de construction et de réhabilitation des bâtiments pour évaluer l'impact des inondations.

(b) Hypothèses

L'occupation du sol a été estimée dans les zones inondables par la crue potentielle, et des analyses et des expertises des constructions existant dans ces zones ont été réalisées. L'augmentation de l'urbanisation dans les zones inondables est un phénomène dont il faut probablement tenir compte. Des estimations sont donc faites pour les conditions actuelles et futures d'occupation du sol.

L'impact des inondations sur les constructions est ressenti par la détérioration des fondations et la réhabilitation nécessaire pour réparer les murs ou autres travaux de réparation. Puisqu'il est impossible de faire des expertises pour chaque construction individuelle, des critères généraux sont alors utilisés.

L'estimation des coûts typiques de construction est notamment difficile vue des facteurs physiques relatifs à chaque site. Une analyse des données fournies par la SNIT (Etude des coûts de production des logements dans le district de Tunis) indique que les valeurs des fondations varient entre 5 et 12% pour les constructions de la SNIT et sont généralement d'environ 8% dans le secteur privé. Le coût de la décoration intérieure et de la verrerie est entre 5 à 6%. Ces coûts sont cependant de l'ordre de 10 à 18%. Pour la présente analyse, les dégâts des inondations sont estimés à 10% des coûts de construction.

En fonction de la nature des terrains et des constructions, deux catégories d'habitations sont distinguées. En général, les constructions de la classe sociale sont estimées avoir un coût unitaire d'environ 150 à 200 DT/m² et celles d'un niveau moyen standard à 250 à 300 DT/m². Le coût des habitations spontanées sont estimés du même niveau que celles de la classe sociale. Des coûts unitaires de 15 DT/m² et de 25 DT/m² sont utilisés pour calculer les dégâts des inondations pour les deux catégories.

L'estimation de la densité des constructions est basée sur les visites sur site. Quand cela n'a pas été possible, des données issues d'autres études (ONAS) ont été utilisées. Pour les habitations populaires et spontanées, une surface bâtie moyenne de 60 m² est assumée, et pour des constructions de classe moyenne, cette surface est de 100 m².

(3) Pertes de biens domestiques

La valeur des objets domestiques dans une habitation de classe moyenne est estimée à environ 3.500 DT. Ces objets comprennent réfrigérateurs, fours, meubles, tapis, matelas, vêtements et nourriture. L'expérience dans d'autres pays a montré que des inondations atteignant une hauteur d'eau de 1 m, engendrent des dégâts d'environ 10% pour les objets domestiques. Ce pourcentage atteint 70% si la hauteur d'eau atteint 3 m. Même si dans certaines zones de l'oued Hammam où la hauteur d'eau a dépassé 1 m pendant les crues de 1969, il est peu probable que cette valeur sera dépassée. Il est par conséquent proposé d'utiliser 10% de la valeur des biens comme valeur probable des dégâts d'inondations.

(4) Manques à gagner pour les résidents

Il est assumé que des perturbations causées par les inondations vont engendrer des manques à gagner et des pertes sur les revenus pour les résidents. La densité de la population est basée sur les données collectées pour la zone, ou celles des zones voisines si les données ne sont pas disponibles. A Oued Hammam, elle est estimée à 200 personnes par ha. A Sousse, le critère général adopté pour le planning assume un nombre de 5 personnes par foyer.

Le nombre de travailleurs par foyer varie en fonction de la population active et du niveau de chômage dans les différentes zones. Les figures officielles vont probablement induire en erreur puisqu'elles ne tiennent pas compte du secteur non officiel. Par exemple, une expertise entreprise en 1984 a montré que dans la zone de Sousse, le taux de chômage varie de 4,3% à Hammam Sousse à 19,2% à Msaken. Les données relatives au chômage dans les villes concernées sont montrées dans le tableau 10.8. Ce tableau montre qu'il y a une moyenne de 1,6 travailleur par foyer. Pour l'estimation des dégâts, il est assumé une valeur de 2 travailleurs par foyer affecté.

Des projections de salaire ont été faites jusqu'à l'année 2020 sur la base de la courbe d'augmentation des revenus qui, à son tour, est basée sur le taux de croissance du GDP prévu (6%p.a. jusqu'à l'année 2000, 5,5% entre 2000 et 2010 et 5% entre 2010 et 2020). Il en résulte que le salaire d'un ouvrier qualifié, actuellement estimé à 16 DT par jour, passera à 67 DT en 2020. Pour un ouvrier non qualifié, ces valeurs sont 5 DT et 22 DT respectivement.

10.2.3 Pertes pour l'industrie et les entreprises commerciales

Les pertes dans ce secteur peuvent être mesurées en termes de manques à gagner pour les ouvriers, de dégâts physiques sur les équipements des compagnies et des perturbations pour les usines résultant des coûts supérieurs pour la livraison des matières premières et le transport des produits finis. Afin d'estimer la période de temps pour le rétablissement de la situation, une période supplémentaire caractérisée par diverses perturbations va aussi être ressentie.

Il est assumé que les dégâts pour les bâtiments industriels seront moindres que ceux des bâtiments résidentiels vu leur construction bien étudiée et leur décoration simple. Puisque la plupart de l'industrie est de nature légère ou encore commerciale, les dégâts physiques réels ne seront pas significatifs. Les dégâts sont estimés à 5% du coût de la construction évalué à 300 DT/m² c'est à dire 15 DT/m². Les pertes sur les revenus des ouvriers pendant les périodes des crues sont estimées sur les montants des salaires calculés ci-dessus.

10.2.4 Pertes pour l'Agriculture

Les inondations vont engendrer des dégâts sur les récoltes. Il est cependant assumé qu'il n'y a pas de pertes ultérieures pour les terres agricoles dues à l'érosion. Les zones agricoles susceptibles aux inondations sont estimées ci-dessous pour les conditions actuelles et futures d'occupation du sol.

Les principales cultures dans le bassin de l'Oued Hammam sont les légumes, les produits de marché, et les olives. La productivité des terrains varie énormément ainsi que les prix. Il est prévu que les dégâts d'inondations seront assez importants pour causer la perte de toute une récolte. Afin d'aboutir à une estimation générale des dégâts, il est supposé que les cultures sont divisées à parts égales entre les olives et les productions des légumes. La production d'olives dans la zone adjacente à l'Oued Hammam varie entre 27 à 150 kg/arbre. En supposant une densité de 200 arbres par hectare et une moyenne de production de 50 kg par arbre, la production totale est estimée à 10.000 kg. Selon les prix courants (0,160 DT/kg), la valeur des cultures est alors d'environ 1.600 DT/ha.

Concernant les légumes, les pommes de terre sont cultivées typiquement dans la zone à une productivité de 12 tonnes/ha sur la base de deux récoltes par an. Les prix courants sur le marché varient de 0,150 à 0,300 DT. En adoptant un prix moyen de 0,200

DT/kg, les pertes sont estimées à 1.200 DT/ha. Pour les zones agricoles en général, les pertes sont estimées à une moyenne de 1.400 DT/ha.

10.2.5 Pertes pour le transport

(1) Dégâts pour les routes

Il est assumé que pour les conditions actuelles et future d'occupation de sol, les routes inondées nécessiteront une réhabilitation. Le coût de la construction pour une nouvelle route à double voies est estimé à 240.000 DT (hors taxes). Les coûts de réhabilitation sont estimés à 50% des coûts de construction et sont évalués à 120.000 DT par km pour des routes primaires, et à 80.000 DT pour des routes secondaires selon les informations recueillies de la Direction des Ponts et Chaussées. Le coût de construction des pistes agricoles est estimé à 25.000 par km. Toutefois, afin d'éviter tels dégâts dans le futur et d'améliorer l'environnement général du tourisme, il est proposé qu'un pont remplacera la traversée de Oued Hammam sur la RVE 835 (route touristique). Il est estimé à 2.100.000 DT.

(2) Retard sur le trafic et valeur du temps

Afin de pouvoir faire des évaluations, il est estimé que les routes seront coupées pendant la durée des crues. Ceci va engendrer des retards et des déviations vers d'autres routes et va engendrer des pertes sur les revenus. Le nombre de passagers affectés est basé sur le taux d'occupation des véhicules d'après les derniers sondages, et sur les projections du trafic basées sur les dernières données disponibles tel qu'il est estimé dans la section 10.3. La valeur du temps des passagers est calculée sur la base des prévisions de salaires pour l'année 2020 (voir paragraphe 10.2.2). En général, dans les études du transport, les pertes sur le temps libre est estimées à 20% du niveau de salaire, et celles sur le temps de travail est estimées à 33% du revenu horaire. A cause du manque de données suffisantes sur le trafic et les destinations des véhicules, il est proposé d'appliquer un facteur moyen pour tous les déplacements. La valeur du temps est alors prise égale à 25% des salaires.

Aux taux actuels, la valeur appropriée est estimée à 0,5 DT/heure pour un ouvrier qualifié et 0,16 DT/heure pour un ouvrier non qualifié. Ces valeurs augmenteront avec la croissance du GDP pour atteindre 2,1 DT/heure et 0,7 DT/heure respectivement en l'année 2020. Il est supposé d'autre part, que les passagers occupants des voitures privées ou des taxis seront de la classe des ouvriers qualifiés et tous les autres (utilisant bus, camionnettes et passagers sur deux roues) seront non qualifiés. Le trafic

touristique sera affecté et il est proposé d'utiliser les frais additionnels des taxis comme approximation des malaises causés.

(3) Augmentation du Coût Opérationnel des Véhicules

Il y a deux éléments de coût qui sont entraînés ici. Le Coût opérationnel additionnel du aux déviations, et l'augmentation du coût des véhicules due à la circulation sur des routes endommagées. En plus de l'arrêt total du trafic pendant les crues, un impact ultérieur sera ressenti par l'augmentation du Coût opérationnel résultant à la fois des conditions difficiles pour la conduite et de la dégradation des routes. Ce coût additionnel devra être intégré dans l'évaluation des dégâts. Pour l'estimation, il est assumé que le Coût opérationnel additionnel s'applique durant toute la durée jusqu'à la réparation des routes et que cette réparation prendra 30 jours. Le coût augmenté de l'utilisation des véhicules est basé sur des hypothèses du modèle HDM III de la Banque Mondiale, qui suppose des degrés différents de rugosité des surfaces dans les cas "avec" ou "sans".

Sur la base de ce modèle, il est assumé que dans le cas "sans projet", le tronçon de route affecté par les inondations est dans un état médiocre, avec des irrégularités visibles et des défauts de forme, (Ceci représente un niveau de "rugosité" de 71,5 à 91 m/km). Dans le cas "avec projet", c'est à dire sans inondations, l'état de la route est considéré comme route en enrobé de haute qualité (c.a.d. avec une spécification de 21-33 m/km); La différence entre les Coûts opérationnels des véhicules de ces catégories de routes sont montrés sur le tableau 10.9. Ces taux sont appliqués pour le trafic actuel et prévu. Il est supposé que les dégâts pour les routes seront les mêmes sous les conditions actuelles et futures de l'occupation du sol et seulement varie la durée.

10.2.6 Autres facteurs

Le facteur majeur inquantifiable ici est l'impact sur la santé. Ceci est difficile à évaluer à cause du manque de données suffisantes et le problème d'attribuer des maladies aux problèmes locaux d'inondations, plutôt qu'à d'autres causes dans la zone d'étude. Des interviews avec les autorités de la santé indiquent que les crues et les eaux stagnantes n'ont pas causé l'apparition de maladies parmi les populations résidentielles. Une analyse des crues actuelles montre que les écoulements des oueds ne qu'un élément parmi plusieurs à l'origine de problèmes d'environnement insalubre.

Des solutions devront être trouvées pour les facteurs suivants:

- l'obturation des réseaux par les déchets solides provenant de l'érosion des reliefs et des déchets des maisons ainsi que d'autres travaux

- le mauvais fonctionnement du réseau secondaire particulièrement dans les zones d'habitation
- les ruissellements croissants à cause de l'urbanisation des zones vouées à l'agriculture
- la construction de plusieurs obstacles et l'obturation des oueds particulièrement dans les zones d'habitat spontané
- l'insuffisance des travaux de maintenance

Un autre facteur inquantifiable dans les zones inondable de Hammam Sousse est l'impact de la publicité défavorable pour le tourisme. Un autre risque potentiel est la perturbation qui pourrait avoir lieu à la station de l'épuration de l'ONAS situé près de l'oued.

10.2.7 Résumé des coefficient utilisé pour l'estimation des dégâts

Les divers facteurs utilisés pour l'estimation des dégâts sont résumés ci-après. Il est difficile d'estimer les taux d'inflation futurs sur le propriétés et les commodités. Les salaires sont supposés augmenter linéairement avec le PIB. Pour les autres facteurs, les taux actuels sont maintenus. Les dégâts futurs sont alors supposés consevatifs, et ces éléments peuvent constituer des sujets d'études.

Résumé des coefficients utilisée pour l'estimation des dégâts d'inondations (DT)

<u>Catégorie</u>	<u>coefficient</u>	
	<u>Actuel (1993)</u>	<u>futurs(2020)</u>
1. Zones résidentielles		
(i) Dégâts pour les bâtiments		
*Habitat populaire ou spontané	15/m ²	15/m ²
*Habita moyen	25/m ²	25/m ²
(ii) Dégâts sur les biens domestiques (par foyer)	350	350
(iii) Manques à gagner pour les foyer (DT par jour)		
qualifié	16	67
non qualifié	5	22
2. Secteur industriel		
(i) Dégâts pour les bâtiments	15/m ²	15/m ²
(ii) Manque à gagner pou les ouvriers	(le même que pour les foyers)	
3. Secteur agricole (par hectare)		
(i) Valeur de la culture d'olives	1.600	1.600
(ii) Valeur de la culture des légumes	1.200	1.200
4. Transport		
(i) Réhabilitation des routes (par km)		
* Primaire	120.000	120.000
* Secondaire	80.000	80.000
* piste agricoles	25.000	25.000

(ii) Retards sur le trafic/ Valeur du temps (DT par heure)		
Ouvrier qualifié	0,5	2,1
Ouvrier non qualifié	0,16	0,7
Touriste	1,0	4,0
(iii) Coût additionnel pour l'utilisation de véhicules (DT par 1.000 km)		
* Voiture privée/ taxis	28,79	28,79
* Bus	51,60	51,60
* Camions légers/moyens	86,11	86,11
* Camions lourd	236,73	236,73

10.3 Evaluation des dégâts d'inondations

10.3.1 Introduction

Etant donné que le bassin de l'Oued Hammam contient des classes socio-économiques distincte, il est recommandé d'analyser les dégâts des inondations pour plusieurs zones distincte, ainsi que le montre la figure 10.1. Pour chaque cas, les dégâts sont estimés pour les conditions actuelles et futures d'occupation du sol et pour une crue centennale. Les dégâts potentiels de crue annuelle et de la crue décennale sont résumés dans le paragraphe 10.4.2.

