

Partie 2

Étude de phase I:

Compréhension des conditions actuelles
et
la formulation de cadre
pour le plan directeur

CHAPITRE 3 TRAVAUX DE RECONNAISSANCE SUR LE TERRAIN

3.1 Travaux de reconnaissance du profil en long de l'oued et des sections transversales

Les travaux de reconnaissance du profil en long de l'oued et des sections transversales ont été menés sur les sites et les itinéraires qui nécessitent la planification de mesures de maîtrise des crues.

- (1) Le lit de l'oued Mejerda (du barrage de Sidi Salem à la frontière tuniso-algérienne)
- (2) Les principaux affluents (les oueds Mellègue, Tessa, Bou Hertma, Kasseb, Béja et autres), et
- (3) Les sites sites d'aménagements futurs pour la maîtrise des crues, telles que les réservoirs d'écrêtement des crues, les canaux de dérivation, les digues et les revêtements.

La première enquête, qui porte sur le lit principal de l'oued Mejerda, et la deuxième campagne portant sur les principaux affluents, ont été respectivement réalisées durant la première et la deuxième mission en Tunisie. La troisième campagne a été menée pour la troisième mission en Tunisie.

Les spécifications techniques de l'enquête de 1 à 2 sont énumérées ci-dessous.

Enquête du point 1 : Spécifications techniques

Zone couverte par l'enquête	Cours principal de l'oued Mejerda: (partie en amont comprise entre le réservoir de Sidi Salem et la frontière algérienne)
Champ d'application	1) Enquête sur le profil en long de l'oued : environ 180 km. 2) Enquête sur les sections transversales : 360 sections (à intervalles d'environ 500m le long de l'axe de l'oued, avec une largeur moyenne d'environ 330 m)
Spécifications techniques	1) Délimitation des points de l'enquête pour les sections sur la base des cartes existantes d'une échelle de 1:25 000 – 1/50 000 2) Profil de l'oued utilisant la ligne de courant (plus profond chenal) 3) Mise en place d'une tige en métal aux deux extrémités de chaque section transversale.
Résultats attendus	1) Représentation des réseaux de maîtrise des crues, et démarcation du profil et des sections transversale (plan) 2) Représentation du profil en long de l'oued et des sections transversales 3) Comptes rendus et rapports de l'enquête 4) Les dessins seront établis au format Auto Cad 5) Fourniture des dessins sur papier aussi bien que des dossiers numériques

Enquête du point 2 : Spécifications techniques

Zone couverte par l'enquête	Les principaux affluents situés entre le reservoir de Sidi Salem et Jendouba: Mellegue, Tessa, Rarai, Bajer, Bou Heurtma, Kasseb et Beja
Travaux à réaliser	1) Enquête sur le profil du fleuve: environ 140.6 km 2) Enquête sur les sections transversales : 476 sections (à intervalles d'environ 250/500m le long de l'axe de l'oued, avec une largeur moyenne d'environ 300 m)
Spécifications techniques	1) Délimitation des points de l'enquête sur la base des cartes existantes d'une échelle de 1:25 000 2) Profil de l'oued utilisant la ligne de courant (plus profond chenal) 3) Mise en place d'une tige en métal aux deux extrémités de chaque section transversale.
Résultats attendus	1) Représentation des réseaux de maîtrise des crues, et démarcation du profil et des sections transversale (plan) 2) Représentation du profil en long de l'oued et des sections transversales 3) Comptes rendus et rapports de l'enquête 4) Les dessins seront établis au format Auto Cad 5) Fourniture des dessins sur support papier et numérique

Enquête du point 3 : Spécifications techniques

Région de l'enquête	Les sites potentiels pour des structures de contrôle des crues sur et au long du lit principal de l'oued Medjerda (de l'estuaire jusqu'à la frontière entre la Tunisie et l'Algérie).
Quantité de travail	1) L'étude de profil en long à peu près 54,8 km. 2) Le levé de profil en travers : 72 sections (intervalle d'environ 250 m/100m tout au long le centre de la rivière/canal, largeur moyenne environ 200m)
Spécifications Techniques	1) La sélection des points de l'étude en utilisant les cartes existantes de l'échelle 1 :25,000-50,000 2) Le profil en long de la lignedu cours d'eau (plus profond lit de l'oued /canal) 3) La préparation d'un bar en acier sur chaque coté de profils en travers.
Le resultants de l'enquête	1) Des dessins de réseau de contrôle de l'enquête, l'emplacement des profiles et les profiles en travers (plan). 2) Les dessins de profiles et les profiles en travers de la rivière. 3) Les enregistrements et rapports de l'enquête 4) Les dessins de l'enquête doivent être formatés en Auto Cad. 5) Les dessins en papiers ainsi que les fichiers numériques doivent être déposées.

Les résultats ont été reflétés de manière utile dans les travaux de l'Etude, notamment dans l'étude sur les débitancses des canaux, l'analyse des inondations causées par les crues et les travaux d'amélioration fluviale pour les mesures de contôle de crue.

3.2 Enquête sur les crues et les dégâts des inondations

L'enquête sur les crues et les dégâts causés par les inondations a été réalisée et elle a consisté à collecter sur le terrain les données et les informations portant sur les inondations et les dégâts causés par les précédentes grandes crues du Bassin de la

Medjerda. Les principales crues étudiées ici sont celles de 1973, 2000, 2003, 2004 et 2005.

Les deux activités principales de cette enquête sont :

- La collecte de données/informations auprès des agences/bureaux étatiques et
- La réalisation d'une enquête par questionnaire auprès des résidents/ commerçants/ agriculteurs/ industriels

L'association des deux activités ci-dessus visait à obtenir des informations sur les dégâts causés par les crues auprès de deux sources différentes.

Concernant la collecte de données grâce à l'enquête par questionnaire, des formulaires différents ont été préparés pour les résidents, les commerçants, les agriculteurs et les industriels, mais tous comportaient des questions sur les points suivants :

- Informations générales sur les personnes interrogées, telles qu'adresse et principales sources de revenus,
- Détails sur l'inondation, y compris date, niveau de l'eau et durée,
- Dégâts et gêne causés par la crue,
- Expérience vécue de l'inondation, telle que comportement après l'évènement

L'enquête par questionnaire a concerné au total trois cents personnes dans les villes ayant subi des inondations significatives causées par les dernières crues importantes. Les résultats de l'enquête ont été classifiés d'une manière effective et utilisés dans l'étude, tout particulièrement dans les missions d'étude sur les analyses des inondations par crues, les travaux d'amélioration pour les mesures de contrôle des crues et l'évaluation des bénéfices du projet concernant son analyse économique.

3.3 Enquête d'inventaire des infrastructures de la gestion de l'eau

3.3.1 Généralités

L'inventaire de l'enquête a été effectué pour collecter des données et information, y compris les caractères physiques concernant la gestion de ressources d'eau et les équipements de contrôle des crues en service dans le bassin de rivière de Medjerda. Les éléments suivants sont inclus dans l'inventaire de l'enquête:

Classification	Eléments de l'enquête
Mesure et surveillance pluviométrique et hydrométrique	(A1) Stations pluviométrique dans le bassin versant (B1) Stations pluviométrique dans le bassin limitrophes. (B) Stations de jaugeage de débit (C) Stations de jaugeage utilisées pour l'alerte anticipée des crues (D) Les emplacements de surveillance de la qualité des eaux
Les structures Hydrauliques et obstructions	(E) Barrages (F) Les structures à travers : les embarcadères de pont, pipelines, siphonnes (G) Déversoirs et autres structures de contrôle de niveau d'eau
Travaux d'amélioration du Canal	(H) Revêtement de canal, canal de dérivation de débit et digues

Classification	Eléments de l'enquête
Erosion/ contrôle de sédimentation	(I) Barrage anti-tempête pour contrôler l'érosion (barrage collinaires) (J) Barrage de correction de torrent par atténuation de débit pour la conservation de sol.
Irrigation et Drainage	(K) Localisation du canal d'entonnement /vidange et vannes de protection des crues.
Ressources d'eaux sous-terrain	(L1) Puits (L2) Aquifère superficiel (L3) Aquifères profonds
Utilisation des eaux	(M) Les équipements de prise d'eau. (N) Les équipements d'eau potable gérée par SONEDE (O) Les équipements de transfert des quantités d'eau gérées par SECADENORD (P) Liste des Projets irrigués (Q) Les populations des communes et secteurs. (R) Les villes alimentées d'eau potable par SONEDE.
Traitement des eaux usées	(S) Liste de projet de traitement des eaux usées gérés par ONAS
Occupation du sol	(T) Occupation de sol forestière (U) Occupation de sol agricole (V) L'occupation de sol par sous bassin
Environnement	(W) Liste de terres humides et zone protégés

Les informations collectées par l'inventaire d'enquête ont été utilisées pour mieux comprendre les conditions du bassin et pour préparer les solutions de plan directeur qui ont comme but d'améliorer le contrôle des crues et plus tard le système d'annonce des crues.

3.2.2 Description de l'enquête

L'inventaire de l'enquête sur les équipements de gestion des eaux a été mené en deux phases.

(1) Phase 1

La première phase consiste à identifier les équipements situés dans le bassin de la rivière de Medjerda et la collecte des données sur les caractéristiques physiques.

La majorité des données de l'inventaire sur les équipements de gestion des eaux sont prises de la base des données GEORE du Ministère. La location de tous les éléments de l'inventaire et l'occupation du sol ont été référenciés géographiquement en utilisant les coordonnées UTM.

Les données concernant la population et les prévisions sont, comme étaient publiées par l'INS, basées sur le plus récent recensement fait en 2004. Les limites des communes sont collectées, mais celles des secteurs dans les communes elles-mêmes (la plus unité de la population) nécessite une permission spéciale du Ministère de la Défense et on pourra pas l'avoir.

L'emplacement approximatif des digues est indiqué par le MARH sur une carte topographique mais les détails sur la hauteur et les conditions actuelles sont indisponibles. Les informations manquantes concernant la hauteur des digues pourront être obtenues de

profil en travers fait par levé effectué sous cette Etude.

(2) Phase 2

Dans la deuxième phase, l'inventaire de l'enquête a pour but de collecter les informations afférentes au fonctionnement et à la maintenance de l'infrastructure physique qui joue un rôle important dans la gestion des crues.

La collecte des données a été menée en coopération avec DGBGTH. Trouver une source des informations fiables pour quelques données de fonctionnement et de maintenance s'est montré difficile. A la fin, par la voie de l'enquête, on n'a pu obtenir que les données de fonctionnement et de maintenance pour ces points suivant sde l'inventaire:

- Les stations pluviométriques
- Les stations de jaugeage
- Les grands barrages
- Les structures de contrôle hydraulique
- Les digues
- Les petits barrages collinaires et barrages de correction de torrent

3.3.3 Résumé du fonctionnement et de la maintenance

L'enquête démontre qu'une maintenance de routine est presque inexistante et qu'elle souffre d'une pénurie de financement. Il existe très peu, voire aucune maintenance préventive.

Les solutions du fonctionnement et de la maintenance qui sont trouvées sont exposées dans le **Tableau 2.2.1** mais aussi résumées ci-dessous:

(1) Les station pluviométriques

Le MARH a indiqué qu'il y aura une insuffisante sérieuse de maintenance dû à la pénurie de la main d'œuvre et du financement. La collecte des eaux de pluies est souvent bloquée par les saletés et les débris qui empêchent l'enregistrement précise des pluies. Les stations principales sont équipées par des enregistreurs automatiques des données.

Toutefois, l'alimentation en énergie (service d'électricité, batteries, panneaux solaires, etc.) n'est pas fiable. La défaite de l'énergie pour des longues périodes cause la perte des données de configuration du système et les données pluviométriques.

(2) Les stations de jaugeage des débits

Le MARH a indiqué qu'il y aura une insuffisante sérieuse de maintenance dû à la pénurie de la main d'œuvre et financement. Les stations principales sont équipées par des enregistreurs automatiques des données. Toutefois l'alimentation en énergie (service d'électricité, batteries, panneaux solaires, ect.) n'est pas fiable. La défaite de l'énergie pour des longues périodes cause la perte des données de configuration du système et les données concernant le niveau d'eau.

Les enregistreurs de données ne sont pas vidés pendant l'intervalle nécessaire. Quand le disque de stockage est plein, le système ne pourra pas enregistrer aucune nouvelle donnée. Quelques fois le disque reste plein pendant plusieurs jours ce qui donne un manque de données.

(3) Les grands barrages

Les barrages sont inspectés annuellement par des spécialistes consultants. Ils contrôlent les marques (*bornes*) pour vérifier la stabilité (implantation) et le piézomètre de fuite. Des études bathymétriques sont organisées, approximativement, chaque cinq an pour mesurer l'accumulation des sédimentations et mettre à jour les courbes de volume de retenue.

La maintenance consiste essentiellement à un programme de réparation et remplacement de suivants composants:

- Les vannes et robinets ayant une fuite
- La corrosion des vannes et les conduites de vidange
- Les opérateurs et commandes de vannes motorisées qui montrent une défaillance
- Le dommage du ciment des évacuateurs et les appuis

Il y a un peu, voire même une absence de la maintenance préventive. La demande budgétaire pour la maintenance programmée est déposée pour l'accord chaque année fiscale.

(4) Les structures de contrôle hydraulique à Laroussia et Tobias

Un nombre des réparations a été récemment signalé:

- Le dragage des sédimentations
- Le remplacement des chaînes de levage de vannes
- La protection contre la corrosion pour la construction en palplanches
- La protection contre la corrosion des vannes et robinets de vidange

(5) Les digues

Les digues sont inspectées à peu près 5 fois par an, d'habitude après les pluies abondantes et les courants d'eaux. Y parmi les problèmes typiques on trouve l'érosion pendant les courant d'eaux de pique et les brèches causées par l'homme. La digue de Kalaat Andalous était endommagée et réparée en 2005, 2006 et 2007.