10.3.2 Estimation des dégâts d'inondation - Zone A

(I) Caractéristiques de la Zone

Cette zone est située sur la cote et se prolonge de l'exutoire de l'oued jusqu'à la GP1. L'occupation des sols est mixte et consiste en des zones touristiques, résidentiel, industriel et agricole. L'expérience des crues de 1969 montrent que dans certaines zones restent envahies par l'eau pendant un à trois jours, mais dans les zones basses l'eau persiste jusqu'à 20 jours. La hauteur varient entre 0.2 et 1.5 mètres. La route touristique a été fermé pendant au moins deux jours. La durée maximale des crues sera de 36 à 39 heures. Une classification des différentes catégories des terrains affectés sous les conditions actuelles et futures d'occupation du sol est montré ci après :

Caractéristiques de l'occupation du sol dans les zones inondables de la zone A (ha).

	<u>Conditions</u>	
	<u>Occupation actuelle</u>	<u>Occupation future</u>
	<u>du sol</u>	<u>du sol</u>
Agricole	107	74
Urbaine	30	70
Ouverte	16	16
<u>Total</u>	<u>153</u>	<u>160</u>

Même s'il n'y a pas d'activités touristiques directement affectées par les crues de l'oued, il y aura un impact déplaisant sur les hôtels voisins aussi bien que des malaises considérables sur les mouvements vers El Kantaoui et vers les autres zones de développement touristiques future telle que Hergla.

La zone est munie de la station d'épuration de l'ONAS (Sousse nord SE5) avec un débit moyen journalier de 8.700 m³ par jour et le traitement de 2700 kg par jour. Des projets d'extensions sont en cours et sa capacité est prévue d'augmenter dans un futur proche jusqu'à 17430 m³ et 4450 kg respectivement. La station recueille les rejets des eaux usées de 66.500 habitants et 19.200 résidents dans les hôtels. La station assure le traitement primaire seulement et des effets sont possibles dus à des dépassements de sa capacité. L'arrêt de cette station aura des effets majeurs sur l'hygiène et les conditions de santé dans le nord de Sousse. Il y aura aussi une mauvaise publicité par la pollution des zones côtières. Cependant, cet élément de dégât potentiels n'est pas chiffré.

(2) Manque à gagner pour les résidents.

La zone principale où les résidents seront affectés est Hamman Sousse. Les zones construites affectées sont estimées à 30 Ha sous les conditions actuelles d'occupation du sol et 70 Ha dans les conditions futures. La zone A est caractérisée par des activités commerciales et d'industrie légère, particulièrement dans la zone proche de l'ONAS et sur la GP1. Il est estimé que 75 % de la zone construite sont des propriétés résidentielles, à savoir 22.5 ha et 52.5 ha respectivement.

Afin de calculer le nombre de foyer affecté, des critères socio-économiques issus des documents de planification de Hamman Sousse et de Sousse ville sont utilisés. La densité dans la ville de Sousse est estimée à une moyenne de 275 personnes par ha. Des visites sur site indiquent cependant qu'à présent l'habitat est plus dispersé. Il est donc proposé d'utiliser une densité plus faible de 200 personnes par ha pour la zone à risque d'inondation. Ceci représente une population affectée de 4000 personnes sous les conditions actuelles d'occupation du sol. Étant donné l'accroissement rapide de l'urbanisation, une augmentation importante de la densité est prévue et il est proposé d'utiliser une densité de 275 pour l'année 2020. Sur cette base la population affectée dans la région sera de 14.500 personnes.

Selon le recensement de la population il y avait 5,48 personnes par foyer à Hammam Sousse. Le nombre de foyer affecté actuellement serait de 820. Le plan directeur de Sousse estime à 5 le nombre de personnes par foyer et, sur cette base, on s'attend que le nombre de foyer dans les zones inondables sera de 2900.

Sur la base de 2 travailleurs par foyer, et un salaire moyen de 67 DT par jour en l'année 2020, les manques à gagner atteindront 330.000 DT sur la base de 3 jours de travail perdu (sous les conditions actuelles d'occupation du sol), et 1.554.000 DT (avec 4 jours de travail perdu sous les conditions future d'occupation du sol).

(3) Dégats pour les bâtiments résidentiels.

Afin d'estimer la valeur des zones construites, il est assumé que 50 % des foyers sont de type populaire (surface moyenne 60 m²), et le reste du type habitat moyen (100 m²). Les zones résidentielle sont alors estimée à 65.600 m² sous les conditions actuelles d'occupation du sol et 232.000 m² sous les conditions future. Sur une base de 15 et 25 DT/m², l'ensemble des dégats au bâtiment résidentielle est estimé à 1.394.000 et 4.930.000 DT respectivement.

(4) Dégats pour les biens domestiques

Même si dans certaines zones où la hauteur d'eau a excédé 1 m pendant les crues de 1969, il est peu probable que ceci sera dépassé. Sous les conditions actuelles d'occupation du sol avec 820 foyers affecté les dégats sont estimé à 287.000 DT et sous les conditions futures d'occupation du sol 2.900 foyers à 1.015.000 DT.

(5) Dégats pour le secteur industrielle

Les dégats dans se secteur peuvent être mesuré en terme de perturbation pour les usines résultant des coûts supérieure de livraison de matières premières et du transport des produits fini, des manques à gagner pour les employés et des dégats physique sur les biens de la compagnie. Il n'ya pas de données suffisantes disponibles sur les compagnies individuelle en terme de dépenses et de revenu. Les coûts des inondations sont basés sur les manques à gagner des employés.

Afin d'estimer le nombre d' employés dans les zones inondables, il est proposé d'utiliser la moyenne de travailleur par usine à Hammam Sousse. Le tableau 10.10 présente des données sur l'emploi dans le secteur industrielle de la zone. Le nombre moyen d'employé par usine dans la zone est estimé à 29.

Une expertise de la zone montre qu'à part l'ONAS, la plupart des bâtiments sont utilisés pour les entreprises d'industries légère et de commerce. Plusieurs sont en cours de construyion à présent et l'on comprend que d'autres sont projetées. Sous les conditions actuelles d'occupation du sol, Il est supposé qu'il y'aura 25 unités affectées

et se nombre sera doublé dans le future, représentant 725 et 1450 employés respectivement.

Pendant la période de crue les industries seront dans l'incapacité de travailler et qu'il y'aura des retard supplémentaires pour redémarrer la production et réparer les dégats. Sous les conditions actuelles d'occupation du sol, il est estimé que 5 jours de perte seront supportés, et 6 jours sous les conditions futures. En terme de perte sur les gains ceci représente 243.000 DT et 583.000 DT respectivement.

Des dégats structurelle pour le batiments industriels et commerciaux seront beaucoup moindre que ceux des batiments résidentiels. Ces zones sont estimés a 8 ha sous les conditions actuelles d'occupation du sol, et a 18 ha sous les conditions futures. on supposent que 50 % de la surface sera occupé par des constructions, celle ci sont estimés a 4.000 et 18.000 m². Sur la base d'un coût des dégats de 5 % du coût de la construction (300 DT / m²), les dégats pour lez batiments sont estimés a 60.000 DT est 270.000 DT.

Il y'aura aussi des dégats pour les stocks et les équipements. Cet élément est difficile a estimer vu le manque de données et le fait que la plus part de ces activités d'industrie légère et commerciale sont en cours de construction. Un montant nationale de 100.000 DT est proposé pour les conditions actuelles d'occupation du sol et ceci augmentera a 450.000 DT au prorata.

(6) Perte dans le secteur agricole

Même s'il est estimé que 107 ha dans la zone sont exposés aux risques d'inondation, ce nombre est prévu a une baisse significative vu l'urbanisation croissante et atteindra 74 ha vers 2020. Actuellement les cultures consistent en desc oliviers, des légumes et de produits de marché tel que les pommes de terre. Il est supposé que 50 % de la surface (37 ha) sont occupés par les oliviers et le reste par les pommes de terre. La valeur de la production a été estimer a 1.600 DT par ha pour les olives menant a des pertes de 59.200 DT. Il est supposé que les légumes sont cultivés dans l'autre moitié de la surface affecté (37 ha). Typiquement les pommes de terre sont cultivés dans la zone sur une base de 1.200 DT /ha par culture, les pertes sont estimées a 44.000 DT. Les pertes totales dans la production agricole seront alors au tour de 103.000 DT sous les conditions futures d'occupation du sol. Par analogie, les pertes sous les conditions actuelles d'occupation du sol (107 ha) atteindront 149.000 DT.

(7) Pertes dans le transport et la trafic

(a) Manque a gagner pour les passagers

Il est supposé que la route touristique (RVE 835) et les routes locales proches de l'oued y compri les routes de la zone industrielle et les pistes agricoles seront coupées pendant les crues. D'après l'expérience des crues de 1969 la route principale a été fermé pendant plus de 3 jours. Pour l'évaluation les routes sont supposées se couper pendant 3 jours sous les conditions actuelles d'occupation du sol et 4 jours sous les conditions future d'occupation du sol. Le trafic sera détourné vers la déviation de la GP1 qui ne sera pas affecté par les inondations; une déviation d'environ 5 km. Ceci va engendrer un coût plus important d'utilisation de véhicules (VOCs : Vehicle Operating Costs) ainsi que des durées de circulation plus longue. La déviation du trafic va engendrer des heures supplémentaires de déplacement pour les passagers.

L'estimation du nombre du passagers affectése est à présent de 52.700 et augmentera jusqu'à 143.000 en l'an 2020 (voir tableau 10.7). Les passagers peuvent être divisés en 3 catégories : touristes, ouvriers qualifiés et ouvriers non qualifiés. Une partie importante de ce trafic sera reliée au tourisme. Des données récentes montrent que Sousse a reçu 634.000 touristes en 1992. Puisque Oued Hammem divise effectivement les zones touristiques, les mouvements dans les deux directions seront affectées. La zone El Kantaoui possède un grand nombre d'hotels (Hannibal, Bulla Regia, Asdrubal, Kantaoui, Marhaba etc.), avec un nombre de lits estimés actuellement a 9.000. Deux autres hotels sont en cours de construction; le club Tergui est le club Méditerrané. Dans le Plan Directeur de Sousse, il est proposé d'intensifier la densité du développement touristique de 110 à 170 lits / ha. Le nombre total de lits à El Kantaoui est prévu d'atteindre de 20.000 dans le future. Avec un taux d'occupation moyen sur l'année de 60 % il est probablement que le nombre moyen de touristes à El Kantaoui sera actuellement de 5.400 et de 12.000 dans le future. Cette figure peut être considérer comme conservative puisque le développement future du tourisme le long de la côte (par exemple a Hergla) n'est pris en compte. En plus il y'a un mouvement considérable du trafic de Sousse vers Kantaoui ou vers les autres zones touristiques a Sousse. Le nombre total de lits a Sousse est estimé a 23.000. Avec un taux d'occupation de 60 %, ceci mène a une moyenne d'environ 14.000 touristes dans la ville de Sousse. Le développement future sera limité a cause des restrictions d'espace. En adoptant des taux d'occupation supérieure, le nombre des touristes a Sousse est estimés a 20.000 en l'an 2020.

Afin d'aboutir à une approximation du nombre de touristes qui veulent se déplacer entre El Kantaoui et Sousse, il est supposé que un tiers se déplace dans les deux directions. Sur cette base parmi 20.000 touristes à présent 6.000 voudront voyager (12.000 mouvements); dans le future, cette figure sera 10.000 touristes (20.000 mouvements).

Il est difficile d'imputer une valeur pour le temps des touristes puisque leur temps de plaisir ne peut être évalué. Dans le but de l'analyse, les frais de taxi pour la distance additionnelle via la déviation sont utilisés comme approximation. Ils sont estimés à 1,0 DT à présent et à 4,0 DT dans le future.

Il est supposé que les autres passagers utilisant des voitures privées et des taxis seront de la catégorie ouvriers qualifiés et ceux utilisant les bus et les camions seront des ouvriers non qualifiés. Le tableau 10.11 montre les détails pour différentes catégories de passagers et les estimations de la valeur du temps perdu sur trois jours (condition actuelle d'occupation du sol) et sur quatre jours (condition future). Les pertes estimées pour cette catégorie est de 317.000 DT sous les conditions actuelles d'occupation du sol et de 1.053.000 DT sous les conditions futures d'occupation du sol.

(b) Augmentation du coût d'utilisation des véhicules

Ces coûts seront relatifs au coût additionnel de l'utilisation des routes dégradées et, pour la période de crue, au coût des déviations. Il est supposé que 1 km de la RVE 835 sera affecté par des inondations, et le trafic va engendrer une augmentation du coût pendant une période de 30 jours. En appliquant les taux pour les coûts d'utilisations entre les conditions supposées pour les routes inondées ou non inondées, selon le modèle HDM de la Banque Mondiale, l'augmentation du coût d'utilisation des véhicules est montré sur le tableau 10.12 pour les trafics actuel et futur. Ces coûts sont estimés à 16.200 DT actuellement, et à 44.200 DT en l'an 2020.

En ce qui concerne les coûts de déviation, il est supposé que le trafic sera dévié pendant une période de 4 jours (sous les conditions actuelles d'occupation du sol), et 5 jours (sous les conditions futures d'occupation du sol). La déviation est estimée à 5 km. Ces coûts sont montrés sur le tableau 10.13 et sont estimés à 8.400 sous les conditions actuelles d'occupation du sol et à 27.750 DT sous les conditions futures. Au total les coûts additionnels d'utilisations des véhicules sont estimés à 24.600 DT pour le trafic actuel et à 72.000 DT pour le trafic futur.

(c) Dégats pour les routes

Approximativement, 1 km des routes principales sera endommagés. Il est proposé qu'un pont soit construit afin d'éviter des problèmes futurs. Cece est estimé a un coût de 2.1 millions DT. En plus les routes secondaires et agricoles le long de l'oued seront affectées. Elle sont estimées à 5 km. Avec un coût de réhabilitation de 80.000 DT par km, les coûts sont estimés à 400.000 DT. Le coût total de réhabilitation des routes et des ponts est estimés à 2,5 millions DT.

Resumé des dégats d'inondation

L'estimation des dégats potentiel dans la zone A est resumé comme suit :

Oued Hammam - zone A : dégats estimés pour la crue potentielle (1.000 DT)

<u>Catégorie</u>	<u>Occupation actuelle</u> <u>du sol</u>	<u>Occupation future</u> <u>du sol</u>
<u>Pertes pour les résidents</u>		
Manque à gagner pour les résidents	330,0	1.554,0
Dégats pour les batiments résidentiels	1.394,0	4.930,0
Dégats pour les articles domestiques	287,0	1.015,0
<u>Pertes pour les secteurs industiels</u>		
Pertes sur les gains	243,0	583,0
Dégats pour les batiments	60,0	270,0
Dégats pour les équipements / biens	100,0	450,0
Pertes dans le secteur agricole	149,0	103,0
<u>Pertes dans le secteur du transport</u>		
Retard des pasagers	317,0	1.053,0
Augmentation du VOCs	25,0	72,0
Réhabilitation des routes	5.405,0	12.530,0
<u>TOTAL</u>	<u>5.405,0</u>	<u>12.530,0</u>

NOTE : D'autres dégats non quantifiables y compris les risques sur la santé resultant des dégats et de l'arrêt de la station de l'ONAS pendant la crue, et de de l'impact négatif sur le tourisme.

10.3.3 Estimation des dégats des inondations - ZONES B à G

Estimation des dégats pour des Zones B à G est faites d'une manière simulaire que pour la Zone A. Les détails des estimations sont montrées dans un volume séparé dans le rapport supplémentaire.

(1) Resumé des dégats des inondations pour la Zone B

Oued Hammam - zone B : dégats estimés pour la crue potentielle (1.000 DT)

<u>Catégorie</u>	<u>Occupation actuelle</u>	<u>Occupation future</u>
	<u>du sol</u>	<u>du sol</u>
<u>Pertes pour les résidents</u>		
Manque à gagner pour les résidents	112,5	236,0
Dégats pour les articles domestiques	38,5	63,0
Dégats pour les batiments résidentiels	175,0	275,0
<u>Pertes pour les secteurs industriels</u>		
Pertes sur les gains	145,7	291,4
Dégats pour les batiments	36,0	60,0
Pertes dans le secteur agricole	53,0	46,0
<u>Pertes dans le secteur du transport</u>		
Pertes sur les gains	5,0	45,0
Réhabilitation des routes	280,0	280,0
<u>TOTAL</u>	<u>845,7</u>	<u>1.296,4</u>

(2) Resumé des dégats des inondations pour la Zone C

Oued Hammam - zone C : dégats estimés pour la crue potentielle (1.000 DT)

<u>Catégorie</u>	<u>Occupation actuelle</u>	<u>Occupation future</u>
	<u>du sol</u>	<u>du sol</u>
<u>Pertes pour les résidents</u>		
Manque à gagner pour les résidents	12,0	24,0
Dégats pour les articles domestiques	10,5	21,0
Dégats pour les batiments résidentiels	75,0	150,0
Pertes dans le secteur agricole	57,5	57,5
<u>Pertes dans le secteur du transport</u>		
Réhabilitation des routes	40,0	40,0
Manque à gagner	28,7	342,5
Augmentation du VOCs	9,6	25,7
Coût des déviations	31,3	84,8
<u>TOTAL</u>	<u>264,6</u>	<u>745,5</u>

(3) Resumé de dégats des inondations pour la Zone D

Les seules dégats dans cette zone seront subis par les récoltes et sont estimé à 30.000 DT sous les conditions actuelles d'occupation du sol et à 34.500 DT sous les conditions futures

(5) Résumé de dégâts des inondations pour la Zone F

Oued Hammam - zone F : dégâts estimés pour la crue potentielle (1.000 DT)

<u>Catégorie</u>	<u>Occupation actuelle</u> <u>du sol</u>	<u>Occupation future</u> <u>du sol</u>
<u>Pertes pour les résidents</u>		
Manque à gagner pour les résidents	2,5	5,0
Dégâts pour les articles domestiques	14,0	14,0
Dégâts pour les batiments résidentiels	36,0	36,0
<u>Pertes dans le secteur agricole</u>	17,0	18,0
<u>Pertes dans le secteur du transport</u>	Néant	Néant
<u>TOTAL</u>	<u>69,5</u>	<u>73,0</u>

(6) Résumé de dégâts des inondations pour la Zone G

Oued Hammam - zone G : dégâts estimés pour la crue potentielle (1.000 DT)

<u>Catégorie</u>	<u>Occupation actuelle</u> <u>du sol</u>	<u>Occupation future</u> <u>du sol</u>
<u>Pertes pour les résidents</u>		
Manque à gagner pour les résidents	2,5	10,0
Dégâts pour les articles domestiques	14,0	8,0
Dégâts pour les batiments résidentiels	36,0	72,0
<u>Pertes dans le secteur agricole</u>	7,0	7,0
<u>Pertes dans le secteur du transport</u>		
Manque à gagner	9,5	111,0
Dégâts pour routes	10,0	10,0
<u>TOTAL</u>	<u>79,0</u>	<u>218,0</u>

10.4 Résumé des dégâts des inondations a Oued Hammam

10.4.1 Dégâts potentiels pur la crue centennale

Les dégâts potentiels possibles de Oued Hammam pour sa crue centennale est estimé à 6.804.800 sous les conditions actuelles d'occupation du sol et à 15.306.400 DT sous les conditions futures. Les détails par Zone sont resumés ci-dessous.

Evaluation des dégats des inondations Oued Hammam (1.000 DT)

<u>Zone</u>	<u>conditions actuelles</u>	<u>conditions futures</u>
	<u>d'occupation</u>	<u>d'occupation</u>
A	5.405,0	12.530,0
B	847,5	1.296,4
C	264,6	745,5
D	30,0	34,5
E	111,0	409,0
F	69,5	73,0
G	79,0	218,0
<u>TOTAL</u>	<u>6.804,8</u>	<u>15.306,4</u>

10.4.2 Dégats potentiels pur la crue annuelle et la crue décennale

Les estimations des dégats potentiels resumés ci-dessous sont basées sur l'étendue des zones inondables. Les détails sont donnés dans le rapport annexe.

Evaluation des dégats des inondations, Oued Hammam (1.000 DT)

(crue annuelle et crue décennale)

<u>Zone</u>	<u>conditions actuelles</u>		<u>conditions futures</u>	
	<u>d'occupation</u>		<u>d'occupation</u>	
	<u>1 an</u>	<u>10 ans</u>	<u>1 an</u>	<u>10 ans</u>
A	261	2.030	498	4.993
B	75	459	84	771
C	57	66	250	261
D	0	5	0	7
E	10	20	40	72
F	5	10	5	13
G	23	46	75	127
<u>TOTAL</u>	<u>431</u>	<u>2.636</u>	<u>952</u>	<u>6.244</u>

CHAPITRE 11 ESTIMATIONS DES COÛTS

11.1 Coût du projet

Le coût financier du projet de Oued Hammam a été calculé et les résultats sont montrés par le tableau 11.1, 11.2 et résumés ci-après:

Première étape	: 7.950.000 DT
Deuxième étape	: 787.000 DT
Total	: 8.737.000 DT

11.2 Conditions de l'estimation du coût

(1) Niveau des prix: janvier 1994

(2) Taux de change: 1,0 \$ US = 1,0 DT = 110,0 ₯.

Le coût du projet est supposé être divisé en une somme financée localement et une autre par un financement étranger, en tenant compte des facteurs suivants:

- Disponibilité de la main d'oeuvre qualifiée, semi qualifiée et non qualifiée en Tunisie,
- Rendement et disponibilité des matériaux de construction en Tunisie, et
- Rendement et disponibilité des usines de construction et d'équipement.

Les principaux éléments de la partie financée par des fonds étrangers (F.E) et celle financée localement (F.L.) sont comme suit :

Déblai par des moyens mécaniques	: F.E. 70 %, F.L. 30 %
Remblai	: F.E. 70 %, F.L. 30 %
Béton	: F.E. 60 %, F.L. 40 %

(4) La période nécessaire pour la réalisation de la première étape du projet est de 57 mois, à partir du mois d'avril 1994. La construction nécessite 30 mois à partir de mi 1996.

(5) La taxe sur la valeur ajoutée a été prise en compte et incorporée dans la partie financée localement.

(6) Il n'y a pas d'intérêts pendant la période de construction.

(7) Le coût du projet est composé de ce qui suit :

- Coût direct de la construction,
- Acquisition de terrains et frais d'expropriation,
- Les dépenses administratives,
- Dépenses pour les services d'ingénierie, et
- Divers et imprévus.

11.3 Estimation du coût

Le coût direct de la construction et celui de l'acquisition de terrains sont estimés en multipliant les prix unitaires par les quantités de travaux qui ont été obtenus à partir de l'étude de faisabilité. Les dépenses administratives et d'ingénierie sont estimés proportionnellement au coût direct de la construction. Les divers et imprévus sont estimés en appliquant les taux suivants qui sont assumés par l'indice des prix du consommateur en Tunisie et au Japon.

Financement local : 6,2 %

Financement étranger : 2,3 %

Les imprévus physiques sont estimés à 15 % du coût total de construction.

11.4 Planning de financement

Un planning de financement annuel a été préparé suivant le planning de réalisation et de construction montré sur le tableau 11.3 pour la première étape de construction du projet de Oued Enkhilet. Ce planning est résumé ci après, les divers et les imprévus n'étant pas pris en compte.

<u>Année</u>	<u>F.E. (1.000 DT)</u>	<u>F.L. (1.000 DT)</u>	<u>Total (1.000 DT)</u>
1994	0	16	16
1995	228	482	710
1996	881	669	1.550
1997	2.012	1.450	3.462
1998	1.282	930	2.212
<u>Total</u>	<u>4.403</u>	<u>3.547</u>	<u>7.950</u>

11.5 Coût de maintenance

Un coût annuel de maintenance est estimé à 2 % ou encore 127.000 DT du coût direct de la construction de la première étape du projet de Oued Hammam.

CHAPITRE 12 PLANNING DES TRAVAUX

12.1 Réalisation

12.1.1 Planning de la réalisation

Les mesures de protection contre les inondations ont été proposées de façon à permettre la construction par étape des ouvrages sur Oued Hammam, et à achever les travaux en l'an 2000 et 2020 pour les crues décennale et centennale respectivement. Un planning de réalisation pour la première étape est établi sur la base de cette stratégie et de l'importance du projet tel qu'il est montré sur la figure 12.1, et résumé ci après.

<u>Etape/activité</u>	<u>Date</u>	<u>Durée (mois)</u>
<u>Première étape</u>		
* Arrangement financier	1994	8
* Etude détaillée, levés topo. add., cahier de charge	1995	12
* Appel d'offres et contrat	1996	6
* Construction du projet du Oued Enkhilet	1996-1998	30

12.1.2 Source de Financement

Les arrangements pour l'obtention des fonds nécessaires pour la réalisation du projet seront fondamentalement faits dans le cadre du budget national du Gouvernement Tunisien, et une partie sera supportée par un pays donateur ou autres bailleurs de fonds.

12.1.3 Mode de construction

Les travaux de construction seront réalisés par un ou plusieurs entrepreneurs sélectionnés à la suite d'un appel d'offres international accompagné d'une pré qualification des soumissionnaires.

12.1.4 Organisation de la Réalisation

La Direction de l'Hydraulique Urbaine du MEH sera l'organisme principal pour la réalisation du projet ainsi que le montre la figure 12.2. Les principaux rôle du MEH sont :

- Arrangement financier,
- Lancement de l'étude détaillée qui sera réalisée par un bureau d'étude,
- Lancement d'un appel d'offres international et sélection de l'entrepreneur, et
- la supervision et le contrôle des travaux de construction.

12.2 Construction

12.2.1 Politique de base pour la construction

La politique ou l'approche de base suivante est proposée pour entamer les différents types de travaux puisque le projet se situe dans une zone urbaine ou semi urbaine.

- Assurer l'environnement urbain
- Eviter les effets inverses sur le tourisme
- Eliminer les congestions du trafic
- Utiliser les terres déblayées efficacement
- Accomplir les travaux de construction tout le long de l'année

12.2.2 Méthode de Construction du schéma de Oued Hammam

Les mesures proposées pour la protection contre les inondations de Oued Hammam sont résumées comme suit :

<u>Ouvrages</u>	<u>Type / Longueur</u>	<u>Travaux Majeurs</u>
Aménagement du tronçon H-1 de l'Oued Hammam	572 m	déblai, 15.100 m ³ 2.184 m ² pont sur la route touristique
Aménagement du tronçon H-2 de l'Oued Hammam	560 m	déblai, 37.800 m ³ remblai, 2.500 m ³ pont GP-1, 576 m ² ouvrage de drainage: 2 U
Aménagement du tronçon H-3 de l'Oued Hammam	565 m	déblai, 18.700 m ³ remblai, 2.600 m ³ ouvrage de drainage: 2 U
Aménagement du tronçon H-4 de l'Oued Laya	250 m	déblai, 1.900 m ³ remblai, 2.600 m ³ ouvrage de drainage: 2 U
Aménagement du tronçon K-1 de l'Oued Kebir	884 m	déblai, 23.300 m ³ remblai, 8.100 m ³ pont MC-48, 450 m ² ouvrage de drainage: 2 U

Aménagement du tronçon K-4 de l'Oued Kebir	884 m	déblai, 1.600 m ³ remblai, 700 m ³ pont MC-48, 324 m ²
Aménagement du tronçon K-5 de l'Oued Kebir	1.532 m	déblai, 14.900 m ³ remblai, 10.300 m ³ ouvrage de drainage: 2 U

Les travaux de la première étape du projet de l'Oued Hammam consistent essentiellement en : 116.000 m³ de déblai, 27.000 m³ de remblai et 4 ponts et 10 ouvrages de drainage.

La longueur à aménager sur le cours de l'Oued Hammam pendant la première étape est de 4,5 km au total. Le cours principal de l'oued Hammam, Oued Laya et Oued Kebir ont des largeurs au fond de 33-36 m, 8 m et 4,5-7 m respectivement. Des pistes de services sont projetées sur les deux rives des cours d'eau.