3.4 Etude portant sur l'acceptation, par le public, des risques de crues

Dans le cadre de l'implication du public dans les premières phases du processus décisionnel, une enquête portant sur l'acceptation, par les résidents, des risques de crues a été entreprise. L'enquête est basée sur un questionnaire détaillé destiné aux localités situées le long du bassin de l'oued Mejerda, ayant connu des dégâts causés par les crues. La crue de 2003 est utilisée comme référence car elle demeure encore vivace dans la mémoire des gens, causant les plus gros dégâts de ces dernières années. Le questionnaire a été conçu pour saisir les vues et les opinions de la population sur les risques de crues dans le bassin de l'oued Mejerda. Il est destiné à aider à mesurer la perception qu'ont les gens du danger de crues, et ce, dans le but de savoir s'ils peuvent vivre avec les inondations ou déterminer jusqu'à quel point ils les craignent. Dans des pays comme l'Indonésie en Asie, les gens ont très peur des inondations, car elles peuvent se produire tous les ans et causer beaucoup de dégâts. Par conséquent, les personnes vivant en Asie (en Indonésie, au Bangladesh et en Thaïlande) peuvent être plus motivées, participant aux activités de lutte contre les inondations vu que celles-ci se produisent fréquemment. En

Afrique, il peut s'agir d'un sentiment différent parce que les gens sont très rarement confrontés aux inondations et par conséquent ne les craignent pas autant. Ils ne sont peut-être pas disposés à participer à des mesures structurelles ou ne sont pas assez responsables pour le faire.

C'est la raison pour laquelle l'enquête tient à clarifier la perception qu'ont les gens des risques d'inondation afin de pouvoir planifier, de manière adéquate, les mesures de protection nécessaires.

Il englobe des questions portant sur les données générales ayant trait au lieu de résidence et au profil social de la personne interrogée et plusieurs questions plus précises mesurant la perception qu'a la personne sondée des risques de crues. Les questions se répartissent comme suit:

- 1) Données générales (Questions 1 à 3)
- 2) Le profil social de la personne interrogée (Question 4)
- 3) Expérience vécue et type de dégâts causés par les crues (Question 5)
- 4) La crainte d'inondation (Question 6)
- 5) La perception des risques de crues (Question 7)
- 6) L'acceptabilité des risques de dégâts causés par les crues (Question 8)
- 7) Les mesures structurelles visant à réduire les dégâts des crues (Question 9)
- 8) Les mesures non structurelles visant à réduire les dégâts des crues (Question 10)
- 9) La dépendance vis-à-vis du gouvernement pour minimiser les dégâts des crues (Question 11)
- 10) L'évaluation de sa propre responsabilité par rapport au risque de dégâts causés par les crues (Question 12)
- 11) La priorité accordée aux mesures structurelles et non structurelles pour lutter contre les risques de dégâts causés par les crues (Question 13).

Certains éléments du questionnaire traitent en particulier de:

1. L'acceptabilité des risques de dégâts causés par les crues en vue d'aider dans la planification adéquate du niveau de risque de crues à appliquer au plan de contrôle des crues dans le bassin de l'oued Mejerda.
2. L'évaluation de sa propre responsabilité par rapport au risque de dégâts causés par les crues afin de mesurer la volonté des gens de participer à des mesures de contrôle des crues ou déterminer s'ils sont suffisamment responsables pour le faire et de planifier convenablement les mesures visant à élever le niveau de prise de conscience de sa propre responsabilité, si besoin en est.
3. Le niveau de dépendance vis-à-vis des institutions s'occupant du contrôle des crues, étant donné que ces institutions ne peuvent pas, à elles seules, résoudre tous les problèmes liés aux crues exceptionnelles. Toutes les parties concernées doivent jouer leur rôle en vue d'atténuer les risques de crues et de dégâts. Des mesures pertinentes, englobant le renforcement des capacités des parties concernées et une bonne coordination des travaux, devraient être planifiées en vue d'un contrôle efficace des dégâts dus à ces rares cas de crues à l'image de celles de 2003.

Les détails de cette enquête ont été exposés dans le rapport complémentaire J et les résultats obtenus sont tels que mentionnés dans le **tableau 8.1.1**. Ces derniers ont été utilisés comme informations pour la procédure de prise de décision, tout particulièrement pour déterminer le niveau de risque de crue devant être appliqué dans le plan de contrôle des crues dans le bassin de l'oued Mejerda.

-

CHAPITRE 4 HYDROLOGIE ET HYDRAULIQUE

4.1 Investigations hydrologiques

4.1.1 Généralités

Les conditions hydrologiques actuelles de la zone de la présente étude ont été examinées pour acquérir des informations hydrologiques de base nécessaires à cette étude. Les résultats des travaux hydrologiques précédents, réalisés dans le cadre de projets antérieurs, ont été revus et certains d'entre eux ont été incorporés dans cette étude.

Les données météorologiques et hydrologiques du bassin de la Mejerda et les zones adjacentes ont été recueillies auprès des deux institutions responsables, le Ministère de l'Agriculture et des Ressources hydrauliques (MARH) (principalement la DGRE et la DGBGTH) et l'Institut National de la Météorologie (INM). Les principales données recueillies sont les données climatologiques, les précipitations journalières et horaires, les débits journaliers et horaires et des données limitées sur l'hydrologie de l'Algérie. Les données recueillies sur les précipitations et sur les débits des oueds ont été examinées avant d'être utilisées dans d'autres analyses.

4.1.2 Caractéristiques des précipitations dans la zone d'Etude

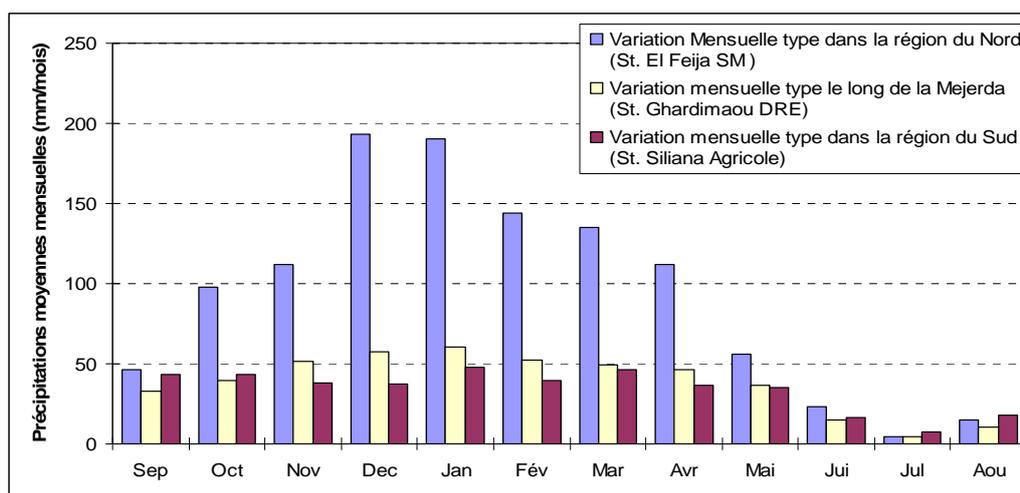
(1) Variations spatiales et saisonnières

En général, les précipitations moyennes annuelles tendent vers la baisse en allant du nord vers le Sud de la Tunisie. Elles atteignent 1500 mm dans les montagnes Khmir au nord-ouest de la Tunisie, et descendent à environ 100 mm en allant vers l'extrémité sud du pays. Ces variations spatiales des précipitations annuelles peuvent également être observées dans la zone de l'Etude, qui comme illustré dans la carte ci-dessous varient entre plus de 1000 mm au nord à environ 300 mm au sud.



Carte des Isohyètes du bassin de la Mejerda (précipitations moyennes annuelles : 1949-2006)

Cette différence résulte principalement de l'abondance des précipitations pendant la saison des pluies dans les régions du nord. Comme présenté dans le tableau suivant, les précipitations de la saison des pluies (octobre à avril) dans la partie nord de la zone de l'Etude (les zones de la rive gauche du bassin de l'oued Mejerda) deviennent significativement importantes en particulier en Décembre et Janvier, alors que ces mois ne connaissent pas de pointe dans les zones méridionales où sont situés aussi bien les affluents de la rive droite que l'oued Mellegue.



Source: Développé par l'équipe de l'Etude sur la base des données de la DGRE sur les précipitations journalières (moyenne de 1950/51-2005/06)

Variation mensuelle des précipitations dans différentes régions

L'étude des intensités pluviométriques montre aussi une variation régionale. Dans les régions du nord, le maximum annuel de précipitations journalières a plus de chance de se produire à partir du mois de Novembre et jusqu'au mois de janvier, alors que dans les zones méridionales les pluies intenses se produisent à partir du mois de septembre et jusqu'au mois de juin.

(2) Les variations annuelles

Le **Tableau 4.1.1** présente les précipitations annuelles, consécutives respectivement de deux et de trois années des pluies Durant la période allant de 1968/69 jusqu'à 2005/06. Le tableau suivant montre les cinq totaux pluviométriques les plus bas observés durant la même période. Ce résultat correspond au fait que les deux phénomènes de sécheresses les plus graves survenus dans le bassin lors des années 80 et 90 ont eu lieu en 1987-88-89 et 1993-94-95.

Les cinq précipitations les plus basses observées (précipitations de bassin)

Rang	Précipitations Annuelles		2 années de pluie		3 années de pluie	
	Période	mm/an	période	mm/an	période	Mm/an
1	1993/1994	316	1993 Sep. – 1995 Aout	675	1992 Sep. – 1995 Aout	1092
2	1987/1988	347	1987 Sep. – 1989 Aout	700	1987 Sep. – 1990 Aout	1113

Rang	Précipitations Annuelles		2 années de pluie		3 années de pluie	
	Période	mm/an	période	mm/an	période	Mm/an
3	2001/2002	350	1992 Sep. – 1994 Aout	734	1999 Sep. – 2002 Aout	1228
4	1988/1989	353	1988 Sep. – 1990 Aout	766	1991 Sep. – 1994 Aout	1303
5	1994/1995	359	2000 Sep. – 2002 Aout	815	1976 Sep. – 1979 Aout	1319

Source: Equipe de l'Etude

Le plus forte précipitations annuelles correspondent aux années ayant connu des crues remarquables comme spécifié ci-dessous.

Les cinq précipitations annuelles les plus élevées observées

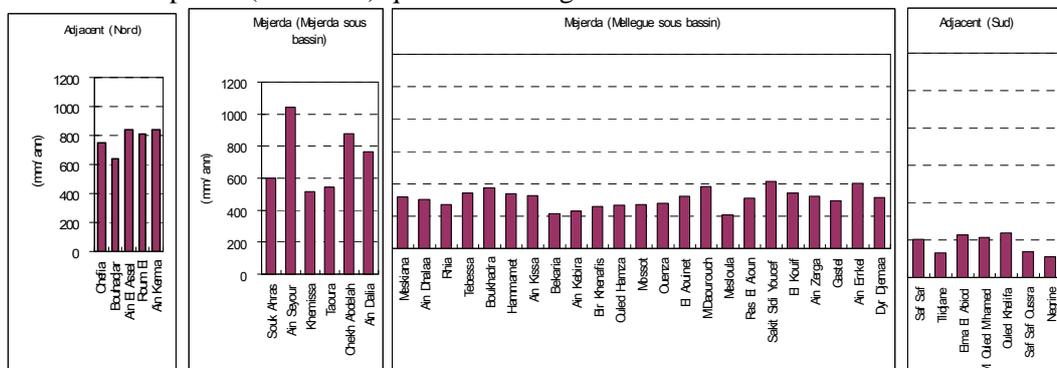
Rang	Période	Précipitation annuelle du Bassin (mm/an)	Crue importante durant la période
1	2002/2003	780	2003 Jan.
2	1972/1973	721	1973 Mar.
3	2003/2004	701	2004 Jan.-Fév.
4	1969/1970	691	1969 Sep.-Oct.
5	1995/1996	676	-

Source: Equipe de l'Etude

(3) Précipitations mensuelles et annuelles dans le territoire algérien du bassin de la Medjerda.

Les graphiques suivants présentent des exemples de précipitations mensuelles et annuelles relevées par les quelques stations situées dans le bassin versant de la Medjerda en territoire algérien. Malgré le manque d'une étude approfondie de la pluviométrie, les données existantes indiquent que les variations des précipitations annuelles et mensuelles dans le territoire algérien montrent des caractéristiques identiques à celles dans le territoire tunisien du bassin de la Medjerda, à savoir :

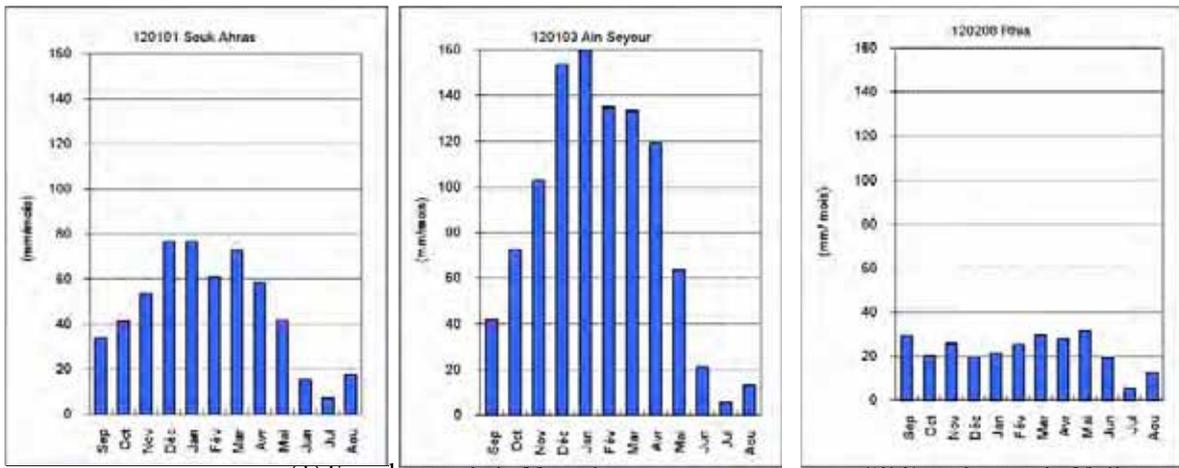
- La partie nord reçoit les précipitations annuelles les plus importantes, qui diminuent généralement en allant vers le sud.
- Les stations du nord présentent plus de pointes de précipitations mensuelles durant la saison des pluies (oct. – avr) que dans les régions méridionales.