Les travaux d'aménagement seront exécutés en allant de l'aval vers l'amont et seront divisés en plusieurs sections de travail. L'exécution des remblais des digues sera faite en parallèle avec les travaux d'excavation afin de permettre la réutilisation des déblais le plus possible. Des travaux de gabion et de maçonnerie vont aussi être exécutés avec les travaux de terrassement.

Concernant l'origine des matériaux de remblai, quatre (4) zones d'emprunt de SL-1 à SL-4 sont proposées et sont situées le long de l'Oued Hammam entre la GP-1 et la confluence avec l'Oued Laya et l'Oued Kebir. Le transport des matériaux vers les digues se fera sur une distance moyenne de 3,0 km. Toutefois, les matériaux devront être asséchés selon les recommandations du rapport des investigations géologiques. La priorité sera donc donnée aux sols excavés d'un point de vue économique.

Les conditions du site sont humides et marécageuses au niveau des tronçons H-1, H-2 et H-3 du cours principal de l'Oued Hammam même en saison sèche. Les tronçons H-4, K-1,4 et 5 sont sec et sont accessibles aux véhicules pendant la saison sèche.

Les principaux travaux sont 116.000 m³ de déblai et 27.400 m³ de remblai avec un revêtement en tout venant pour les pistes de service projetées sur les rives droite et gauche.

Dans les zones humides de H-1, H-2 et H-3, les travaux d'aménagement du cours d'eau seront exécutés par des équipements de moyenne capacité, une pelle à long bras et un bulldozer pour zones marécageuses. La réalisation se fera à partir des rives droite et gauche. Les sols excavés seront stockés temporairement pour le traitement de leur teneur en eau avant leur utilisation comme remblai.

Les quatre (4) ponts suivants sont projetés dans le cadre des travaux d'aménagement de l'oued.

Emplacement	largeur	longueur
Route touristique, nouveau	26 m	84m
Route GP-1, nouveau	12 m	48 m
MC-48, O. Kebir, renouvelé	15 m	30 m
MC-48, O. Kebir, renouvelé	12 m	27 m

La construction se fera dans l'ordre suivant: pont de la route touristique, GP-1 et MC-48 en considération des conditions du trafic actuel dans la zone d'étude. Un tracé temporaire près de la route existante est choisi pour la déviation de la circulation pendant la période de construction.

La durée totale pour la construction des quatre ponts est de deux ans et demi, dont 2 ans pour la construction des ponts de la route touristique et de la GP-1 et le reste pour les deux ponts de la MC-48. La construction de ces ponts constituera le chemin critique des travaux dans le schéma d'aménagement de l'Oued Hammam.

12.3 Planning de la construction

12.3.1 Planning

La figure 12.3 montre le planning proposé pour la première étape de la construction du schéma de Oued Hammam. Ce planning a tenu compte des facteurs suivants :

- de réaliser les mesures de protection contre les inondations le plutôt possible.
- de minimiser le coût de construction
- du temps
- d'éviter les congestions du trafic

La période de construction proposée est de 30 mois à partir de mi 1996 après avoir achevé les travaux de pré construction, jusqu'à la fin de 1998. La partie critique du

travail sur Oued Ennkhilet sera la construction du canal de déviation N°3 de 3,8 km de longueur.

12.3.2 Délais des travaux

Selon le plan de protection contre les inondations proposés et le planning de construction, les dates d'achèvement des ouvrages suivants sont prévues.

Pont de la route touristique	: Fin Août 1997
Pont sur la route GP-1	: Fin juin 1998
Ponts sur la route MC-48	: fin décembre 1998

CHAPITRE 13 EVALUATION ECONOMIQUE

13.1 Estimation du bénéfice annuel moyen

Le bénéfice annuel moyen est défini comme étant la réduction des dégâts des crues dans la situation avec ou sans projet. Sur la base des dégâts estimés pour chaque crue probable, le bénéfice annuel moyen est calculé par la formule suivante :

$$B = \sum_{i=1}^n 1 / 2 [D(Q_{i-1}) + D(Q_i)] \cdot [P(Q_{i-1}) + P(Q_i)]$$

avec,

B : Bénéfice annuel moyen

$D(Q_{i-1}), D(Q_i)$: Dégâts des inondations causés par des crues ayant des débits de Q_{i-1} et Q_i , respectivement

$P(Q_{i-1}), P(Q_i)$: Probabilité d'occurrence des débits Q_{i-1} et Q_i , respectivement

n : Nombre de crues appliquées

Selon les dégâts probables des crues étudiés dans le chapitre 10, les bénéfices annuels moyens pour la crue décennale sont estimés à 1.015.000 DT dans les conditions actuelles d'occupation du sol, et à 2.328.000 DT dans les conditions futures.

13.2 Coût économique du projet

Les coûts économiques du projet sont des figures nominales qui reflètent la vraie valeur économique des biens et des services impliqués. Ces coûts sont utilisés uniquement pour l'évaluation économique du projet. Les éléments de transfert tels que taxes et impôts sur les matériaux de construction et les équipements, y compris les subventions de l'état et les bénéfices de l'entrepreneur, sont exclus des éléments du coût financier. Il est supposé que 10 % du coût financier de la construction correspondent aux éléments de transfert.

Une acquisition des terrains doit être faite pour la réalisation du projet. La valeur économique de ces terrains est supposée égale à la production décidée d'avance par le projet, qui est reflétée par le prix. Le coût de l'acquisition des terrains est donc inclus dans le coût économique.

Par conséquent, le coût économique pour le projet de protection contre les inondations de Oued Hammam sur la base de la crue décennale est estimé à 8.368.000 DT.

13.3 Evaluation Economique

Le projet est évalué d'un point de vue économique en faisant ressortir sa viabilité en terme de taux de rentabilité interne économique (Economic Internal Rate of Return EIRR). Tous les calculs monétaires sont basés sur le niveau de prix de Janvier 1994, et la durée de vie du projet (Pour l'évaluation économique) est fixée à 50 ans.

Le calcul du EIRR est basé sur la répartition des coûts et bénéfices qui est préparée à partir du coût économique et du bénéfice annuel moyen en fonction du planning de réalisation. Ce dernier a été préparé dans le chapitre 12, et les travaux d'aménagement sont supposés s'achever vers l'année 1998 pour la crue décennale et quelque temps plus tard pour la crue centennale. Le coût de maintenance est pris égale à 2 % du coût direct de construction accumulé dans les années respectives.

La répartition des coûts et bénéfices préparée pour le projet de protection contre les inondations de Oued Hammam est montrée dans le tableau 13.1, et le EIRR estimé devient 17,4 %. Il est considéré que ce projet est économiquement faisable.

TABLEAUX

Tableau 2.1 Résultats des tests de laboratoire à Oued Hammam

No.	Sample Depth(m)	MC	Gs	Gradation			Atterberg limits			Compaction		k
				gravel	sand	silt/cl	LL	PL	Ip	OMC	MDD	
SL1	0.0-2.5	19.8	2.67	0.0	47.0	53.0	28.7	13.0	15.7	12.7	1.86	4.3E-8
SL2	0.7-3.0	23.9	2.66	0.0	70.0	30.0	18.9	NP	NP	10.6	1.86	6.4E-7
SL2	0.3-1.9	22.6	2.68	0.0	47.0	53.0	25.4	13.4	12.0	12.4	1.88	5.6E-7
SL3	0.0-3.0	1.5	2.63	1.0	92.0	7.0	NP	NP	NP	8.0	1.73	5.3E-3
SL4	0.5-2.2	19.7	2.68	1.0	49.0	50.0	26.8	13.6	13.2	11.9	1.92	6.2E-7

Legend

- MC : Moisture content (%)
 Gs : Specific gravity
 silt/cl : Silt & clay content (%)
 LL : Liquid limit (%)
 PL : Plastic limit (%)
 OMC : Optimum moisture content (%)
 MDD : Maximum dry density (t/m³)
 k : Permeability coefficient (cm/sec)

Tableau 3.1 Hypothèses de la formule rationnelle

1) Rational Formula

$$Q = \frac{1}{3.6} \cdot f \cdot i \cdot A$$

Q : peak discharge (m³/s)
 f : runoff coefficient
 i : rainfall intensity in time T_c (mm/hr)
 A : catchment area (km²)

2) Runoff Coefficient (f)

Land Use Type	Present Condition	Future Condition
ZONE 1 : Urban center areas, Commercial areas, Residential areas	0.6	0.8
ZONE 2 : Industrial areas	0.6	0.6
ZONE 3 : Agricultural lands, Open spaces	0.2	0.2
ZONE 4 : Water surfaces	1.0	1.0

3) Time of Concentration (T_c)

$$T_c = T_i + T_f$$

T_c : time of concentration (min)
 T_i : inlet time (min)
 T_f : flow time (min)

$$T_i = 0.01947 \left(\frac{L_0}{\sqrt{S}} \right)^{0.77}$$

L₀ : overland flow length (m)
 S : average basin slope

$$T_f = \frac{1}{60} \sum \frac{L_i}{v_i}$$

L_i : length in channel (m)
 v_i : average velocity (m/s)

4) IDF curve formula

Station : Monastir (1981-1990)

$$i = \frac{287.4 \times T^{0.34}}{t^{0.74}}$$

i : average rainfall intensity (mm/hr)
 T : return period (year)
 t : rainfall duration (min)

Tableau 3.2 Coefficient de ruissellement dans les bassins de Oued Hammam

Basin Code	Oued Hammam Basin		Present Land Use Condition				Future Land Use Condition						
	Area (sq.km)	Ground El.		Zone 1 f=0.60 (sq.km)	Zone 2 f=0.60 (sq.km)	Zone 3 f=0.20 (sq.km)	Zone 4 f=1.00 (sq.km)	Zone 1 f=0.80 (sq.km)	Zone 2 f=0.60 (sq.km)	Zone 3 f=0.20 (sq.km)	Zone 4 f=1.00 (sq.km)		
		Max. (mNGT)	Min. (mNGT)									Weighted f	Weighted f
1	52.50	150	55	0.00	0.00	52.50	0.00	0.00	0.00	52.50	0.00	0.20	
2	8.60	145	55	0.00	0.00	8.60	0.00	0.00	0.00	8.60	0.00	0.20	
3	38.70	140	35	0.00	0.00	38.70	0.00	0.00	0.00	38.70	0.00	0.20	
4	14.90	140	35	0.00	0.00	14.90	0.00	0.00	0.00	14.90	0.00	0.20	
5	15.80	100	25	0.00	0.00	15.80	0.00	0.00	0.00	15.80	0.00	0.20	
6	5.20	75	17	0.18	0.00	5.02	0.00	0.00	0.00	4.22	0.00	0.31	
7	10.70	140	45	0.00	0.00	10.70	0.00	0.00	0.00	10.68	0.00	0.20	
8	1.70	65	17	0.00	0.00	1.70	0.00	0.00	0.00	1.50	0.00	0.25	
9	7.80	70	12	1.25	0.12	6.43	0.00	0.00	0.00	4.71	0.00	0.43	
10	7.80	80	7	0.00	0.01	7.79	0.00	0.00	0.00	7.79	0.00	0.20	
11	4.60	65	7	0.00	0.00	4.60	0.00	0.00	0.00	4.60	0.00	0.20	
12	6.20	135	50	0.00	0.00	6.20	0.00	0.00	0.00	6.20	0.00	0.20	
13	3.60	90	22	0.62	0.00	2.88	0.00	0.00	0.00	2.12	0.00	0.45	
14	3.20	120	65	0.00	0.00	3.20	0.00	0.00	0.00	3.20	0.00	0.20	
15	8.40	110	22	0.29	0.00	8.11	0.00	0.00	0.00	8.39	0.00	0.28	
16	1.10	55	15	0.83	0.00	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.80	
17	4.40	100	15	1.53	0.00	2.87	0.00	0.00	0.00	2.30	0.00	0.49	
18	0.20	40	12	0.02	0.00	0.18	0.00	0.00	0.00	0.16	0.00	0.32	
19	11.00	105	12	0.04	0.00	10.86	0.00	0.00	0.00	10.30	0.00	0.23	
20	0.90	50	10	0.30	0.00	0.60	0.00	0.00	0.00	0.48	0.00	0.48	
21	0.30	20	7	0.04	0.00	0.26	0.00	0.00	0.00	0.26	0.00	0.28	
22	9.60	70	3	1.69	0.65	7.26	0.00	0.00	0.00	5.15	0.00	0.48	
23	4.10	35	0	1.72	0.18	2.20	0.00	0.00	0.00	1.45	0.00	0.57	
Total	222.30	150	0	6.51	0.98	212.83	0.00	0.22	16.20	2.09	204.01	0.00	0.25

Note) Zone 1 : Urban center, Commercial and Residential areas
 Zone 2 : Industrial areas
 Zone 3 : Agricultural lands and Open spaces
 Zone 4 : Water surfaces

Tableau 3.3 Calcul des ruissellements de base dans le bassin de Oued Hammam

Runoff Calculation by Rational Method

(Present Land Use)