Période: Première année de fonctionnement 2003/2004 (aux stations respectives)

Source: Equipe de l'Etude, élaborée sur la base des données obtenues auprès du MARH

Moyenne annuelle des précipitations dans les stations du territoire algérien du bassin de la Mejerda



Source: Equipe de l'Etude, élaborée sur la base des données obtenues auprès du MARH

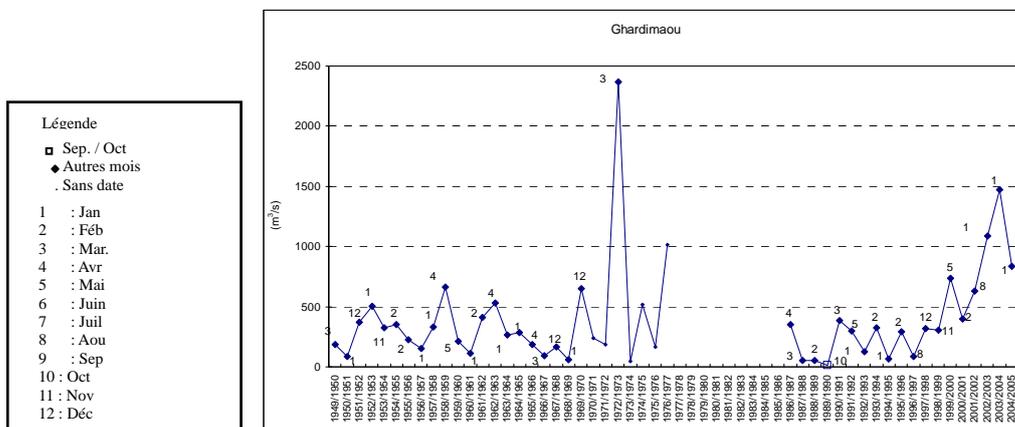
Moyenne mensuelle des précipitations au niveau des stations types du territoire algérien du bassin de la Mejerda

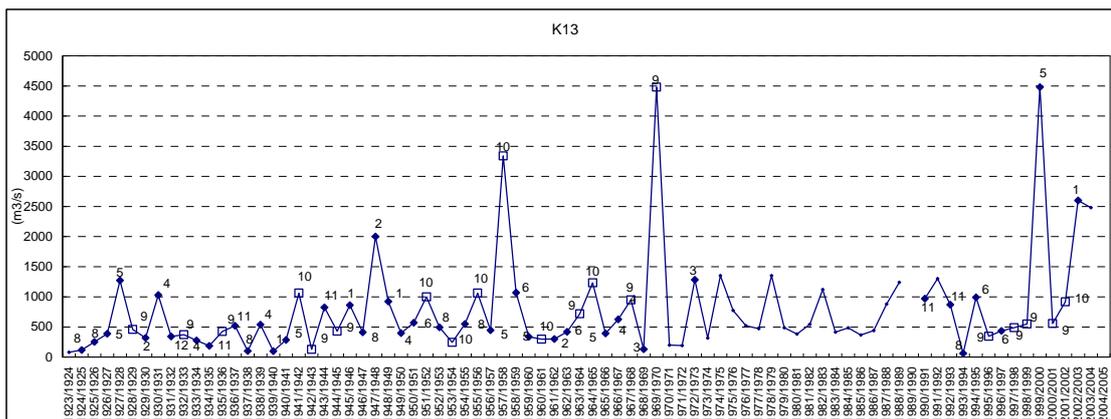
4.1.3 Caractéristiques des débits des crues

Les figures suivantes présentant les débits des crues maximum annuels et les mois de leur survenue observés au niveau des stations de jaugeage du Ghardimaou et du Mellegue K13 (voir la **Figure 4.1.1** pour leur localisation). Faisant ressortir Les caractéristiques suivantes:

- A la station K13, les débits maxima annuels plus fréquents en septembre et en octobre (20 sur 60 observations). Toutefois, des débits maximum annuels associés aux importantes crues récentes ont été observées au mois de janvier en 2003 et du mois de mai en 2000.
- A la station de Ghardimaou, les débits maximum annuels sont plus fréquents en décembre et février (24 des 41 observations), compte tenue des récentes crues majeures. Par contre, les débits maxima annuels sont rarement observés durant les mois de septembre et d'octobre à Ghardimaou.

Telles qu'illustrées dans ces graphiques, des débits de pointes peuvent être observées au niveau de ces deux stations le même mois et au cours du même évènement hydrologique. La concomitance des crues de l'oued Medjerda et de l'oued Mellegue peuvent provoquer de très fortes crues et un débordement exceptionnel des eaux, comme ce fut le cas en mars 1973 et janvier 2003.





Source: Equipe de l'Etude, élaborée sur la base des données obtenues auprès du MARH

débits maxima annuels observés et les mois de leurs arrivées

L'analyse de la fréquence des débits maxima annuels observés dans les stations les plus importantes a été réalisée dans les "Monographies Hydrologiques" à l'aide de données remontant jusqu'aux années 1975/76. L'ajustement statistique des débits de pointe s'est basé sur les données de la monographie complétée par les données récentes sur la période 76/77-2003/2004. Le **Tableau 4.1.2** les débits maxima annuels observés au niveau des principales stations hydrométriques. Les formules d'ajustement appliquées ont concerné la forme classique Log normale et la nouvelle forme GEV (valeurs extrêmes généralisées) utilisées depuis 1980

Le tableau suivant résume les résultats enregistrés par les stations de Ghardimaou et de Mellegue K13, stations considérées comme faisant partie des stations les plus importantes pour reproduire les conditions des crues dans le bassin de l'oued Medjerda. Les différences entre les chiffres de l'étude existante et la présente étude sont dues aux compléments des données récentes et la nouvelle distribution des probabilités appliquée.

Débits de pointe probables Unité : m³/s

Période de retour	Ghardimaou		Mellegue K13	
	Eudes existantes	Selon la présente étude	Eudes existantes	Selon la présente étude
2 yr	250	250	480	490
5 yr	500	540	1000	980
10 yr	750	820	1510	1420
20 yr	1050	1150	2100	2080
50 yr	1500	1830	3100	3340
100 yr	1870	2550	4050	4710
Distribution	Log Normal	GEV	Log Normal	GEV
Données utilisées	'49/50-'76/77	'49/50-'04/05	'24/25-'75/76	'24/25 - '03/04

Source: Etude existante ("Monographies Hydrologiques", 1981) et Equipe de la présente étude

Dans le bassin de l'oued Mejerda, les crues enregistrées indiquent des hydrogrammes avec

des débits de pointe plus élevés au niveau des affluents de la rive droite, tels que Mellegue et Tessa, que ceux de la Medjerda et des affluents de la rive gauche.

4,2 Système actuel des oueds

4.2.1 Système actuel et profils des lits des oueds

(1) bassin versant et réseau hydrographique

La **Figure 4.2.1** montre schématiquement le réseau hydrographique de l'oued Mejerda. La zone située en amont des oueds Mejerda, Mellegue, et Rarai se trouve dans le territoire algérien. Le tableau suivant résume les longueurs du lit principal de la Mejerda et de ses principaux affluents, y compris les parties situées en Algérie:

Longueur du lit principal de la Medjerda et de ses principaux affluents

Nom de l'oued (et des affluents situés en amont)	Longueur	Nom de l'oued (et des affluents situés en amont)	Longueur
Medjerda	484 km	Mellegue (Meskiana-Mellegue)	317 km
Siliana (Roumel-Ousafa-Siliana)	171 km	Tessa	143 km
Bou Heurtma (El Kebir-Rhezala-Bou Heurtma)	64 km		

Source: Monographies hydrologiques (le Bassin de la Medjerda) et l'équipe de l'Etude

L'oued Medjerda a deux exutoires, le cours naturel menant vers le nord et le canal de dérivation à l'époque coloniale artificiel menant vers l'est (construit dans les années 1950). Toutefois, le lit principal de la Medjerda a été fermé au niveau de la dérivation en 1990, et a été converti en un canal d'irrigation transportant l'eau du barrage Tobias (déversoir mobile) vers les périmètres irrigués (menzel Jmil, zouaouine). L'exutoire actuel de la Medjerda est lui-même l'ancienne dérivation construite dans les années 1950.

Le bassin versant a été planimétré par l'équipe de l'Etude sur la base de multiples séries de données, tels que les SIG développés sur la base des données numérisées à partir des cartes officielles de la Tunisie éditées par le Service de la Topographie et de la Cartographie aux échelles 1 / 25000 et 1 / 50000 et le modèle numérique de terrain (MNT).

Le tableau suivant résume les calculs des superficies des bassins et montre que le tiers du bassin versant de la Medjerda se trouve en Algérie.

Bassins versants du bassin de la Mejerda

Nom de l'affluent	Superficie du bassin versant (km ²)		Total
	Tunisie	Algérie	
Chafrou	610	0	610
Lahmar	530	0	530
Siliana	2190	0	2190
Khalled	470	0	470
Zerga	220	0	220
Beja	340	0	340
Kasseb	280	0	280
Bou Heurtma	610	0	610
Tessa	2420	0	2420
Mellegue	4,430	6,360	10790
Rarai	310	40	350
Autres zones	3420	1,470	4890
Total	15830 (67%)	7870 (33%)	23700 (100%)

Source: Equipe de l'Etude

Les écoulements provenant d'une partie, couvrant 323 km², de l'extrémité de la zone située à l'aval du lit principal de l'oued Medjerda se déverse directement dans la mer selon les conditions topographiques. (Ces 323 km² sont contenus dans le bassin versant couvrant 23.700 km²)

Sur les 23.700 km² de l'ensemble du bassin de la Medjerda, une aire de 19.400 km² (environ 80%) appelée "bassin versant contrôlé" s'étend en amont des barrages existants. Le Barrage Sidi Salem est le principal contributeur avec 18.100 km² du bassin versant et les 1.300 km² restants sont couverts par les barrages Siliana et Rmil.

(2) Profils et pentes du lit de la rivière

(i) Cours supérieurs de l'oued Mejerda: situés en amont de l'extrémité du réservoir de Sidi Salem - frontière algérienne (158 km).

Le profil en long du lit de l'oued est illustré par la **Figure 4.2.2**, qui a été établi sur la base des résultats des campagnes topographiques menées dans le cadre de la présente étude en 2007. Tel qu'illustré dans le profil en long, le tronçon situé à côté du réservoir de Sidi Salem long d'environ 25 km a une pente presque nulle. Cela implique d'importants dépôts de sédiments à l'extrémité située en amont du réservoir de Sidi Salem.

(ii) Cours inférieurs de l'oued Mejerda: situés à l'aval du barrage Sidi Salem (148 km)

La **Figure 4.2.3** représente le profil en long de l'oued entre le Barrage Sidi Salem et l'embouchure, établi sur la base du résultat des campagnes topographiques menées en 2007 par le MARH. Les pentes de l'oued varient généralement entre environ 1 / 2000 (0,0005) et 1 / 3000 (0,000333). Le profil indique un point d'inflexion du lit de l'oued au niveau du barrage Larrousia, qui amène le lit de la rivière élevé sur les cours supérieurs. Cela pourrait être du à la sédimentation du barrage. Le pont Andalous à Mejez El Bab, l'ancien barrage d'El Battane et le Barrage mobile de Tobias ont eux aussi fait l'objet d'une campagne topographique et ce du fait d'être à l'origine des variations du lit qui sont tout

capacité d'écoulement considérablement faible a été observée dans les cours suivants :

- En amont du barrage Larrousia y compris Medjez El Bab (150-400 m³/s)
- A l'aval de Jedeida (250-300 m³/s)
- A l'aval du barrage mobile Tobias (150-300 m³/s) .

Ces zones coïncident avec celles considérées comme vulnérables à la crue tel que confirmé par l'analyse des crues ainsi que par les données disponibles sur les crues historiques.

4.3 Caractéristiques hydrologiques des crues dans le bassin de l'oued Mejerda

4.3.1 Généralités

Ce chapitre traite les caractéristiques hydrauliques importantes des crues récentes enregistrées dans le bassin versant de la Medjerda..

- les crues ayant eu lieu en mars 1973 (crue mars 1973)
- les crues ayant eu lieu en mai 2000 (crue mai 2000)
- les crues ayant eu lieu de janvier à février 2003 (crue janvier 2003)
- les crues ayant eu lieu de décembre 2003 à février 2004 (crue jan. 2004)
- les crues ayant eu lieu de janvier à mars 2005 (crue 2005)

Les Données hydrologiques, telles que les hydrogrammes de crues au niveau des principales stations de jaugeage sont compilées dans l'**Annexe 4.1** et le **Recueil de données A4**.