Calc. Point	Sub-basin Combination	Total Area (sq.km)	Runoff Coeff. f	Design tc (min)	Calc. Q(1.05) (cu.m/s)	Calc. Q(2) (cu.m/s)	Calc. Q(5) (cu.m/s)	Calc. Q(10) (cu.m/s)	Calc. Q(25) (cu.m/s)	Calc. Q(50) (cu.m/s)	Calc. Q(100) (cu.m/s)
1	1	52.50	0.20	276	13.3	16.6	22.6	28.7	39.1	49.5	62.7
2	2	8.60	0.20	106	4.4	5.5	7.5	9.5	13.0	16.5	20.9
3	1-2	61.10	0.20	276	15.5	19.3	26.4	33.4	45.6	57.6	73.0
4	1-3	99.80	0.20	352	21.1	26.3	36.0	45.5	62.1	78.6	99.5
5	4	14.90	0.20	98	8.1	10.1	13.8	17.5	23.9	30.2	38.3
6	1-4	114.70	0.20	352	24.3	30.3	41.3	52.3	71.4	90.4	114.4
7	1-5	130.50	0.20	410	24.7	30.8	42.0	53.2	72.6	91.9	116.3
8	1-6	135.70	0.20	434	24.6	30.7	41.9	53.0	72.4	91.6	115.9
9	7	10.70	0.20	116	5.1	6.4	8.8	11.1	15.1	19.2	24.3
10	7-8	12.40	0.20	148	5.0	6.2	8.5	10.7	14.7	18.6	23.5
11	1-8	148.10	0.20	434	26.8	33.5	45.7	57.8	79.0	99.9	126.5
12	1-9	155.90	0.20	458	27.2	33.9	46.2	58.5	79.9	101.1	128.0
13	1-10	163.70	0.20	504	26.6	33.1	45.2	57.2	78.2	98.9	125.2
14	11	4.60	0.20	72	3.2	3.9	5.4	6.8	9.3	11.7	14.8
15	12	6.20	0.20	58	5.0	6.2	8.5	10.7	14.7	18.6	23.5
16	12-13	9.80	0.23	100	6.1	7.5	10.3	13.0	17.8	22.5	28.5
17	14	3.20	0.20	44	3.2	3.9	5.4	6.8	9.3	11.7	14.9
18	14-15	12.60	0.21	102	7.0	8.7	11.9	15.1	20.6	26.1	33.0
19	12-15	22.40	0.22	102	13.0	16.3	22.2	28.1	38.4	48.6	61.5
20	12-16	23.50	0.23	122	12.5	15.6	21.3	27.0	36.9	46.6	59.0
21	17	4.40	0.34	56	6.2	7.7	10.5	13.3	18.2	23.0	29.1
22	12-17	27.90	0.25	122	16.2	20.2	27.5	34.8	47.6	60.2	76.2
23	12-18	28.10	0.25	130	15.5	19.4	26.4	33.5	45.7	57.8	73.2
24	19	11.00	0.20	88	6.5	8.1	11.1	14.0	19.1	24.2	30.6
25	12-19	39.10	0.23	130	19.9	24.8	33.9	42.8	58.5	74.0	93.7
26	12-20	40.00	0.24	144	19.7	24.5	33.5	42.4	57.9	73.3	92.8
27	12-21	40.30	0.24	154	18.9	23.5	32.1	40.7	55.5	70.3	88.9
28	1-21	208.60	0.21	504	35.5	44.3	60.5	76.6	104.6	132.3	167.5
29	1-22	218.20	0.21	530	35.8	44.7	61.0	77.2	105.4	133.4	168.8
30	1-23	222.30	0.22	558	36.8	45.9	62.6	79.3	109.3	137.0	173.4

Runoff Calculation by Rational Method

(Future Land Use Condition)

Calc. Point	Sub-basin Combination	Total Area (sq.km)	Runoff Coeff. f	Design tc (min)	Calc. Q(1.05) (cu.m/s)	Calc. Q(2) (cu.m/s)	Calc. Q(5) (cu.m/s)	Calc. Q(10) (cu.m/s)	Calc. Q(25) (cu.m/s)	Calc. Q(50) (cu.m/s)	Calc. Q(100) (cu.m/s)
1	1	52.50	0.20	276	13.3	16.6	22.6	28.7	39.1	49.5	62.7
2	2	8.60	0.20	106	4.4	5.5	7.5	9.5	13.0	16.5	20.9
3	1-2	61.10	0.20	276	15.5	19.3	26.4	33.4	45.6	57.6	73.0
4	1-3	99.80	0.20	352	21.1	26.3	36.0	45.5	62.1	78.6	99.5
5	4	14.90	0.20	98	8.1	10.1	13.8	17.5	23.9	30.2	38.3
6	1-4	114.70	0.20	352	24.3	30.3	41.3	52.3	71.4	90.4	114.4
7	1-5	130.50	0.20	410	24.7	30.8	42.0	53.2	72.6	91.9	116.3
8	1-6	135.70	0.20	434	24.6	30.7	41.9	53.0	72.4	91.6	115.9
9	7	10.70	0.20	116	5.1	6.4	8.8	11.1	15.1	19.2	24.3
10	7-8	12.40	0.21	148	5.2	6.5	8.9	11.3	15.4	19.5	24.7
11	1-8	148.10	0.20	434	26.8	33.5	45.7	57.8	79.0	99.9	126.5
12	1-9	155.90	0.22	458	28.9	37.2	50.8	64.4	87.9	111.2	140.8
13	1-10	163.70	0.21	504	27.9	34.8	47.5	60.1	82.1	103.8	131.5
14	11	4.60	0.20	72	3.2	3.9	5.4	6.8	9.3	11.7	14.8
15	12	6.20	0.20	58	5.0	6.2	8.5	10.7	14.7	18.6	23.5
16	12-13	9.80	0.29	100	7.6	9.5	13.0	16.4	22.5	28.4	36.0
17	14	3.20	0.20	44	3.2	3.9	5.4	6.8	9.3	11.7	14.9
18	14-15	12.60	0.24	102	8.0	10.0	13.6	17.2	23.5	29.8	37.7
19	12-15	22.40	0.27	102	16.0	20.0	27.2	34.5	47.1	59.6	75.4
20	12-16	23.50	0.29	122	15.8	19.7	26.9	34.0	46.5	58.8	74.5
21	17	4.40	0.49	56	8.9	11.1	15.1	19.2	26.2	33.1	41.9
22	12-17	27.90	0.32	122	20.7	25.8	35.2	44.6	60.9	77.1	97.5
23	12-18	28.10	0.32	130	19.9	24.8	33.9	42.8	58.5	74.0	93.7
24	19	11.00	0.23	88	7.5	9.3	12.7	16.1	22.0	27.8	35.2
25	12-19	39.10	0.30	130	25.9	32.3	44.2	55.9	76.9	96.6	122.3
26	12-20	40.00	0.30	144	24.6	30.7	41.9	53.0	72.4	91.6	116.0
27	12-21	40.30	0.30	154	23.6	29.4	40.2	50.8	69.4	87.8	111.2
28	1-21	208.60	0.23	504	38.9	48.5	66.3	83.9	114.5	144.9	183.5
29	1-22	218.20	0.24	530	40.9	51.0	69.7	88.2	120.4	152.4	192.9
30	1-23	222.30	0.25	558	41.8	52.1	71.2	90.1	123.0	156.7	197.1

Tableau 4.1 Proportions de l'occupation actuelle du sol dans la zone d'étude à la région de Sousse

	Hamмам Sousse	Akouda	Kalaa Kebira	Kalla Seghira	Regional Area	Total
Urbanized Area	2.5km ²	1.8km ²	4.1km ²	2.2km ²	-	10.6km ²
Agricultural (olive)	-	-	-	-	171.3km ²	171.3km ²
Agricultural (orange) / Open Space	-	-	-	-	40.4km ²	40.4km ²
Total	2.5km ²	1.8km ²	4.1km ²	2.2km ²	211.7km ²	222.3km ²

Source : Calculated by the study team

Tableau 4.2 Proportions de l'occupation Future du sol dans la zone d'étude à la région de Sousse

	Hamмам Sousse	Akouda	Kalaa Kebira	Kalla Seghira	Regional Area	Total
Urbanized Area	3.7km ²	2.5km ²	5.9km ²	3.8km ²	-	15.9km ²
Industrial	-	-	-	-	2.3km ²	2.3km ²
Urban Green	-	-	-	-	4.3km ²	4.3km ²
Agricultural (high irrigated)	-	-	-	-	114.1km ²	114.1km ²
Agricultural (mid, low irrigated)	-	-	-	-	85.7km ²	85.7km ²
Total	3.7km ²	2.5km ²	5.9km ²	3.8km ²	206.4km ²	222.3km ²

Source : Calculated by the study team

Tableau 6.1 Matrice de l'évaluation de l'impact environnemental de Oued Hammam

Project Component	Natural physical resources		Environmental parameters		Economic values		Socio-economic/quality of life		Air pollution	Noise pollution										
	Watershed erosion	Surface water hydrology	Surface water quality	Ground water	Soil erosion	Green area	Freshwater fisheries	Marine fisheries			Land use changes	Roads	Drainage/flooding	Canal/weir maintenance	Employment opportunities (short term)	Public health	Water supplies	Cultural building/sights	Recreation	Environmental aesthetics
Proposed works (post construction effects)																				
River improvement works by channel widening and deepening	N 1	1	N	N	1	N	N	N	1	2	1	N	2	2	N	N	2	2	N	N
Levees construction	N	N	N	N	1	1	N	N	1	2	1	N	N	2	N	N	2	2	N	N
Bridge construction or renewal	N 1	N	N	N	1	N	N	N	2	2	1	N	N	2	N	N	1	2	N	N
Type of works (during construction effects)																				
Dredging	N	N	N	N	(1)	(1)	N	N	N	N	N	(1)	2	(1)	N	N	(1)	(1)	(1)	(1)
Excavation and filling	N	N	N	N	(1)	(1)	N	N	N	N	(1)	2	(1)	(1)	N	N	(1)	(1)	(1)	(1)
Concreting	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	(1)	2	(1)	2	N	N	(1)	(1)	(1)	(1)

Notes: Levels of effects

N = No significant effect.

1 = Slight effect

2 = Significant effect

3 = Major effect

Parentheses indicate negative or adverse effect

Tableau 7.1 Zones inondables et durées à Oued Hammam (1/2)

Zone-A (from river mouth to GP-1 Road)

Return Period (year)	Present Land Use Condition					Future Land Use Condition (2020)				
	Flood Area (ha)				Duration (hours)	Flood Area (ha)				Duration (hours)
	Urban	Agricul.	Open	Total		Urban	Agricul.	Open	Total	
1.05	0	0	12	12	12	0	0	12	12	13
2	0	1	12	13	14	1	2	12	15	16
5	5	12	13	30	16	20	16	14	50	18
10	20	29	14	63	19	40	28	14	82	22
25	23	72	15	110	25	50	60	15	125	28
50	27	93	15	135	29	60	70	15	145	33
100	30	107	16	153	36	70	74	16	160	39

Zone-B (from GP-1 Road to Bypass Road of GP-1)

Return Period (year)	Present Land Use Condition					Future Land Use Condition (2020)				
	Flood Area (ha)				Duration (hours)	Flood Area (ha)				Duration (hours)
	Urban	Agricul.	Open	Total		Urban	Agricul.	Open	Total	
1.05	0	1	4	5	12	0	1	4	5	13
2	0	2	4	6	13	1	3	4	8	14
5	2	6	5	13	15	4	7	5	16	16
10	5	9	5	19	17	7	10	5	22	20
25	6	15	6	27	24	11	14	6	31	26
50	8	19	6	33	27	13	17	6	36	30
100	10	23	6	39	33	16	20	6	42	37

Zone-C (from Bypass Road of GP-1 to junction with Oued Kebir)

Return Period (year)	Present Land Use Condition					Future Land Use Condition (2020)				
	Flood Area (ha)				Duration (hours)	Flood Area (ha)				Duration (hours)
	Urban	Agricul.	Open	Total		Urban	Agricul.	Open	Total	
1.05	0	1	8	9	11	0	1	8	9	12
2	0	2	8	10	12	0	3	8	11	13
5	0	3	9	12	13	0	4	9	13	14
10	0	5	9	14	15	0	6	9	15	17
25	1	10	9	20	22	2	14	9	25	24
50	2	16	10	28	25	3	21	10	34	27
100	3	25	10	38	30	6	25	10	41	33

Zone-D (from junction with Oued Kebir to upstream)

Return Period (year)	Present Land Use Condition					Future Land Use Condition (2020)				
	Flood Area (ha)				Duration (hours)	Flood Area (ha)				Duration (hours)
	Urban	Agricul.	Open	Total		Urban	Agricul.	Open	Total	
1.05	0	0	4	4	3	0	0	4	4	3
2	0	0	5	5	6	0	0	5	5	7
5	0	1	5	6	9	0	1	5	6	9
10	0	2	5	7	11	0	3	5	8	11
25	0	5	5	10	13	0	7	5	12	13
50	0	8	6	14	15	0	11	6	17	16
100	0	13	6	19	18	0	15	6	21	19

Tableau 7.1 Zones inondables et durées à Oued Hammam (2/2)

Zone-E (from junction with Oued Laia to MC-48 Road)

Return Period (year)	Present Land Use Condition					Future Land Use Condition (2020)				
	Flood Area (ha)				Duration (hours)	Flood Area (ha)				Duration (hours)
	Urban	Agricul.	Open	Total		Urban	Agricul.	Open	Total	
1.05	0	1	4	5	2	0	1	4	5	3
2	0	1	4	5	3	0	2	4	6	4
5	0	2	4	6	4	0	3	4	7	5
10	0	3	4	7	5	0	4	4	8	6
25	0	4	4	8	6	1	5	4	10	7
50	1	4	4	9	7	2	5	5	12	8
100	1	5	5	11	8	3	7	5	15	10

Zone-F (from MC-48 Road to Railway)

Return Period (year)	Present Land Use Condition					Future Land Use Condition (2020)				
	Flood Area (ha)				Duration (hours)	Flood Area (ha)				Duration (hours)
	Urban	Agricul.	Open	Total		Urban	Agricul.	Open	Total	
1.05	0	3	3	6	2	0	4	3	7	3
2	0	4	3	7	3	0	5	3	8	4
5	0	5	3	8	4	0	7	3	10	5
10	0	7	3	10	5	0	10	3	13	6
25	0	10	3	13	6	1	11	3	15	7
50	0	11	3	14	7	1	12	3	16	8
100	1	12	3	16	8	1	13	3	17	9

Zone-G (from Railway to upstream)

Return Period (year)	Present Land Use Condition					Future Land Use Condition (2020)				
	Flood Area (ha)				Duration (hours)	Flood Area (ha)				Duration (hours)
	Urban	Agricul.	Open	Total		Urban	Agricul.	Open	Total	
1.05	0	0	5	5	2	0	0	5	5	3
2	0	0	6	6	3	0	0	6	6	3
5	0	1	6	7	3	0	2	6	8	4
10	1	2	6	9	4	1	2	6	9	5
25	1	3	6	10	4	1	4	6	11	5
50	1	4	6	11	5	2	4	6	12	6
100	1	5	6	12	6	2	5	6	13	8

Total

Return Period (year)	Present Land Use Condition					Future Land Use Condition (2020)				
	Flood Area (ha)				Duration (hours)	Flood Area (ha)				Duration (hours)
	Urban	Agricul.	Open	Total		Urban	Agricul.	Open	Total	
1.05	0	6	40	46	2~12	0	7	40	47	3~13
2	0	10	42	52	3~14	2	15	42	59	3~16
5	7	30	45	82	3~16	24	40	46	110	4~18
10	26	57	46	129	4~19	48	63	46	157	5~22
25	31	119	48	198	4~25	66	115	48	229	5~28
50	39	155	50	244	5~29	81	140	51	272	6~33
100	46	190	52	288	6~36	98	159	52	309	8~39