4.3.2 Caractéristiques globales des crues

Dans le bassin de l'oued Mejerda, les crues enregistrés ont montré que des crues significatives se sont produites tous les mois de l'automne jusqu'au printemps (de septembre à mai). Les pluies violentes au milieu de la saison des pluies (décembre à janvier) déclenchent les crues. Cependant, en dépit des précipitations mensuelles sur le bassin, relativement faibles au printemps et à l'automne, des fortes crues peuvent également se manifester en ces saisons. Ceci se rapporte à une combinaison des caractéristiques hydrologiques du bassin étudié dans le chapitre **4.1**, à savoir :

- Des débits élevés avec d'importantes pointes en provenance des affluents de la rive droite sont susceptibles d'être plus observés en septembre et octobre, tandis que les crues significatives des affluents de la rive gauche et du cours principal de la Medjerda (à Ghardimaou) ont tendance à être observées à partir de décembre et jusqu'à février.
- Dans la partie rive droite, d'intenses précipitations pourraient se produire tout au long de la période allant de l'automne jusqu'au printemps.
- Les affluents de la rive droite tendent à induire des crues avec des hydrogrammes pointus et aigus.

La simultanéité des crues de la Medjerda et de Mellegue à partir de l'Algérie, et des précipitations abondantes sur la partie tunisienne du bassin a souvent entraîné des inondations dévastatrices, telles que celles de 1973 et 2003.

4.3.3 Caractéristiques hydrologiques des crues de mars 1973

Cette crue a causé des crues de l'ensemble des cours de l'oued Mejerda (comme présenté par la **Figure 4.3.2**). Au moment de cette crue, le Barrage de Sidi Salem n'existait pas encore et l'oued Mejerda possédait deux exutoires le cours d'eau principal et le canal de dérivation à Tobias). Les caractéristiques hydrologiques de cette crue se distinguent par une seule pointe de précipitations, un apport et un débit élevés.

La probabilité de la pointe de la crue à Ghardimaou est estimée à 1 / 80. Les fortes pluies avec une probabilité de 1 / 15 à 1 / 25 (représentant un cumul de pluviométrie sur une période de 6 jours) ont couvert l'ensemble du bassin de l'oued Mejerda. Les écoulements des crues générés par ces pluies torrentielles accompagnés par d'importants apports en provenance de l'Algérie ont produit les débits de pointe élevés dans l'oued Mejerda et ses affluents. L'inondation sont produites parce que les débits dans les lits de l'oued ont dépassé le seuil de leurs capacités de débitance.

La durée du niveau des hautes eaux et de l'inondation sont supposées, selon les rapports, être plutôt courts (pas plus d'une semaine au niveau de la plupart des oueds), en rapport avec les courtes durées des précipitations.

4.3.4 Caractéristiques hydrologiques de la crue mai 2000

Cette crue a causé de graves inondations le long de l'oued Mellegue et des cours supérieurs de l'oued Mejerda. Les caractéristiques hydrologiques de cette crue sont les suivantes:

- Des débits entrant élevés à l'oued Mellegue (K13) avec une seule pointe, et
- Des précipitations importantes mais localisées.

La probabilité estimée du débit de pointe à Mellegue K13 atteint 1 / 90, alors que la pointe à Ghardimaou a chuté dans la fourchette entre 1 / 5 et 1 / 10. Les précipitations ont été concentrées dans les sous bassins de Mellegue, Tessa et Rarai.

En raison de l'importance des apports, le barrage de Mellegue a nécessité le recours aux lâchers d'eau juste avec l'arrivée des apports, étant donné le fait que le niveau d'eau du réservoir a déjà été maintenu à un niveau élevé pour se préparer à l'approvisionnement en eau au cours de la prochaine saison sèche. Les débits sortants du barrage Mellegue, ont dépassé les capacités de l'oued situé en aval qui ont débordé. La crue a été limitée aux zones situées en amont du barrage Sidi Salem, grâce à la maîtrise des pointes par ce barrage.

4.3.5 Caractéristiques hydrologiques de la crue janvier 2003

Cette crue est caractérisée par:

- De multiples pointes élevées à Ghardimaou et à K13, et
- De multiples pointes élevées de précipitations.

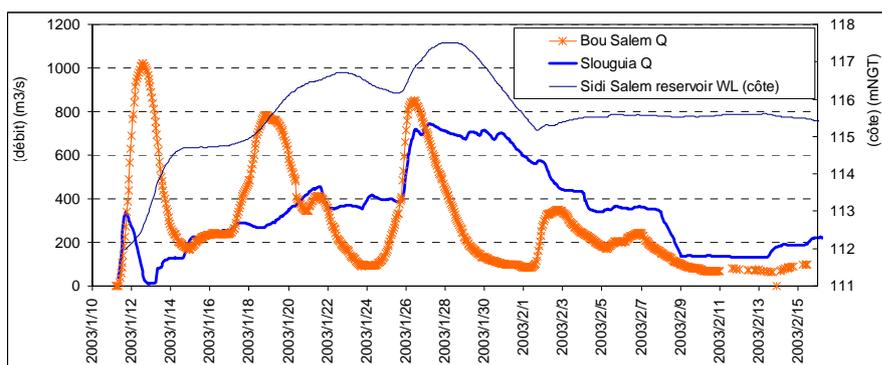
Une probabilité de débit de pointe à Ghardimaou est estimée à environ 1 / 20, mais une probabilité du volume de crue (197 millions de m³, le total de 30 jours avec quatre pointes) a chuté à environ 1 / 70.

Le contraste entre les crues de mai 2000 et de janvier 2003 illustre l'un des traits distinctifs des crues de 2003. Comme présentés dans le tableau ci-dessous, les pointes des débits entrants au réservoir de Sidi Salem lors des deux crues ont été presque identiques. Toutefois, contrairement à la crue de mai 2000, les apports des crues de 2003 ayant de multiples pointes élevées ont déclenchés un débit sortant important de sidi salem.

Débits entrants et sortants au Barrage Sidi Salem au cours des crues de mai 2000 et de janvier 2003.

Crue	Débit entrant max. (Sidi Salem)	Volume d'apport (à Bou Salem durant 30 jours)	Débit sortant max. (Sidi Salem)	Note
Crue mai 2000	1022 m ³ /s	157 M m ³	52 m ³ /s	Une seule pointe
Crue jan 2003	1065 m ³ /s	827 M m ³	740 m ³ /s	Quatre pointes

Les hydrogrammes à Bou Salem et Slouguia et le niveau d'eau du réservoir Sidi Salem sont comparés dans le tableau suivant. L'hydrogramme à Bou Salem traduit l'apport au Barrage de Sidi Salem, celui de Slouguia illustre les débits sortants du barrage.



Source: l'équipe de l'Etude, basée sur les données de la DGBGTH et de la DGRE

Hydrogrammes des débits entrants et sortants du barrage Sidi Salem (crue de janvier 2003)

La première pointe soudaine à Slouguia survenue le 11 Janvier 2003 a été déclenchée par les eaux de ruissellement de l'oued Siliana qui se sont jointes à l'oued Mejerda à l'aval du barrage Sidi Salem et qui n'ont pu être maîtrisées par le barrage. Le réservoir de Sidi Salem a tout de même pu atténuer efficacement les pointes de la première et de la deuxième vagues des apports des crues, mais a nécessité avec l'arrivée de la troisième pointe d'accroître le débit des lâchers à 740 m³/s. La survenance de la quatrième pointe a augmenté le niveau des lâchers.

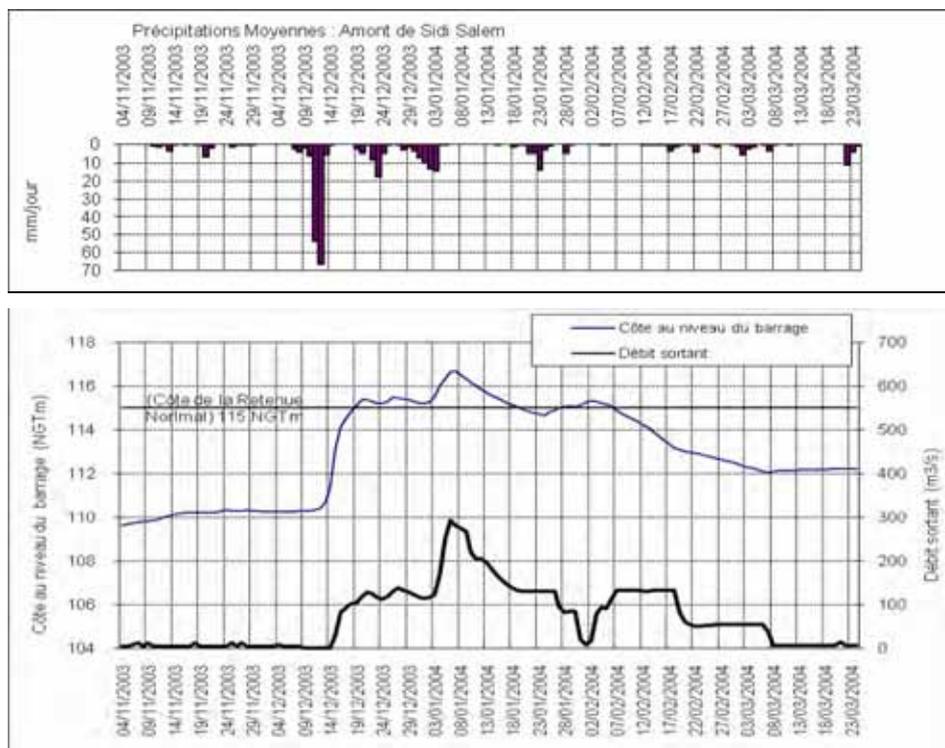
La conséquence de la multiplicité des pointes s'est traduite par la longue durée de la crue survenue dans les zones situées en amont et à l'aval du barrage Sidi Salem. La crue a duré tout un mois et même plus dans certaines régions, en particulier dans les zones situées à l'aval.

4.3.6 Caractéristiques hydrologiques des crues de janvier 2004 et de 2005

Les caractéristiques hydrologiques de ces crues sont;

- Plusieurs pointes des débits entrants à Ghardimaou, et
- Plusieurs pointes des précipitations.

Au cours de la crue de janvier 2004, la pointe du débit sortant du barrage Sidi Salem a été observée le 6 Janvier 2004 malgré la faiblesse des précipitations au cours de cette journée. Cela est plutôt dû aux précipitations antérieures, du 10 au 13 Décembre 2003, qui étaient très importantes (environ une probabilité 1/50 années en 6 jours de précipitations) suivi d'une élévation du niveau d'eau du réservoir. Lorsque la pluie modérée a eu lieu du 29 Décembre au 3 Janvier, l'eau aurait dû être lâchée pour maintenir le niveau normal (Côte RN), comme indiqué dans les figures qui suivent. Par conséquent, les niveaux des hautes eaux de l'oued Mejerda ont été observés dans les zones situées à l'aval en dépit des faibles précipitations de ce jour-là. Des phénomènes similaires ont été constatés lors des crues de 2005.



Source: Equipe de l'Etude de la JICA, basée sur les données du MARH

Relations entre les précipitations, le niveau d'eau du réservoir et les débits sortants du barrage Sidi Salem (crue de janvier 2004)

4.3.7 Conséquences des caractéristiques hydrologiques des crues historiques

Les crues historiques prouvent que les phénomènes hydrologiques pourraient provoquer des crues plus graves causant d'importants dégâts dans de nombreuses régions du bassin de l'oued Medjerda.

- La simultanéité de tout ou partie des crues entrants dans la Medjerda et Mellegue à partir de la partie algérienne et des précipitations intenses dans la partie tunisienne du bassin, et
- De multiples pointes des débits entrants dans le réservoir

En outre, les comportements des crues sont déterminés par la combinaison d'autres

facteurs hydrauliques, tels que:

- Niveau d'eau des réservoirs
- Débits sortants des barrages, et
- Capacité de débitance de l'oued.

4.4 Analyse des faibles débits

4.4.1 Méthodologie et données utilisées

(1) Généralités

Le but de l'analyse des faibles débits réalisée dans le cadre de la présente étude est de fournir des données sur les débits entrants dans les barrages à utiliser pour l'analyse du bilan d'eau, bilan qui étudie le volume de stockage du réservoir requis pour l'approvisionnement en eau. Comme l'Etude vise la maîtrise des crues, elle suit et applique, au tant que possible, des plans et des consignes de gestion concernant l'approvisionnement en eau. Les études existantes traitant des investigations hydrologiques à mentionner sont « EAU2000 » et « GEORE ».

(2) Méthodologie de EAU2000 et de GEORE

Un état des apports mensuels dans chaque barrage de 1946/47 à 1989/90 a été dressé par EAU2000 sur la base des données d'observations de la DGRE disponibles et des résultats des études existantes.

Ensuite, EAU2000 a traité les apports annuels dans 16 sites de barrage situés dans le "Nord + Medjerda" (Extrême-Nord et Medjerda) en tant que ressources en eau disponibles dans la région (voir le tableau ci-dessous). Certains barrages du bassin de l'oued Medjerda, tels que Siliana et R'mil, ont été classés dans les différentes zones, et d'autres barrages dans le bassin de la Medjerda qui fournissent de l'eau, principalement, pour l'irrigation des régions situées à l'aval n'ont pas été considérés dans EAU2000.

Barrages considérés dans les ressources en eau disponibles

Région	EAU2000	JICA Study
Mejerda	Sidi Salem Zouitina Mellita	Zouitina Sarrath Mellegue (ou Mellegue 2) Tessa Ben Metir Bou Hertma Kasseb Beja Sidi Salem Khalled Lakhmess Siliana R'Mil
Extreme Nord	Kebir Zerga Moula Sidi Barrak Ziatine Gamgoum El Harka Sejenane Douimis Melah Joumine Ghezala Tine	Kebir Zerga Moula Sidi Barrak Ziatine Gamgoum El Harka Sejenane Douimis Melah Joumine Ghezala Tine

L'analyse fréquentielle des apports annuels total (total des 16 barrages) a été réalisée dans l'étude EAU2000 en utilisant les données de 44 années de 1946/47 à 1989/90, et une année avec une probabilité de non-dépassement de 0.2 a été déterminée comme "année sèche ». Dans EAU2000, l'année 1961-62 a été ensuite choisie comme «année type sèche ».

GEORE a prolongé les données des apports établi par EAU2000 jusqu'à environ 2003 en appliquant autant que possible les données additionnelles disponibles.

(3) Calcul des apports par la présente étude

La présente étude a incorporé les 26 sites de barrage énumérés dans le tableau précédent dans l'estimation des ressources en eau disponibles pour le bassin de l'oued Mejerda. Les 26 barrages constituent un réseau d'approvisionnement en eau dans l'extrême nord et le bassin de l'oued Mejerda, et de façon indépendante ils fournissent de l'eau à leur propre zone de demande en eau dans le bassin de l'oued Mejerda.

Les données des apports mensuels dans les 26 sites de barrages ont été obtenues grâce à la vérification et la saisie des données de EAU2000/GEORE, grâce à l'intégration de données supplémentaires, principalement en utilisant les débits journaliers observés par la DGRE. La période de référence pour 56 années à partir de 1946/47 à 1996/97 a été choisie. Il s'agit de la période maximale dans laquelle les données manquantes à

l'ensemble des 26 sites de barrages peuvent être substituées par les données disponibles. Ensuite, la probabilité des apports a été réexaminée en utilisant des données des apports actualisés.

Cette Etude a aussi analysé les apports annuels de deux et trois années consécutives qui n'ont pas été considérés dans EAU2000.

4.4.2 Analyse des fréquences

Le **tableau 4.4.1** présente le classement des apports d'une, de deux et de trois années consécutives de 1946/47 à 1996/97. Les cas de sécheresse extrême figurant dans le tableau concordent avec les années qui ont souffert des deux sécheresses significatives qui se sont produites en 1987-88-89 et 1993-94-95.

l'analyse fréquentielle a été calculée en utilisant des échantillons de l'apport annuel de 56 années. Selon EAU2000, la probabilité de non-dépassement 0,2 ($F = 0.2$) a été établie en tant que norme pour une année sèche. Les variations mensuelles et les distributions régionales de l'ensemble des séries de données sur les apports pour les années situées à proximité de $F = 0,2$, qui sont 1960/61, 1973/74 et 1991/92, ont été examinées au cas où elles ne sont pas significativement biaisées. Par conséquent, 1960/1961 a été jugée comme année type, ensuite, a été choisie pour la présente étude comme «année sèche ».

Les probabilités des apports de deux et trois années consécutives sèches, ont aussi été analysées. Les probabilités calculées sont compilées dans le **Tableau 4.4.1** et le tableau suivant présente les estimations de la fréquence des trois valeurs les plus faibles pour deux années consécutives. Le cas de deux années virtuelles (année type sèche 1960/61 x 2 fois) avec 2,088 millions de m³ de l'apport a été estimée à se produire une fois dans 8,7 cycles en moyenne. Cela implique qu'un cycle de 2 années d'apport avec cette ampleur pourrait se produire une fois en 17 ou 18 ans ($8,7 \times 2$) en moyenne.

Fréquence de trois apports les plus faibles de 2 années consécutives et les apports de 2 années virtuelles

Rang	période	Apport (M m ³)	F	Nombre de fois en N cycles*	Occurrence (un cycle* en N années)
1	93 Sep. – 95 Aout	1219	0.0385	26.0	52
2	87 Sep. – 89 Aout	1582	0.0769	13.0	26
3	91 Sep. –93 Aout	2052	0.1154	8.7	17-18
Virtuel.	1960/61 x 2 ans	2088	0.115	8.7	17-18

Note: *: Un cycle c'est deux années consécutives sans chevauchement ou exclusion d'années.

CHAPITRE 5 IDENTIFICATION ET ETUDE DE PROBLEMES SPECIFIQUES POUR LA REGULATION DES CRUES

5.1. Exploitation pour l'approvisionnement en eau

5.1.1 Historiques

(1) Objectifs

L'utilisation conjointe de réservoirs pour l'approvisionnement en eau et la régulation des crues pose un problème de répartition du volume d'eau. L'exploitation de l'approvisionnement en eau nécessite autant d'eau que possible afin de minimiser le risque de pénurie durant les années sèches. D'autre part, les exploitations pour la régulation des crues exigent que la cote de la retenue soit réduite pour stocker une partie ou la totalité du débit entrant. Telles exploitations compétitives nous permettent de partager le même espace de retenue. Toutefois les besoins saisonniers de l'approvisionnement en eau et les risques de pénurie doivent être clairement définis afin de savoir le volume de retenue qui peut être attribué à la régulation des crues et le moment opportun de son attribution.

Les principaux objectifs de l'étude en approvisionnement en eau sont pour:

- Confirmer le volume de retenue de chaque réservoir qui est réservé pour l'alimentation en eau
- Confirmer les critères de risque contre la pénurie de l'approvisionnement en eau utilisés par MARH afin de régler les niveaux des eaux, et
- Déterminer le volume de retenue qui peut être utilisé pour la régulation des crues à chaque réservoir.

(2) Les exploitations existantes de l'approvisionnement en eau

À présent, la retenue de la plupart des réservoirs est maintenue aussi proche que possible de la cote normale de la retenue. Les exploitations des réservoirs sont axées sur le stockage d'un volume pouvant satisfaire les demandes en cas d'une série d'années sèches.

La demande en eau de la campagne agricole saisonnière est soumise par divers Commissariat régional au développement agricole (CRDA) du Ministère de l'Agriculture et des Ressources Hydrauliques (MARH) en mars chaque année. Les besoins en eau potable estimés par la Société Nationale d'Exploitation et de Distribution des Eaux (SONEDE) sont ajoutés au besoin agricoles et comparés aux volumes stockés à chaque réservoir. La priorité est donnée après leurs études aux besoins en eau potable. Le MARH élabore un plan de répartition des ressources à chaque réservoir et décide si certaines restrictions d'eaux sont nécessaires pour le secteur agricole. Dans le cas des années sèches consécutives, la restriction d'eau est également appliquée pour l'approvisionnement d'eau potable.

(3) Les contraintes de régulation des crues

Les contraintes principales relatives à la régulation des crues sont toutes liées au fait que les critères pour les exploitations d'approvisionnement en eau ne sont pas bien définis:

- Il n'y a pas de critères standards pour la sécurité de l'approvisionnement en eau.
- L'exploitation chez les sociétés d'exploitation n'obéit pas à des courbes de règles d'exploitation, tel qu'elles sont définies lors de la conception.
- La limite entre les volumes d'approvisionnement en eau et la régulation des crues de retenue n'est pas bien définie.
- Le débit de réservoir et les risques de défaillance liés à l'approvisionnement en eau ne sont pas assez bien définis

(4) Les études précédentes

Les tentatives visant à élaborer des règles de fonctionnement et d'optimiser la répartition des ressources ont été faites dans les deux précédentes études: Eau 2000 et GEORE.

Eau 2000 publié en 1993 comportait une analyse complexe des réservoirs à l'aide de la programmation dynamique stochastique (SDP) des techniques pour optimiser la répartition des ressources. La fonction cible pour l'analyse était de réduire l'écart entre l'offre et la demande. L'analyse a généré des débits de réservoirs mensuels de stocks initiaux pour deux scénarios (50% pleins et vides) et trois conditions annuelles du débit entrant (année sèche type, année moyenne, année humide type) soit un total de six différents scénarios d'apports possibles aux réservoirs. Les documents mis à la disposition de l'étude ne permettent pas de déterminer les probabilités associées à chacun de ces scénarios d'apport au réservoir. En outre, l'analyse n'est que quantitative et ne considère pas le besoin d'amélioration de la qualité des eaux au Canal Mejerda - Cap Bon. Les résultats des études, relativement anciennes, n'ont pas été utilisés par le MAHR quant à la question des exploitations pour l'approvisionnement en eau.

Le projet de la Gestion Optimale des Ressources en Eau (GEORE), financé par la Coopération Technique Allemande (GTZ) à la fin des années 80, a développé un modèle mathématique pour le but de servir comme un outil d'optimisation de la gestion des réservoirs pour l'approvisionnement en eau. Le modèle en question était trop complexe et ses données étant multiples, et il est conçu essentiellement pour la simulation et l'optimisation de la gestion des réservoirs à des pas de temps assez espacés (mois). Ce modèle, à son état actuel, ne pourrait pas être utilisé pour l'exploitation journalière des réservoirs.

Une nouveau examen des documents « Eau 2000 et Eau XXI », indique que ce sont des documents programmés pour le développement futur des ressources en eau. Les besoins futurs en eau sont estimés et comparés avec les apports potentiels en eaux de surface et les ressources en eaux souterraines. Les limites pour les ressources en eau conventionnelles sont identifiées et la nécessité de rechercher de nouvelles ressources non conventionnelles a été proposée, autrement dit, le dessalement des eaux saumâtres ou le recyclage des eaux usées traitées pour l'agriculture. Cependant, les études ne fournissent pas de plans ou de critères pour l'approvisionnement en eau.

(5) Méthodologie de l'étude

Le volume de la retenue du réservoir pour l'approvisionnement en eau doit être déterminé en vue de procéder à l'analyse pour la régulation des crues. L'étude a procédé à l'élaboration de bilans hydrauliques pour estimer le volume de la retenue qui doit être assuré/ pour l'approvisionnement en eau à chaque réservoir.

Le bilan hydraulique est établi pour un système de 27 réservoirs (existants et planifiés) qui sont reliés entre eux pour répondre aux besoins de l'approvisionnement en eau potable et agricole. Le calcul du bilan hydraulique est effectué par chaque scénario de sécheresse.

Le calcul détermine le volume de la retenue qui doit être assuré au réservoir au début de chaque année hydrologique (soit au mois de septembre de chaque année) pour répondre aux besoins d'approvisionnement en eau sans pénurie. Le volume complémentaire du réservoir pour la régulation des crues sera identifié si la retenue requise pour la demande en eau est inférieure à la retenue active à la saison normale.

5.1.2 Ressources en eau de surface

(1) Nord de la Tunisie - Système d'approvisionnement en eau

Le total des précipitations annuelles n'est pas suffisant pour assurer la satisfaction tout au long de l'année des demandes en eau nécessaires pour l'agriculture et pour satisfaire d'autres besoins en eau. Cependant, un réseau de réservoirs et des mécanismes de transfert ont été mis en place dans le Nord de la Tunisie pour mobiliser et stocker l'eau de pluie et de combler la discontinuité entre les apports des années humides et ceux des années sèches. De nombreuses structures ont déjà été achevées et d'autres sont en construction ou en projet, afin d'y mobiliser la totalité des eaux de surface.

Il est fait référence à ce système dans le cadre de cette étude comme étant le système d'approvisionnement en eau du Nord de la Tunisie. Il est composé de deux branches principales:

- i) la branche de l'Oued Mejerda représentée schématiquement à la **figure 5.1.1** (avec des réservoirs d'alimentation en eau potable principaux de Sidi Salem, Ben Metir, Kasseb) et
- ii) la branche de Sejnane-Joumine provenant de l'extrême Nord, tel que décrit dans la **figure 5.1.2** (avec les réservoirs d'alimentation principaux de Sejnane, Joumine et Sidi Barrak)

Chaque branche fournit des eaux au canal Mejerda-Cap Bon, qui fournit ensuite des eaux mélangées au Grand Tunis et les zones au sud (Cap Bon, Sfax, et Sahel). Puisque le Canal Mejerda - Cap Bon est approvisionné en eau par deux branches, l'ensemble du système doit être examiné lors de l'évaluation de la répartition de la retenue pour l'approvisionnement en eau et la régulation des crues aux réservoirs dans le bassin de l'Oued Mejerda.

L'eau est transférée depuis le bassin de Barbara (Zouitina et Melilla), qui se situent en

amont du réservoir de Bou Heurtma, vers le bassin de l'Oued Mejerda. En aval du bassin versant, une partie du cours de l'Oued Mejerda est déviée vers le Canal de Mejerda - Cap Bon afin de satisfaire les besoins en eau des régions côtières. L'Oued est détourné par un ouvrage vanné situé au niveau du barrages de Laroussia.

(2) Le rendement des réservoirs et le chronogramme de mise en œuvre

Les rendements des réservoirs et le chronogramme de mise en œuvre fournis par la Direction générale des barrages et des grands travaux hydrauliques sont présentés au **tableau 5.1.1**.

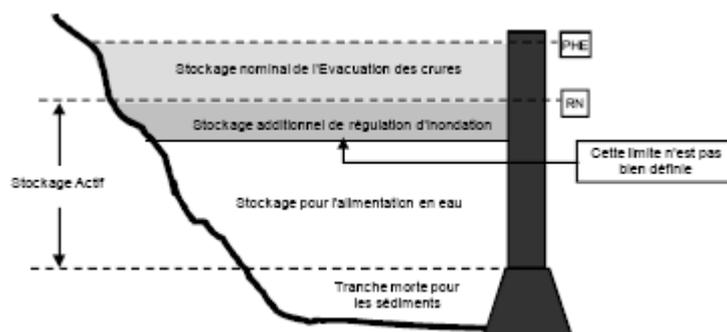
Il n'y a pas d'information explicite sur la façon dont les rendements sont calculés et le Ministère ne dispose pas de courbes de probabilités des rendements généralement développés au cours des études techniques qui nous permettent d'estimer la capacité du réservoir. Ce calcul a été fait sur la base d'abaques (de Levrat). Il n'est donc pas possible d'évaluer les rendements pour différents risques de pénurie. Le taux de 80% comme taux de sécurité d'approvisionnement en eau, pris en considération par les services du ministère (voir le **tableau 5.1.1**), est conforme avec celui pris en compte pour les systèmes d'irrigation dans les pays en développement.