Tableau 10.1 - Estimation du trafic routier sur la GP-1 et la déviation de la GP-1-Recensement 1992

CATEGORY	BY-PASS OF GP-1			GP-1		
	March	April	Average	March	April	Average
A+B : 2 WHEELS	350	320	335	2879	2119	2499
C: TAXIS AND PRIVATE CARS	4487	5469	4978	11727	9817	10772
D+E : LIGHT TRUCKS	3474	5053	4263	4531	3985	4258
F : HEAVY VEHICLES	1720	2642	2181	502	709	605
AUTOBUS	111	120	115	470	497	483
TOTAL	10142	13604	11873	20109	17127	18618

Tableau 10.2 Estimation du trafic routier sur la GP-1 et la déviation de la GP-1-Recensement 1993

CATEGORY	BY-PASS OF GP-1			GP-1		
	March	April	Average	March	April	Average
A+B : 2 WHEELS	175	160	167,5	1439,5	1059,5	1249,5
C: TAXIS AND PRIVATE CARS	2243,5	2734,5	2489	5863,5	4908,5	5386
D+E : LIGHT TRUCKS	1737	2526,5	2131,5	2265,5	1992,5	2129
F : HEAVY VEHICLES	860	1321	1090,5	251	354,5	302,5
AUTOBUS	55,5	60	57,5	235	248,5	241,5
TOTAL	5071	6802	5936,5	10054,5	8563,5	9309

Tableau 10.3 Résultats du recensement du trafic routier sur la MC-48 et la RVE-835-Recensement 1992

CATEGORY	MC 48			RVE 845		
	March	April	Average	March	April	Average
A+B : 2 WHEELS	2806	2265	2535	1750	1656	1703
C : TAXI AND PRIVATE CARS	6568	4583	5575	7569	9611	8634
D+E : LIGHT TRUCKS	3316	2577	2946	2772	2068	2420
F : HEAVY VEHICLES	938	802	870	392	177	284
AUTOBUS	354	242	298	188	368	278
TOTAL	13982	10469	12225	12671	13968	13319

Tableau 10.4 Estimation des trafics actuels et futurs sur la déviation de la GP-1, 1993 et 2020

CATEGORY	BYPASS OF GP-1					
	1993			2020		
	OCCUP.	Veh/day	Pass.	Veh/day	Pass.	
A+B : 2 WHEELS	1,2	167,5	201	910	1092	
C: TAXIS AND PRIVATE CARS	3,8	2489	9458,2	13500	51300	
D+E : LIGHT TRUCKS	2	2131,5	4263	11600	23200	
F : HEAVY VEHICLES	2	1090,5	2181	6000	12000	
AUTOBUS	45	57,5	2587,5	300	13500	
TOTAL		5936,5	18690,7	32310	101092	

Tableau 10.5 Estimation des trafics actuels et futurs sur la GP-1, 1993 et 2020

CATEGORY	1993						2020	
	Occup.	Veh/Day		Veh.	Pass.	Veh.	Pass.	
A+B : 2 WHEELS	1,2	1250	1499	3400	4080			
C: TAXIS AND PRIVATE CARS	3,8	5386	20467	14600	55480			
D+E : LIGHT TRUCKS	2	2129	4258	5200	10400			
F : HEAVY VEHICLES	2	303	605	800	1600			
AUTOBUS	45	242	10868	650	29250			
TOTAL		9309	37697	24650	100810			

Tableau 10.6 Estimation des trafics actuels et futurs sur la MC-48, 1993 et 2020

CATEGORY	1993		2020	
	Occup.	Veh/Day Pass.	Veh/Day	Pass.
A+B : 2 WHEELS	1,2	2535	3042	8160
C: TAXIS AND PRIVATE CARS	3,8	5575	21185	57760
D+E : LIGHT TRUCKS	2	2946	5892	16100
F : HEAVY VEHICLES	2	870	1740	4600
AUTOBUS	45	298	13410	36900
TOTAL		12224	45269	123520

Tableau 10.7 Estimation des trafics actuels et futurs sur la RVE-835, 1993 et 2020

CATEGORY	1993		2020	
	OCCUPA	Veh/Day Pass	Veh./Day	Pass
A+B : 2 WHEELS	1,2	1703	2044	5520
C: TAXIS AND PRIVATE CARS	3,8	8634	32809	89300
D+E : LIGHT TRUCKS	2	2420	4840	13200
F : HEAVY VEHICLES	2	284	568	1600
AUTOBUS	45	278	12510	33750
TOTAL		13319	52771	143370

Tableau 10.8 Données sur la population et l'emploi dans les délégations sélectionnées dans la région de Sousse

DELEGATION	POPULATION	POPULATION EMPLOYED	UNEMPLOYMENT RATE (%)
Hamam Sousse	20037	6490	9.9
Akouada	11501	3840	13.7
Kalaa Kebira	31406	8840	11.5
Kalaa Seghira	12476	4260	4.3
TOTAL	75420	24430	

Tableau 10.9 Différence des coûts opérationnels des véhicules dans les cas avec ou sans inondations (DT par 1.000 véhicules/km)

VEHICLE TYPE	NON-FLOODED CASE	FLOODED CASE	DIFFERENCE
Private Car / Taxi	114.51	143.3	28.79
Bus	459.57	511.17	51.60
Light/Medium Goods	247.59	333.70	86.11
Heavy goods	663.81	900.54	236.73

Tableau 10.10 Emploi dans le secteur industriel à Hamam Sousse

CATEGORY	NO OF ENTERPRISES	TOTAL EMPLOYEES
Agro-Industries	3	25
Construction Materials	2	28
Electrical and Mechanical	11	117
Chemical	1	10
Textiles and Leather	11	675
Miscellaneous	12	298
TOTAL	40	1153

Source : Industrial Promotion Agency

Tableau 10.11 Zone A Estimation des Manques à gagner par catégorie de passagers, dans les conditions actuelles et futures d'occupation du sol

CATEGORY	MOVEMENTS		VALUE OF TIME (TD)	LAND USE	
	Present	Future		PRESENT (3 DAYS)	FUTURE (4 DAYS)
Tourists	12 000	20 000	4.0	144 000	320 000
Skilled Labour	20 800	69 300	2.1	131 000	582 000
Unskilled Labour	19 950	54 070	0.7	42 000	151 000
TOTAL	52 750	143 370		317 000	1 053 000

Tableau 10.12 Augmentation du coût opérationnel des véhicules par jour, RVE-835, 1993 et 2020

VEHICLE TYPE	DIFFERENCE (TD per 1000 vehicle/km)	DAILY TRAFFIC		COSTS (TD) (30 DAYS)	
		Present Traffic (v.p.d)	Add. VOCs (TD)	Future Traffic (v.p.d)	Add. VOCs (TD)
Private Car / Taxi	28.79	8634	7 500	23500	20 300
Bus	51.60	278	450	750	1 200
Light/Medium Goods	86.11	2420	6 250	6600	17 000
Heavy goods	236.73	284	2 000	800	5 700
TOTAL			16 200		44 200

Tableau 10.13 Augmentation du coût opérationnel des véhicules par jour, RVE-835, 1993 et 2020

VEHICLE TYPE	DIFFERENCE (TD per 1000 vehicle/km)	DAILY TRAFFIC		COSTS (TD) (30 DAYS)	
		Present Traffic (v.p.d)	Add. VOCs (TD)	Future Traffic (v.p.d)	Add. VOCs (TD)
Private Car / Taxi	114.51	8624	4000	23 500	13 500
Bus	459.57	278	650	750	1 750
Light/Medium Goods	247.59	2420	3000	6 600	9 800
Heavy goods	663.81	284	750	800	2 700
TOTAL			8 400		27 750

Tableau 10.14 Emplacement des industries à Akouda et Kalaa Kebira

Category	Akouda		Kalaa Kebira	
	Number	Employment	Number	Employment
Agro-Industries	5	40	11	41
Construction Materials	5	91	1	10
Mechanical/Electrical	23	493	8	201
Chemical etc.	1	16	1	n.a.
Textile/Leather	25	1491	19	1065
Miscellaneous	26	1972	8	71
TOTAL	85	4103	48	1388

Source : Industrial Promotion Agency (Agence de Promotion de l'Industrie)

Tableau 10.15 Augmentation du coût opérationnel des véhicules sur les chaussées endommagées de la MC-48; 1993 et 2020

VEHICLE TYPE	DIFFERENCE (TD per 1000 vehicle/km)	DAILY TRAFFIC		COSTS (TD) (30 DAYS)	
		Present	Add.	Future	Add.
		Traffic (v.p.d)	VOCs (TD)	Traffic (v.p.d)	VOCs (TD)
Private Car / Taxi	28.79	5575	2 500	15 200	6 500
Bus	51.60	298	250	820	650
Light/Medium Goods	86.11	2946	3 800	8050	10 400
Heavy goods	236.73	870	3 000	2300	8 200
TOTAL			9 550		25 750

Tableau 10.16 Augmentation du coût opérationnel des véhicules sur la MC-48; conditions actuelle et futures d'occupation du sol

VEHICLE TYPE	DIFFERENCE (TD per 1000 vehicle/km)	DAILY TRAFFIC		COSTS (TD) (30 DAYS)	
		Present	Add.	Future	Add.
		Traffic (v.p.d)	VOCs (TD)	Traffic (v.p.d)	VOCs (TD)
Private Car / Taxi	114.51	5575	9 500	15200	26 100
Bus	459.57	298	2 100	820	5 700
Light/Medium Goods	247.59	2946	11 000	8050	30 000
Heavy goods	663.81	870	8 700	2300	23 000
TOTAL			31 300		84 800

Tableau 11.1 Résumé du coût du projet, Hammam 1ère étape

Cost Items	(US\$1.0 = DT1.0)		
	F.C (1,000 US\$)	L.C (1,000 DT)	Total (1,000 DT)
1. Direct construction cost <1	3,646	2,856	6,502
2. Land acquisition and compensation costs	0	3,738	3,738
3. Government's administration expenses <2	0	325	325
4. Engineering services expenses <3	780	195	975
Sub-total	4,426	7,114	11,540
5. Price contingency <4	356	1,356	1,712
6. Physical contingency <5	600	1,241	1,841
Total	5,382	9,711	15,093

- Notes
- <1 : including TVA
 - <2 : 5 % of direct construction cost
 - <3 : 15 % of direct construction cost for detailed design and const. supervision including price and physical contingencies, 80 % of F.C
 - <4 : 2.3 % F.C and 6.2 % L.C p.a.
 - <5 : 15 % of total 1+2+3+5

Table 11.2 Résumé du coût du projet, Hammam 2ème étape

Cost Items	(US\$1.0 = DT1.0)		
	F.C (1,000 US\$)	L.C (1,000 DT)	Total (1,000 DT)
1. Direct construction cost <1	4,140	3,327	7,467
2. Land acquisition and compensation costs	0	0	0
3. Government's administration expenses <2	0	373	373
4. Engineering services expenses <3	896	224	1,120
Total	5,036	3,924	8,960

- Notes
- <1 : including TVA
 - <2 : 5 % of direct construction cost
 - <3 : 15 % of direct construction cost for detailed design and const. supervision excluding price and physical contingencies, due to unknown factor, 80 % of F.C

Table I I.3 Planning annuel de financement, Hammam 1ère étape

Cost Items	unit (F.C: 1,000 US\$, L.C & Total: 1,000 DT)													
	1994		1995		1996		1997		1998		1997		1998	
	F.C	L.C	F.C	L.C	F.C	L.C	F.C	L.C	F.C	L.C	F.C	L.C	F.C	L.C
1. Direct construction cost <1	3,646	2,856	6,502	0	0	0	0	729	571	1,823	1,428	1,094	857	
2. Land acquisition and compensation costs	0	3,738	3,738	0	0	3,738	0	0	0	0	0	0	0	0
3. Government's administration expenses <2	0	325	325	0	16	0	65	0	98	0	65	0	81	
4. Engineering services expenses <3	780	195	975	0	0	234	59	156	39	195	49	195	49	
Sub-total *	4,426	7,114	11,540	0	16	0	3,803	729	669	1,823	1,493	1,094	938	
5. Price contingency <4	356	1,356	1,712	0	1	0	487	52	132	173	406	131	329	
6. Physical contingency <5	600	1,241	1,842											
Total	5,383	9,711	15,094											

Notes <1 : including TVA

<2 : 5 % of direct construction cost

<3 : 15 % of direct construction cost for detailed design and construction supervision including price and physical contingencies, 80 % F.C

<4 : 2.3 % F.C & 6.2 % L.C p.a., period for 1994-1998

<5 : 15 % of total 1+2+3+5, period for 1994-1998

* : Sub-total in each year (1994-1998) excludes E/S cost (item 4).