(3) Caractéristiques des Réservoirs

Un total de 8 réservoirs (Mellegue, Ben Metir, Lakhmes, Kasseb, Bou Heurtma, Sidi Salem, Siliana, R'Mil) fonctionnent dans le bassin de l'Oued Mejerda fournissant en moyenne 576 millions de m³/an, soit 59% du total des ressources mobilisées par les barrages dans le Nord de la Tunisie. Un volume additionnel de 80 millions de m³ par an, s'il y a de besoin, peut être transféré du bassin vers complexe Barbara.

La principale caractéristique de l'intérêt des opérations de fourniture d'eau est le volume utile de de stockage. Le stock utile de la retenue se situe entre la côte normale de la retenue et le niveau le plus élevée de tranche morte.

Le stock mort est le volume de la retenue réservé pour le stockage des sédiments. En règle générale, le réservoir ne peut pas être conçu en dessous du niveau maximum de la tranche morte. Le volume utile du réservoir diminue progressivement, en même temps que le réservoir se remplit de sédiments.



Répartition type du volume de la retenue

Le calcul des volumes utiles des retenues pour les 27 barrages dans le Nord de la Tunisie

est présenté au **tableau 5.1.2**.

5.1.3 Les demandes en eau

(1) Les demandes en eau totales

Le système de réservoirs doit répondre aux demandes mensuelles suivantes :

La demande en eau appliquée au système de réservoirs (Unité : 10^6 m^3)

Demande 2010	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Total
Agriculture	51.2	27.2	15.9	0.9	0.4	7.7	36.2	67.3	123.	88.0	101.	96.2	616.1
Eau potable	28.3	28.0	25.5	23.0	22.4	18.0	22.1	22.4	25.5	27.4	34.2	34.2	311.1
Environnement	0.0	0.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	30.0
Total	79.5	55.2	47.4	29.9	28.8	31.8	64.3	89.7	149.	115.	135.	130.	957.1
Demande 2020	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Total
Agriculture	54.4	29.4	17.1	0.8	0.4	8.3	39.8	74.2	135.	93.8	107.	100.	661.4
Eau potable	37.2	36.8	33.6	30.3	29.5	23.7	29.1	29.5	33.6	36.0	45.0	45.0	409.3
Environnement	0.0	0.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	30.0
Total	91.6	66.2	56.6	37.1	35.8	38.1	74.8	103.	168.	129.	152.	145.	1100.7
Demande 2030	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Total
Agriculture	51.1	27.6	16.0	0.8	0.6	9.3	39.7	72.1	129.	92.2	106.	96.9	641.6
Eau potable	46.2	45.7	41.6	37.5	36.5	29.4	36.0	36.5	41.6	44.6	55.8	55.8	507.4
Environnement	0.0	0.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	30.0
Total	97.3	73.3	63.7	44.3	43.1	44.7	81.7	108.	170.	136.	162.	152.	1179.0

La demande totale en eau augmentera à un taux moyen de croissance de 1%, passant de 957 M m³/an en 2010 à 1.179 M m³/an en 2030.

À l'heure actuelle, la plus grande partie des ressources en eau est attribuée à l'irrigation: 32% pour l'eau potable en 2010. Une forte croissance va rapidement réduire l'écart de la demande en eau potable nécessitera une part beaucoup plus grande part des ressources (43%). L'augmentation de la demande en eau potable, mettra plus de pression sur la gestion des réservoirs, rendant de plus en plus difficile de fournir des ressources à l'agriculture pendant les longues périodes de sécheresse, car la demande d'eau potable est prioritaire.

(2) Les seuils de salinité

Chaque Centre de demandes dispose d'un seuil différent de salinité selon le type d'utilisation. Les seuils maximaux de salinité fixés par le MARH sont présentés dans le **tableau 5.1.5**. La salinité du Canal Mejerda- Cap Bon est contrôlée par la SECADENORD en mélangeant une grande quantité d'eau douce de l'extrême nord à Bejaoua avec de l'eau relativement salée en provenance de Laroussia. La salinité cible dans le canal MCB est normalement maintenue entre 1,0 g/l et 1,5 g/l avec une préférence accordée à la limite inférieure quand les ressources sont abondantes.

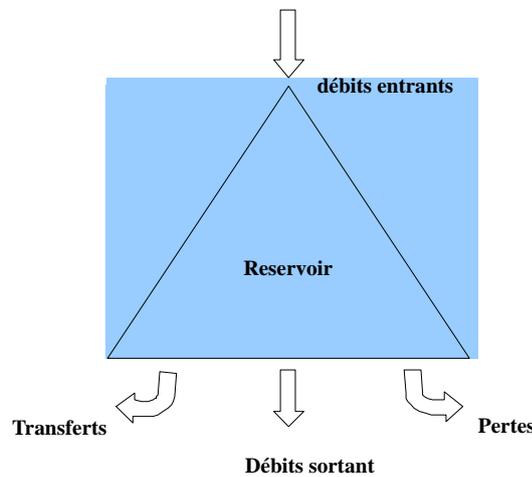
5.1.4 Bilan hydraulique des réservoirs

(1) Modèle de calcul

Les capacités de stockage requises dans chaque réservoir sont calculées à l'aide d'un modèle de calcul simplifié en utilisant un modèle de feuille de calcul excel. Le calcul est basé sur un équilibre hydrologique à chaque réservoir, comptabilisant tous les débits entrants diminués de tous les débits sortants et des pertes dans la retenue de chaque

réservoir. Les réservoirs sont reliés entre eux et les débits sortants de réservoirs en amont sont collectés au prochain situé en aval. Le volume retenu à la fin de chaque période est calculé par la formule :

$$S_i = S_{i-1} + I_i + Tr_{in} - Tr_{out} - R_i - W_i - L_i - E_i - DS_i$$



Modèle de bilan hydraulique

Dont:

S_{i-1} est le stock à la fin de la période précédente (stock initial pour le premier pas de temps)

I_i est le débit entrant naturel/normal pour la période i

Tr_{in} est la quantité arrivant de réservoirs en amont pour la période i

Tr_{out} est la quantité retirée par conduite du réservoir pour la période i

R_i est la lâchure d'eau pour la demande en aval la période i

W_i est le prélèvement pour la demande locale de l'eau pour la période i

L_i est la perte par infiltration pour la période i

E_i est la perte par évaporation (moins de pluie) en période i

DS_i est la quantité lâchée pour le dévasement en période i

(2) Procédé de calcul

Le pas de temps est une période d'un mois. Le stock à la fin de la période (S_i) est comparé avec la capacité maximale du réservoir (S_{max}). Si S_i est supérieure à S_{max} , alors que le stock est fixé à la capacité maximale,

$$S_i = S_{max}$$

et le lâchers d'eau est calculé comme

$$S_{pi} = S_{max} - S_i$$

L'évacuation est également mise à jour pour inclure le lâcher d'eau,

$$R_i = R_i + S_{pi}$$

Si I stock est inférieur à la tranche morte, alors le stock est fixé au même niveau que la tranche morte,

$$S_i = S_{min}$$

Et le déficit est comptabilisé comme :

$$D_i = (S_{min} - S_i)$$

Le calcul des bilans hydrauliques est utilisé pour identifier le volume qui doit être emmagasiné à chaque réservoir d'eau afin de satisfaire la demande dans l'année à venir. Les volumes ainsi déterminés sont appelés les « volumes ciblés». Le calcul des bilans hydrauliques est établi pour tous les réservoirs et tous les centres de demandes en eau sont inclus dans le système régional.

Le calcul commence en septembre pour coïncider avec le début de l'année hydrologique. Le mois de septembre est également un point de départ commode pour donner les priorités aux volumes ciblés de retenue avant les mois critiques pour la maîtrise des crues, soit de décembre à avril (5 mois en total).

Le volume initial de retenue S_i , à chaque barrage est fixée à 100% du volume actif pour la première itération.

Le calcul est effectué chaque mois en utilisant la série de sécheresse représentative de débits entrants de différents scénarios de sécheresse.

Si toutes les exigences sont respectées, le calcul est répété avec une plus petite valeur du stock initial. Cette procédure est répétée pour trouver le volume initial de la retenue en septembre qui va satisfaire les demandes sans épuiser complètement les stocks du réservoir. Dans la mesure du possible, un volume tampon de 20% est maintenu comme une réserve d'urgence.

(3) Les débits entrants

Les cinq scénarios de Sécheresse sont initialement considérés dans le bilan hydraulique préliminaire:

Scénarios de Sécheresse (initialement considérés)

Scénarios de Sécheresse	Total de débits entrants* Mm ³	Total en% du volume moyen **	Type
1: 1 an 1960	1044	55%	Sec
2: 2 ans Synthétiques	2088	55%	Sec
3: 2 ans Historique 1987-88	1582	41%	Très sec
4: 3 ans Synthétiques	3132	55%	Sec
5: 3 ans Historique 1992-94	2204.5	38%	Très sec

* Débits entrants de 27 barrages dans le Nord de la Tunisie ** Débits entrants moyens de 1946-1997 = 1912Mm³/an

Le MARH prévoit la sécheresse hydrologique comme suit:

- une année sera "sèche" lorsque les débits entrants sont inférieurs à 70% de l'apport

moyen

- une année sera "très sèche" lorsque les débits entrants sont inférieurs à 50% de l'apport moyen

Le débit entrant moyen pour ce système pour la période d'enregistrement (1946-97) est de 1912 Mm³ par an.

L'année sèche type est 1960/61, et elle est choisie puisqu'elle a une fréquence de 1 tous les 5 ans (T = 0,2). Cette fréquence est choisie pour être compatible avec la définition d'une année sèche type utilisée dans l'étude « Eau 2000 ».

L'historique des sécheresses est assez critique. Une analyse d'avant-projet indique que la plupart des réservoirs devraient être à 100% au début de la saison agricole afin de répondre aux demandes. En outre, les restrictions sur les demandes peuvent être appliquées au cours de la deuxième et troisième années afin de prévenir l'épuisement total du stock. Cela est confirmé par les restrictions sur les demandes actuellement mises en application par le MARH au cours de ces événements historiques de sécheresse (Guide de la Sécheresse en décembre 1999).

Après avoir été examinés avec le MARH, les trois scénarios sont retenus pour le calcul des bilans hydrauliques.

Scénarios de Sécheresse retenus pour les bilans hydrauliques

Scénarios de Sécheresse			Intervalle/Cycle de sécheresse
1:	1 an	Typique	1/5
2:	2 ans	Synthétique	1/9*
3:	3 ans	Synthétique	1/11**

Notes: * Un cycle dure 2 ans. ** Un cycle dure 3 ans.

5.1.5 Allocation de stock

Le calcul des bilans hydrauliques montre que le système de l'approvisionnement en eau du Nord de la Tunisie connaîtra des déficits au cours des évacuations de deux années de sécheresse et de trois événements. Ces déficits sont résumés dans le tableau ci-après.

Comparaison des déficits de retenue pour les scénarios de sécheresse sélectionnés

Scénario de sécheresse	restriction sur la demande	Année	Déficits du Nord de la Tunisie (Mm ³ /an)**		
			2010	2020	2030
1 an	Aucune	1er	0	0	0
2 ans	Aucune	1er	0	0	0
	20% d'agriculture	2e	6.0	19.1	68.6
2 ans	Aucune	1er	0	0	0
	Aucune	2e	6.7	21.1	75.2
3 ans	Aucune	1er	0	0	0
	Aucune	2e	6.7	11.4	62.4
	Aucune	3e	84.5	267.1	377.8

** 27 barrages dans le Nord de la Tunisie – dans le Système de l'approvisionnement en eau

Pour les deux années de sécheresse, les déficits sont localisés et limités dans les réservoirs

suivants où la demande agricole locale dépasse la capacité des réservoirs suivants:

- Mellegue II
- Lakhmes, Siliana et R'Mil

Il est donc possible d'attribuer un volume supplémentaire pour la régulation des crues à d'autres barrages sans affecter l'approvisionnement en eau dans d'autres parties du système une sécheresse typique de deux années.

Les trois années de sécheresse ne peuvent pas être gérées à moins importante demande à l'échelle du système des restrictions sont appliquées à l'eau potable et l'irrigation agricole. Selon ce scénario, les réserves dans la plupart des barrages système devraient être maintenus aussi pleines que possible, au début de septembre, afin de réduire les pénuries d'eau. Par conséquent, un volume supplémentaire ne serait pas opportun.

L'allocation de stock et les volumes supplémentaires pour la régulation des crues sont identifiés grâce aux analyses du bilan hydraulique pour les barrages du bassin de l'Oued Mejerda. La maîtrise supplémentaire des crues est fixée par l'ajustement du volume entre la cote normale de retenue désignée et le niveau des plus hautes eaux de la retenue.

Sept barrages du bassin de la Mejerda ont été sélectionnés pour la régulation des crues, et l'analyse est fondée sur leur capacité de retenue et la superficie de bassin versant. Il s'agit de: Bou Heurtma, Mellegue, Mellegue II, Sidi Salem, Sarrath, Siliana, et Tessa, tel que discuté au paragraphe 5.3. Le total des volumes supplémentaires de la retenue pour la régulation des crues fourni selon chaque scénario des sept barrages est présenté ci-dessous.

**Comparaison du volume adapté aux scénarios de sécheresse
pour la maîtrise/la régulation des crues**

Scénario de sécheresse	La demande de restrictions	volume supplémentaires pour la régulation des crues (Mm ³)**		
		2010	2020	2030
1 an	aucune	321	299	215
2 ans	20%	169	104	69
2 ans	aucune	168	99	33
3 ans	aucune	78	<10	<10

** Pour les 7 barrages dans le bassin de Mejerda avec d'importantes possibilités de la régulation des crues

L'espace disponible pour la régulation des crues diminue avec le temps parce que la demande en eau est de plus en plus croissante et le volume utile à chaque réservoir est en baisse du fait de l'envasement.

La restriction sur les demandes fournit une augmentation relativement faible lors de la régulation des crues, toutefois l'impact négatif sur l'agriculture est susceptible d'être important.

5.2 Dégâts des crues et mesures existantes

5.2.1 Les dégâts des crues antérieures importantes

- (1) les zones prédisposées aux crues

La zone prédisposée aux crues, étant affectée habituellement par des crues, se situent principalement dans une plaine à méandres tout le long du cours principal de l'Oued Mejerda. Grâce à la reconnaissance sur le terrain et d'entretiens avec les organismes concernés, il est devenu clair que Jendouba, la confluence de Mellegue, Bou Salem, Sidi Smail, Slouguia, Medjez El Bab, El Herri, Tebourba, El Battan, Jedeida, El Henna, la confluence de Chafrou et El Mabtouh sont les régions, qui ont été gravement endommagées par d'importantes crues comme celles survenues en mai 1973 et en janvier et février 2003.

(2) Résultats des campagnes menées sur les crues et leurs dégâts

(a) Objectif et personnes interrogées

Afin de saisir l'état actuel des dégâts causés par les crues et leurs événements, l'inondation des crues et l'enquête de dommages a été menée de décembre 2006 à mars 2007. L'enquête a été attribuée d'Éco Ressources Inc, qui est l'un des cabinets de consultants tunisiens. Par le biais de fiches d'interview pour les agriculteurs, les résidents, les commerces et les industries, un total de 300 personnes a été entrepris. Le questionnaire se compose de quatre sections, c'est-à-dire,

I : Informations générales, II: Dommages agricoles et alimentaires, III: Leçons apprises par les expériences des crues, IV: Évacuation et alerte précoce.

Grâce à la campagne de reconnaissance, des informations précieuses sont collectées, qui peuvent être consultées pour l'élaboration du plan directeur. Le nombre de personnes interrogées par municipalité est classé comme suit:

Nombre de personnes ciblées et interrogées par le sondage des crues et leurs dommages

	Nom de ville	Code	Governorate	Nombre de personnes enquêtées				
				Total	Fermiers/ Agriculteurs	Résidents	Boutiques/ Commerçants	Industriels
1	Nebeur	NB	Le Kef	15	4	11	0	0
2	Jendouba	JN	Jendouba	40	19	16	4	1
3	Bou Salem	BS	Jendouba	40	10	20	8	2
4	Sidi Ismail	SI	Beja	10	10	0	0	0
5	Zone Amont SS	ZA	Beja	5	5	0	0	0
6	Testour	TS	Beja	20	20	0	0	0
7	Slouguia	SL	Beja	30	30	0	0	0
8	Mejez El Bab	MB	Beja	40	7	20	7	6
9	Mouatisse- El Herri	EH	Beja	20	20	0	0	0
10	Tebourba	TB	Manouba	20	9	8	2	1
11	Jedeida	JD	Manouba	20	10	9	1	0
12	El Battane	EB	Manouba	20	15	5	0	0
13	Chaouat - Sidi Thabet	CS	Manouba - Ariana	20	20	0	0	0
	Total			300	179	89	22	10

(b) Les crues graves

Chaque personne interrogée a été questionnée à propos des plus graves crues. Dans la zone en amont comme Jendouba, les personnes ont répondu que les crues graves sont celles de 1973 et 2000 et sont presque les mêmes. D'autre part, à l'aval de Bou Salem sauf à Slouguia, toutes les municipalités ont répondu que la crue de 2003 était la plus sévère. Comme mentionné auparavant, les crues de 1973 et 2003 étaient les événements

exceptionnels en termes de quantité des précipitations et de volume des eaux de ruissellement du bassin versant.

Expérience des crues les plus graves

Fermiers/Agriculteurs

N°	Code	Réponses quant aux crues les plus critiques			Total
		1973	2000	2003	
1	NB	0	1	3	4
2	JN	9	9	1	19
3	BS	3	0	7	10
4	SI	0	0	10	10
5	ZA	0	0	5	5
6	TS	4	0	16	20
7	SL	21	0	9	30
8	MB	3	0	4	7
9	EH	3	0	17	20
10	TB	5	0	4	9
11	JD	6	0	4	10
12	EB	10	0	5	15
13	CS	6	0	14	20
Total		70 39%	10 6%	99 55%	179 100%

Résidents

N°	Code	Réponses quant aux crues les plus critiques			Total
		1973	2000	2003	
1	NB	0	0	11	11
2	JN	8	7	1	16
3	BS	2	0	18	20
4	SI	-	-	-	0
5	ZA	-	-	-	0
6	TS	-	-	-	0
7	SL	-	-	-	0
8	MB	7	0	13	20
9	EH	-	-	-	0
10	TB	3	0	5	8
11	JD	1	0	8	9
12	EB	1	0	4	5
13	CS	-	-	-	0
Total		22 25%	7 8%	60 67%	89 100%

Boutiques/Commerçants

N°	Code	Réponses quant aux crues les plus critiques			Total
		1973	2000	2003	
2	JN	0	2	2	4
3	BS	0	0	8	8
8	MB	0	0	7	7
10	TB	0	0	2	2
11	JD	0	0	1	1
Total		0	2	20	22

Industriels

N°	Code	Réponses quant aux crues les plus critiques			Total
		1973	2000	2003	
2	JN	0	1	0	1
3	BS	0	0	2	2
8	MB	0	0	6	6
10	TB	0	0	1	1
Total		0	1	9	10

(c) Les leçons retenues et les mesures de protection contre les crues

Plus de 70% des personnes dans l'ensemble ont montré leur sentiment négatif (concerne les efforts de secours de soin), après les dernières crues dévastatrices. En relation avec cette question, la plupart des gens ont révélé leur peur de la souffrance de la perte et les dommages même si l'ampleur des crues qui se produisent et de frapper leurs propriétés dans le futur. Il peut être confirmé par l'intermédiaire de leurs commentaires dans les enseignements tirés.

Les réponses à la question sur la connaissance des structures existantes de gestion des crues (digues et de canaux, etc.) à proximité de leurs propriétés ont montré que 70 à 90% ne les connaissant pas. En outre, en ce qui concerne la question des plus importantes mesures de protection contre les crues, de la "construction de la structure des mesures" et de "système d'alerte précoce" actions 80 à 90% dans l'ensemble. La part du "bon enseignement", "personnel d'appui" et "évacuation d'assistance" a été plutôt modeste. Il est intéressant de noter que la réponse a une tendance tout à fait remarquable dans les municipalités comme suit:

Relation entre les Mesures nécessaires de protection contre les crues et les Municipalités

Les mesures les plus importantes de protection contre les crues (parmi cinq catégories)	Les Municipalités qui ont répondu comme la plus importante mesure de protection contre les crues
Construction de mesures structurelles	Nebeur, Bou Salem, Mejez El Bab, El Herri
Installation d'un système d'alerte précoce	Jendouba, Sidi Ismail, Testour, Slougua, Tebourba, Jedeida, El Battane

5.2.2 Existantes des mesures de lutte contre les crues

Les mesures actuelles de gestion des crues dans le bassin de l'Oued Mejerda sont principalement les barrages et les réservoirs, car l'ampleur des crues en termes de la période de pointe du débit et le volume de ruissellement sont assez énormes. En fait, les barrages de Mellegue et Sidi Salem ont pour fonction essentielle de l'atténuation des risques de crue à l'aval. Par conséquent, le système d'amélioration de la digue fluviale a été installé de la façon minimaliste et donc sa capacité est limitée pour une courte durée et son étendue est aussi limitée dans le bassin, pour l'instant.

En dehors de la grande échelle de barrages, le déversoir mobile à Henchir Tobias a pour rôle essentiel de contrôler le débit au cours inférieur de l'Oued Mejerda et celui au cours de crues (chemin descrués) vers la mer. Ce chemin de crues (floodway) a été achevé avant 1950. Après sa construction, le canal d'origine de la Mejerda était couvert par la protection concrète de talus et considérablement réduit sa largeur.

5.3 Exploitation des réservoirs

5.3.1 Actualité de barrages et de réservoirs du bassin de l'oued de Mejerda

Actuellement, huit (8) barrages fonctionnent dans le bassin hydrographique de la Mejerda, à l'exclusion du seuil de Laroussia, qui est le seul grand débit dérivé des eaux de l'Oued Mejerda pour le Canal Mejerda Cap Bon et vers l'ancien canal. En outre, actuellement il y a six barrages en phases de construction ou de projet dans le bassin. Donc, au total 14 barrages sont pris en compte dans l'analyse de la maîtrise des crues, qui sont résumées ci-après.

Réservoirs dans le bassin de l'Oued Mejerda

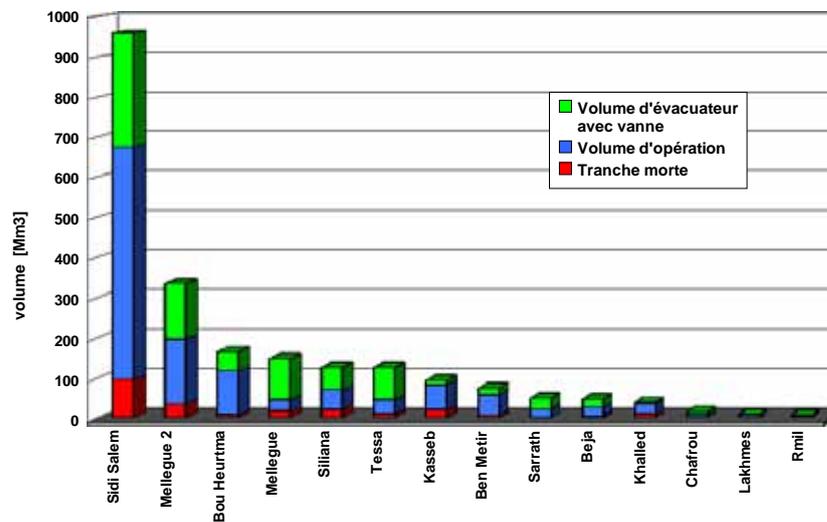
Nom du barrage	Bassin versant (km ²)	Cote normale de retenue		Niveau des plus hautes eaux		
		Cote normale de retenue (m)	Capacité total réelle (Mm ³)	Niveau des plus hautes eaux (m)	Volume total au PHE (Mm ³)	Volume d'évacuation avec vanne (Mm ³)
Sidi Salem*	18 191	115,00	674,0	119,50	959,5	285,5
Mellegue 2	10 100	295,00	195,0	304,00	334,0	139,0
Bou Heurtma*	390	221,00	117,5	226,00	164,0	46,5
Mellegue*	10 309	260,00	44,4	269,00	147,5	103,1
Siliana*	1 040	388,50	70,0	395,50	125,1	55,1
Tessa	1 420	361,00	44,4	369,00	125,0	80,6
Kasseb*	101	292,00	81,9	294,40	92,6	10,7
Ben Metir*	103	435,10	57,2	440,00	73,4	16,2
Sarrath	1 850	546,00	21,0	552,00	48,5	27,6
Beja	72	230,00	26,4	234,00	46,0	19,6
Khalled	303	207,00	34,0	213,60	37,0	3,0
Chafrou	217	49,00	7,0	51,00	14,0	7,0
Lakhmes*	127	517,00	7,2	521,20	8,4	1,2
Rmil*	232	285,00	4,0	288,00	6,0	2,0

Notes: * existant, Source: MARH,

Le tableau ci-dessus compile la côte normale de retenue du réservoir de projet et le volume total du débit correspondant à ce premier ; et le niveau des plus hautes eaux de projet et le volume d'évacuateur avec vanne (le volume de retenue réservée pour la régulation des crues). La plus grande partie du stock réservé pour la maîtrise des crues de projet, à savoir 729 Mm³ (soit l'équivalent de 91,4%), est garanti dans les réservoirs en amont du barrage de Sidi Salem.

5.3.2 Capacité des réservoirs efficaces pour une régulation efficace des crues

Les volumes des différents réservoirs, ainsi que la répartition des volumes de retenue de tranche morte ne peuvent pas servir pour tout usage, le volume d'opération, le volume de l'approvisionnement en eau et le volume destiné pour la maîtrise des crues sont également présentés ci-dessous.



Les volumes de stockage des réservoirs dans Le bassin de l'Oued Mejerda

Le plus grand réservoir dans le bassin de l'Oued Majerda est le réservoir de Sidi Salem avec un volume total de 960 Mm³ à la côte des plus hautes eaux (PHE). À la lumière de sa capacité initiale de régulation des crues est de 286 Mm³, il est également le plus important du point de vue de la maîtrise des crues.