Tableau 13.1 Coût Bénéfice pour le projet de protection contre les inondations de Oued Hammam

EIRR = 17.4%		(Unit : 1,000 DT)				
No.	Year	Cost			Benefit	Net Benefit
		Construction	O&M	Total		
1	1994	18	0	18	0	-18
2	1995	774	0	774	0	-774
3	1996	1,627	23	1,650	317	-1,333
4	1997	3,629	80	3,709	634	-3,075
5	1998	2,320	114	2,434	951	-1,483
6	1999		114	114	1,268	1,154
7	2000		114	114	1,318	1,204
8	2001		114	114	1,369	1,255
9	2002		114	114	1,419	1,305
10	2003		114	114	1,470	1,356
11	2004		114	114	1,520	1,406
12	2005		114	114	1,571	1,457
13	2006		114	114	1,621	1,507
14	2007		114	114	1,672	1,558
15	2008		114	114	1,722	1,608
16	2009		114	114	1,773	1,659
17	2010		114	114	1,823	1,709
18	2011		114	114	1,874	1,760
19	2012		114	114	1,924	1,810
20	2013		114	114	1,975	1,861
21	2014		114	114	2,025	1,911
22	2015		114	114	2,076	1,962
23	2016		114	114	2,126	2,012
24	2017		114	114	2,177	2,063
25	2018		114	114	2,227	2,113
26	2019		114	114	2,278	2,164
27	2020		114	114	2,328	2,214
28	2021		114	114	2,328	2,214
29	2022		114	114	2,328	2,214
30	2023		114	114	2,328	2,214
31	2024		114	114	2,328	2,214
32	2025		114	114	2,328	2,214
33	2026		114	114	2,328	2,214
34	2027		114	114	2,328	2,214
35	2028		114	114	2,328	2,214
.
.
.
50	2043		114	114	2,328	2,214

FIGURES

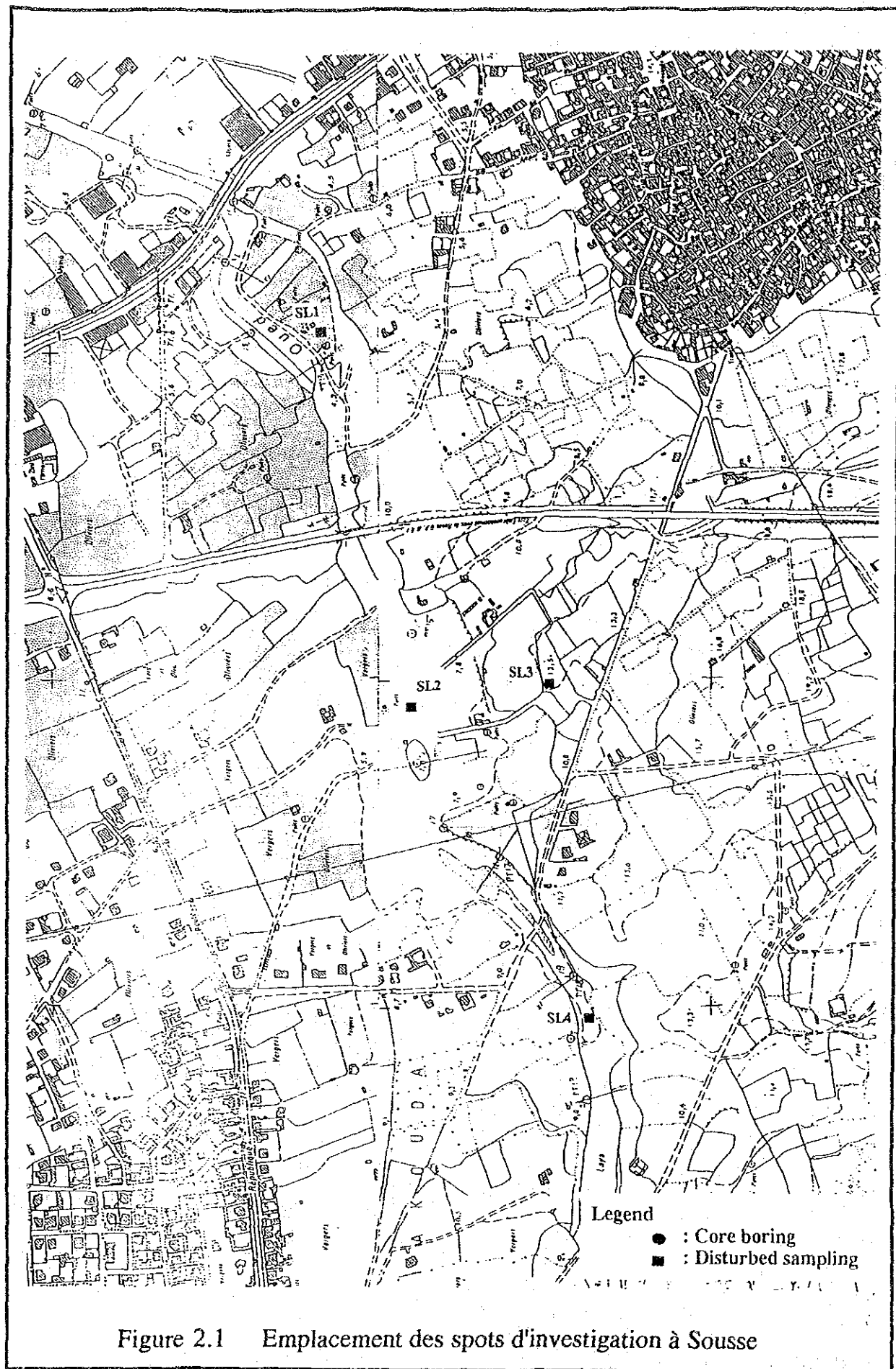


Figure 2.1 Emplacement des spots d'investigation à Sousse

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

SL1	Depth (m)	Sym-bol	Soil description
	0		Top soil with organic matters
			Medium sand with some gravel
			Red
			Sandy clay; Brown
	1		Silty sand; Gray
	2		Clayey fine sand; Brown
	3		

SL2	Depth (m)	Sym-bol	Soil description
	0		Medium sand; Yellow
	1		Silty sand; Gray
	2		Clayey fine sand; Brown
	3		

SL3	Depth (m)	Sym-bol	Soil description
	0		Top soil with organic matters
			Fine sand; Yellow
	1		Silty sand; Gray
	2		Clayey fine sand; Brown
	3		

Figure 2.2 Carnet de forage des échantillons de matériaux pour corps de digues (1/2)

SL4	Depth (m)	Sym- bol	Soil description
	0	•••••	Medium sand with some gravel Yellow
	1	////	Clayey sand; Yellowish brown
	2	•••••	Clayey sand; Reddish brown
	3		

	Depth (m)	Sym- bol	Soil description
	0		
	1		
	2		
	3		

	Depth (m)	Sym- bol	Soil description
	0		
	1		
	2		
	3		

Figure 2.2 Carnet de forage des échantillons de matériaux pour corps de digues (2/2)

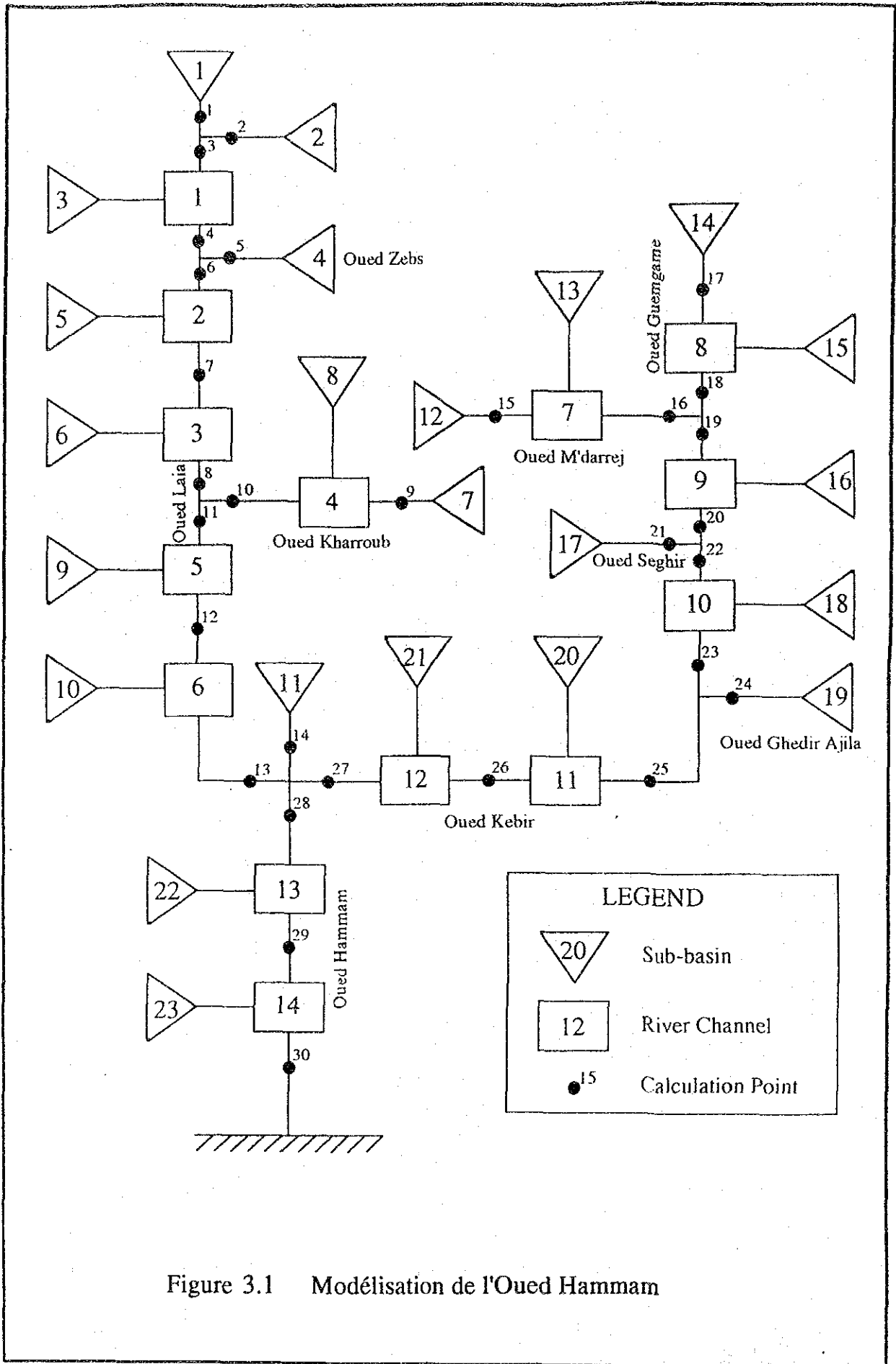


Figure 3.1 Modélisation de l'Oued Hammam

Figure 3.2 Hydrogramme des ruissellements dans le bassin de Oued Hammam (1/4)
 Calculation Point No.13

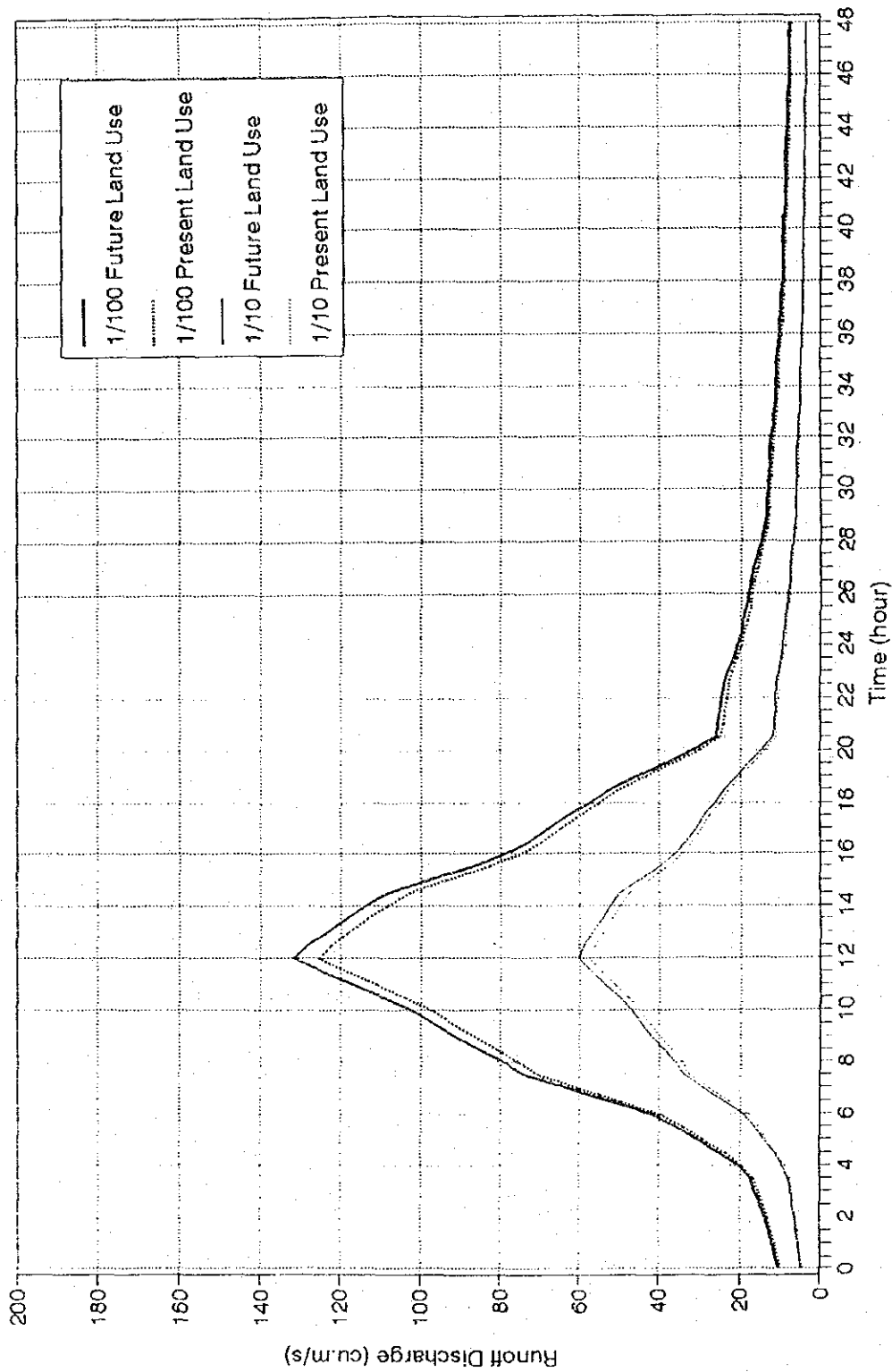


Figure 3.2 Hydrogramme des ruissellements dans le bassin de Oued Hammam (2/4)
 Calculation Point No.22

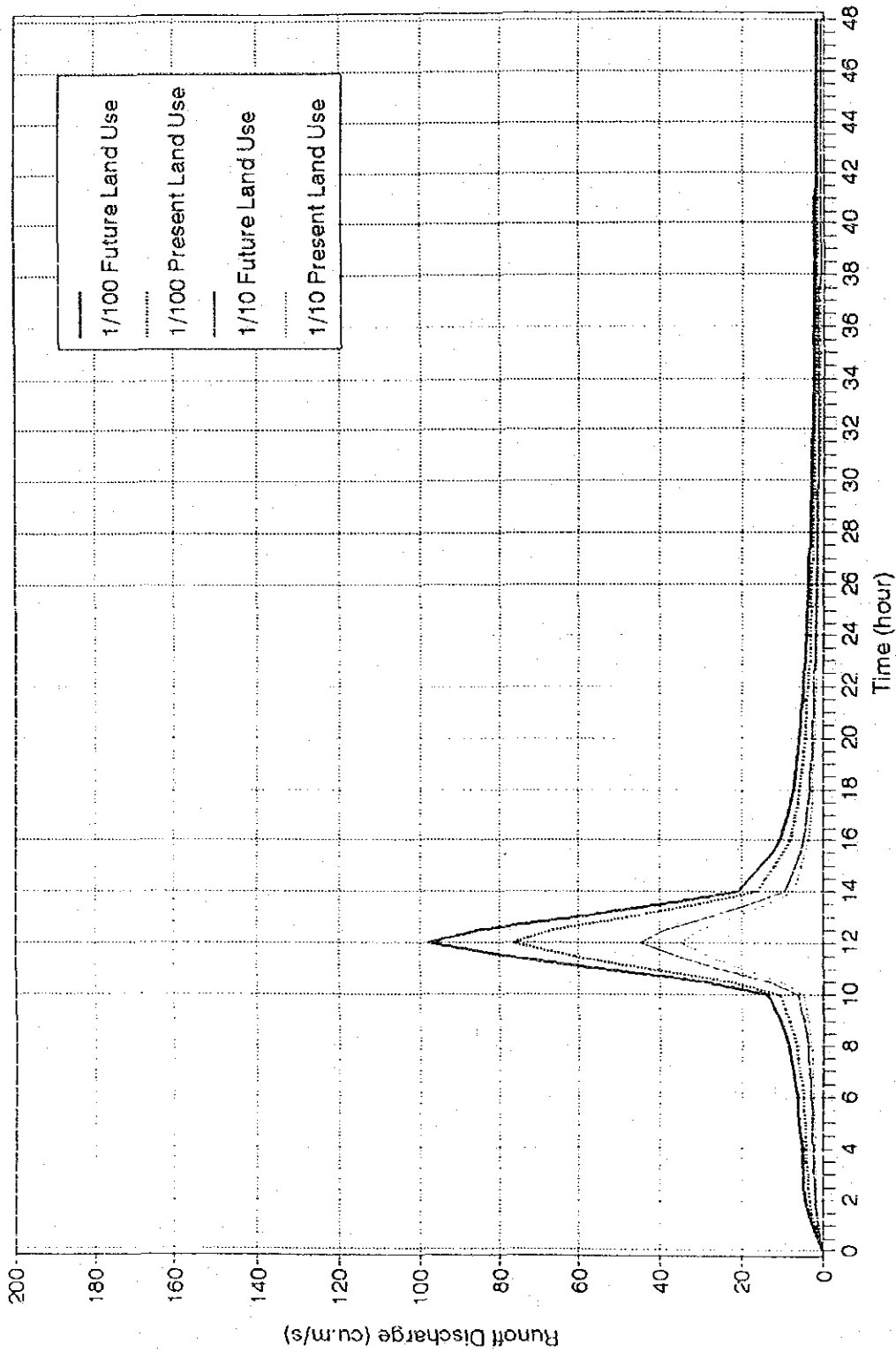


Figure 3.2 Hydrogramme des ruissellements dans le bassin de Oued Hammam (3/4)
 Calculation Point No.27

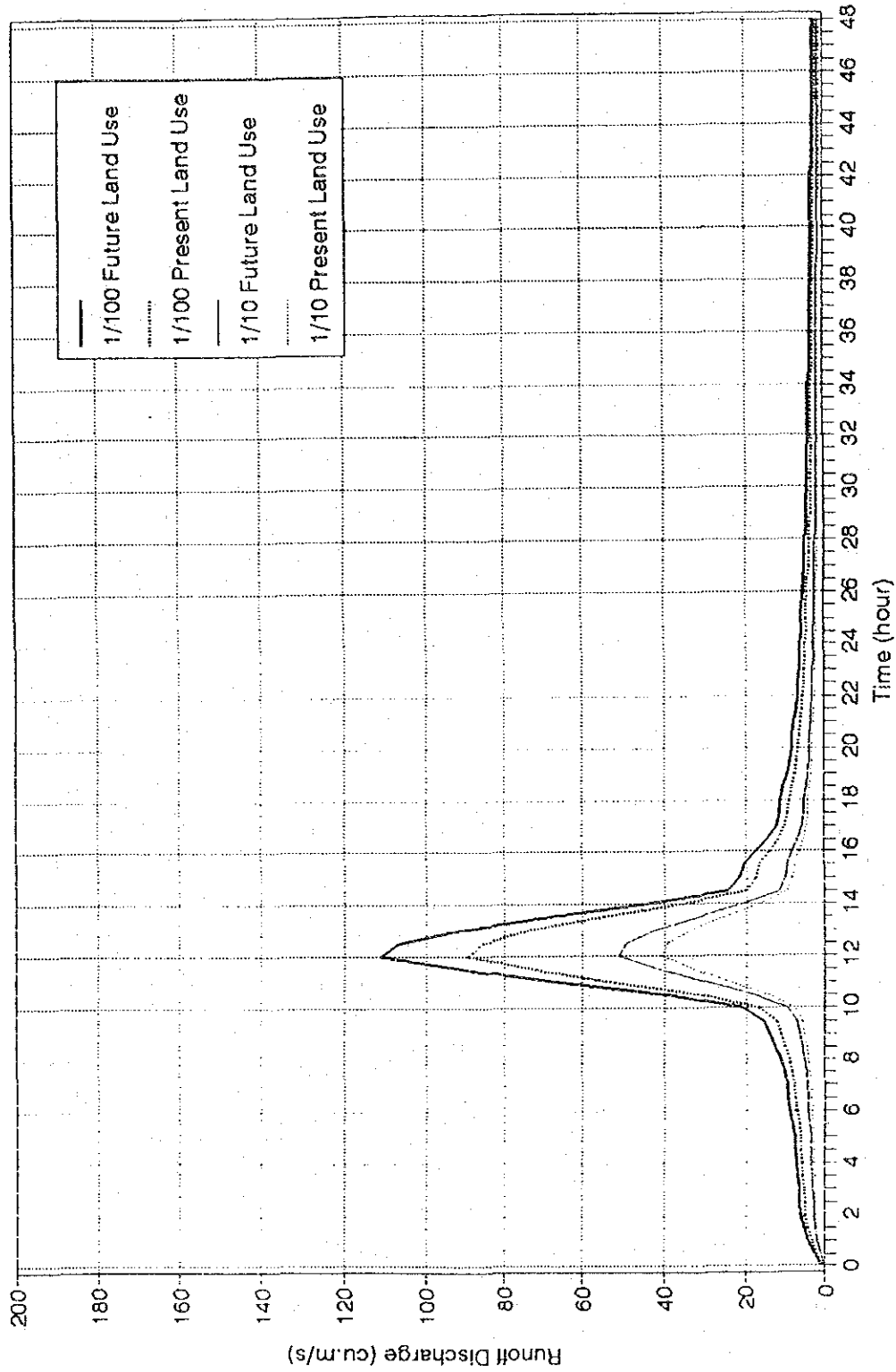
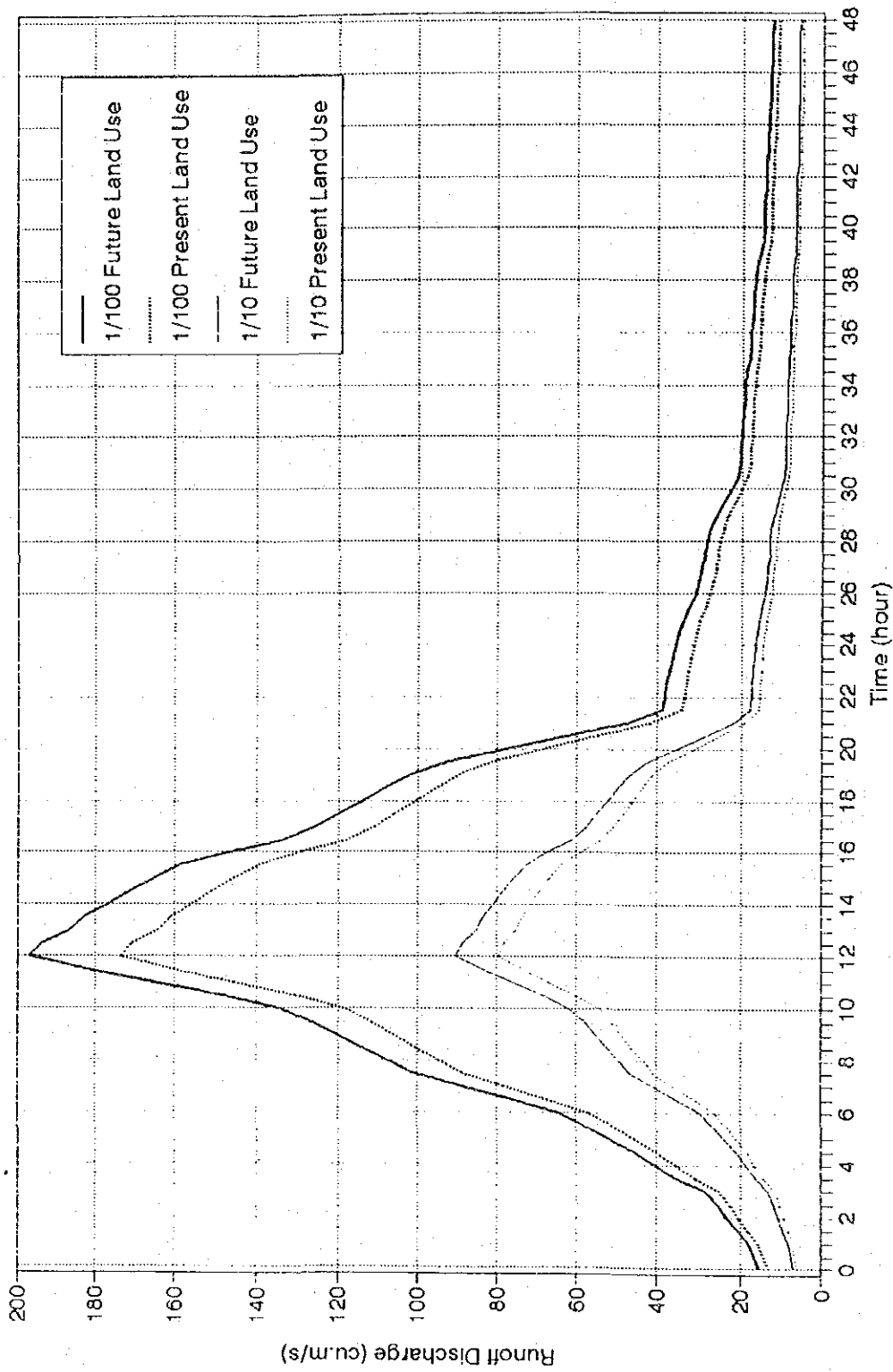


Figure 3.2 Hydrogramme des ruissellements dans le bassin de Oued Hammam (4/4)
 Calculation Point No.30



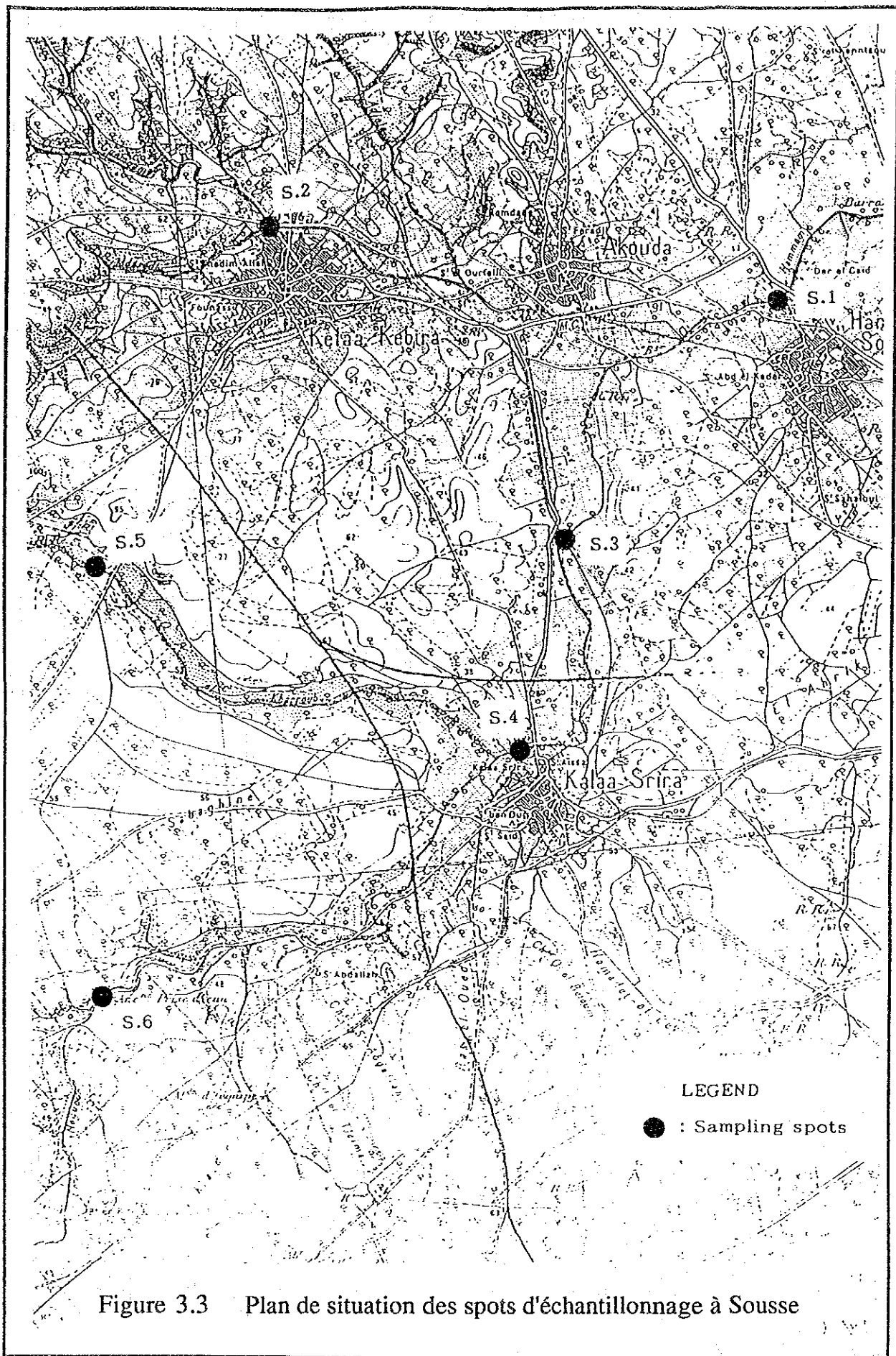


Figure 3.3 Plan de situation des spots d'échantillonnage à Sousse