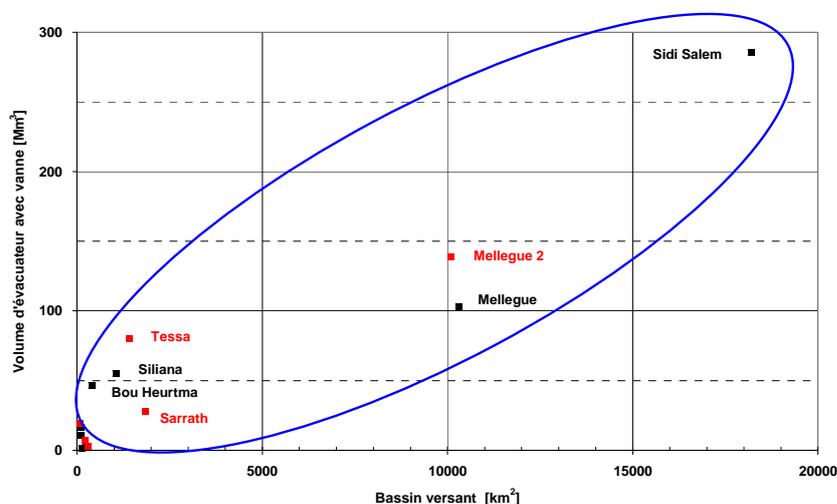
(1) Sélection des réservoirs importants efficace pour la maîtrise des crues

Vu que les tailles et les objectifs des réservoirs dans le bassin de Mejerda diffèrent sensiblement, l'efficacité de leur fonction de protection contre les crues a été évaluée en fonction des éléments suivants qui sont étroitement liés à la lutte contre les crues:

- Le volume du réservoir pour la maîtrise des crues
- Les Bassins versants en amont du réservoir et
- des structures de barrages efficaces pour la maîtrise des crues (un évacuateur vanné équipé de vannes, organes de restitution de fonds points de vente bas, etc...)

L'utilisation de ces éléments, tous les réservoirs dans le bassin fluvial de l'Oued Majerda ont été tracés dans un diagramme, comme indiqué ci-dessous. Les plus importants des

réservoirs d'un point de vue de la maîtrise des crues sont situés dans le coin supérieur droit du graphique, et les réservoirs qui ne peuvent pas influencer sensiblement la maîtrise des crues dans le bassin sont situés dans le coin inférieur gauche de ce diagramme.



Le volume de régulation des crues dans le bassin de l'Oued Mejerda

Selon le schéma ci-dessus, sept réservoirs ont été sélectionnés aux fins d'analyse et d'évaluation de fonctionnement des réservoirs pendant les crues, qui sont 4 réservoirs existants : Il s'agit de Sidi Salem, Mellegue, Bou Heurtma et Siliana, deux réservoirs planifiés: (Mellegue 2, Tessa) et un réservoir en cours de construction (Sarrat). Au total, le stock destiné pour la maîtrise des crues de ces 7 réservoirs représente à peu près 91 à 95% du stock total alloué à la maîtrise des crues de tous les réservoirs du bassin de la Mejerda et de ses affluents jusqu'à l'horizon cible 2030..

(2) Exploitation actuelle des réservoirs pendant les crues

Grâce à l'examen des dossiers historiques de l'exploitation des barrages, il peut être mentionné que le niveau d'eau maximal dans le passé, dans la plupart des barrages existants, n'a jamais atteint le niveau des plus hautes eaux de conception. Cela signifie que les stocks de conception destinés pour la maîtrise des crues n'ont pas été totalement utilisés, même pendant les dernières crues sévères (par exemple, crues de 2003).

Selon les enregistrements de l'exploitation, seulement 13% du stock global destiné à la maîtrise des crues de projet au réservoir de Siliana ont été utilisés pour la régulation des crues en décembre 2003 et environ 18% du stock destiné à la régulation des crues au réservoir de Bou Heurtma en janvier 2003. Les deux barrages sont équipés avec des évacuateurs non contrôlés seulement et sont conçus pour l'amortissement des crues. Au barrage de Sidi Salem, il y a 2 évacuateurs: l'évacuateur principal sert pour la régulation des crues avec 3 vannes, et le deuxième non contrôlé (l'évacuateur en tulipe). En janvier 2003, la majeure partie (55%) du stock destiné pour la maîtrise des crues a été utilisé.

D'autre part, il n'existe qu'un évacuateur avec vanne mis en oeuvre pour le barrage de Mellegue et c'est la raison pour laquelle tous les débits sortants (évacuateur, vidange de

fond, etc.) peuvent être efficacement contrôlés pendant les crues. Presque tous le stock de conception pour la maîtrise des crues ($98.6 \text{ Mm}^3 = 96\%$ de la maîtrise des crues de projet) a été utilisé efficacement pour la diminution des niveaux de pointe de débits en décembre 2003.

De cette analyse, on pourrait dire qu'au moins, près de la moitié du stock de conception des crues de projet dans le bassin de l'oued Mejerda est prévu pour être utilisé pour l'amortissement des crues devrait être utilisée pour la lutte contre les crues, bien que ceci dépend de l'amplitude des crues, des distributions spatiales et temporelles des crues et d'autres facteurs.

5.4 Gestion du canal de l'oued

5.4.1 Procédés morphologiques et entretien de l'oued

L'oued Mejerda et ses affluents sont des oueds alluvionnaires typiques assujettis à de grandes quantités de sédiments. Les processus morphologiques actifs (érosion de rives, éboulements de rives, etc.) sont typiques surtout sur les cours amont et moyen de l'Oued (voir la photo suivante). L'essentiel des sédiments provient du domaine appartenant à la crête montagneuse de l'Est Atlasique. En d'autres termes, il est amené sur l'Oued Mejerda depuis les affluents du côté droit, principalement de l'Oued Mellegue et de l'Oued Tessa.



Rive de dépôt et de sédimentation près de Testour

La construction de barrages dans les bassins fluviaux de l'Oued Mejerda, en particulier le barrage de Sidi Salem en 1981, a influé de façon significative les régimes d'écoulement de crues et les valeurs maximales des débits au moment où les crues atteignent l'aval. Par exemple, le débit maximal enregistré au barrage de Sidi Salem en 2003 était $750 \text{ m}^3/\text{s}$ alors qu'en 1973, en l'absence du barrage, ce débit a atteint $3.500 \text{ m}^3/\text{s}$ au cours moyen de l'Oued Mejerda. Le débit de débordement est notablement réduit, il en va de même pour l'évolution des risques de crues et pour les changements avec l'alluvionnement du lit de l'Oued.

Tout au long des études des tronçons situés entre le barrage de Sidi Salem et le barrage Laroussia, les sections ont considérablement changé au cours des sept années entre 1996 et 2003. Du barrage de Sidi Salem à la zone en méandre de Mouatisse, il est noté que l'augmentation des charges des sédiments en chenal en sept ans a causé des alluvionnements importants des lits des oueds. Ce phénomène peut être en partie attribué à l'exploitation du barrage de Sidi Salem résultant de la diminution du débit des lâchers et des pics des crues dans les oueds en aval causant des dépôts de sédiments.

Compte tenu de la baisse moyenne à long terme des vitesses d'écoulement suite à la

construction du barrage, une agriculture intensive (engrais et d'autres éléments nutritifs dans les oueds) a engendré des croissances importantes de la végétation (particulièrement « Tamarix ») dans le canal d'écoulement et aussi directement dans le lit de l'Oued, comme le montre la photo suivante, sans opérations de maintenance appropriées dans les canaux des oueds.



La végétation dans le cours de l'Oued Bou Heurtma (Bou Salem)

5.4.2 Diminution de la capacité de débit du canal de l'oued

Les dépôts de sédiments, en raison de lâchers fréquents de petits débits, les résultats en baisse substantielle de la section transversale de débit, et, en conséquence, la réduction du débit des cours d'eau, comme il est mentionné précédemment.

En plus, le débit total à la zone traversant la structure de l'Oued comme un pont, est généralement plus faible, si on le compare avec d'autres biefs. En d'autres termes, un tel pont est habituellement une forme d'obstacles, provoquant l'augmentation du niveau d'eau en amont jusqu'à plusieurs kilomètres de long en amont. À titre d'exemple, il est mentionné que les ponts d'El Battan et le pont Mouradià Mezez El Bab (voir la photo suivante) ont affecté les caractéristiques de l'écoulement dues principalement au grand nombre de piliers. La diminution de l'aire de la section transversale des écoulements génère plus fréquemment, lors des crues, des débordements catastrophiques.



Pont historique Mouradi de Mezez El Bab

5.5 Préservation du bassin

5.5.1 Problèmes avec la préservation du bassin

L'érosion du sol de surface résultant de la destruction des terres due aux activités agricoles et des pâturages, a causé non seulement une déclinaison de la productivité des cultures à long terme, mais également une sédimentation préjudiciable des réservoirs parallèlement à la progression de la dégradation des ressources naturelles en Tunisie. Par

conséquent, il est urgent de préparer une nouvelle stratégie nationale pour les secteurs liés à la gestion des ressources naturelles, telles que "l'utilisation efficace des ressources en eau", "des forêts et des pâturages" et "l'eau et la conservation des sols", pendant la période de 2002 à 2011 inscrits dans le dixième et onzième plans de développement nationaux.

Dans une telle situation, les remarques suivantes méritent d'être soulignées dans le bassin de la Mejerda.

(1) Dans la région du nord-ouest, où les gouvernorats de Beja et de Jendouba sont situés, en plus de la déforestation résultant de la mise en valeur des terres pour l'expansion de l'agriculture, la déforestation et l'adoption des pâturages désordonnée à travers la production du charbon pour les usages domestiques et commerciaux illégaux a conduit à l'accélération de la surface de l'érosion des sols et la destruction de la végétation.

(2) Dans les zones sud des gouvernorats du Kef et de Siliana, une mécanisation à grande échelle des terres agricoles et des petites terres cultivées par les paysans coexistent, et la plupart des paysans cultivent les céréales sur des terrains de pentes raides. Les terres en pente cultivées sont contraintes d'être vulnérables à l'érosion hydraulique et sont finalement soumises à de graves ravinelements.

5.5.2 Apports solides dans le bassin

Afin d'appréhender quantitativement la progression de l'érosion dans le bassin hydrographique de Mejerda, les apports en sédiments dans plusieurs sous bassins sont examinés tout en se basant sur les données d'envasement de sept (7) barrages étudiées dans le rapport : "Le Transport Solide des Oueds en Tunisie, Avril 2001 ". Ces barrages sont les barrages de Sidi Salem, Mellegue, Bou Heurtma, Ben Metir, Kasseb, Lakhmes, et Siliana, qui ont des données sur les volumes de sédiments régulièrement mesurées dans les réservoirs. Leurs emplacements sont indiqués sur la **figure 5.5.1**.

Les résultats de calcul des apports solides (comme les taux d'érosion) dans les sous-bassins aux 7 barrages sont établis comme indiqués au **tableau 5.5.1** et résumés ci-après:

	Barrage	Bassin versant (km²)	Taux d'érosion (mm/yr)
1	Sidi Salem	18,191	0.2
2	Mellegue	10,309	0.2
3	Bou Heurtma	390	0.2
5	Ben Metir	103	0.8
6	Kasseb	101	1.0
7	Lekhmes	127	0.2
8	Siliana	1,040	0.4

5.5.3 Corrélation entre les apports en sédiments et les conditions du bassin

La corrélation entre les apports solides et les conditions du bassin est examinée en sélectionnant trois conditions du bassin, telles que la répartition de la pente superficielle du terrain, l'usage du sol et l'érosion des berges des oueds. C'est parce que les données sur

ces conditions sont déjà disponibles dans la présente étude.

Il est à noter que les bassins des barrages de Sidi Salem et de Mellegue sont exclus de cette analyse afin de clarifier la corrélation avec les apports solides de la pente superficielle dans le terrain et également avec l'usage du sol, puisque l'on estime que les bassins versants de grandes tailles ne seraient pas appropriés pour avoir des résultats d'étude précis.

(1) Les apports solides et la pente superficielle du terrain

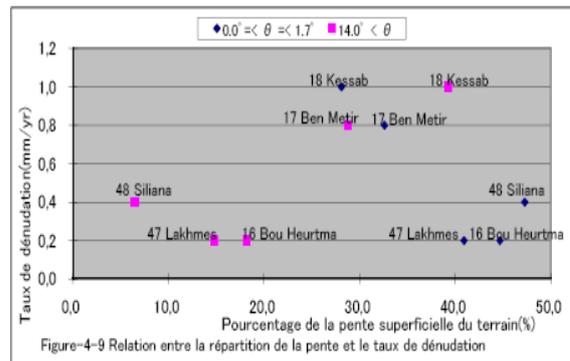
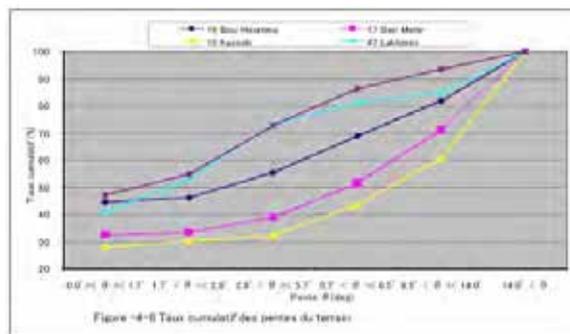
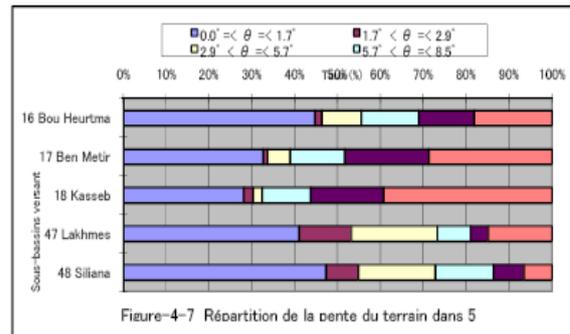
La répartition de la pente superficielle du terrain dans les sous-bassins de 5 barrages basés sur des données SIG (Système d'Information Géographique) est, comme indiqué dans la figure la plus haute et celle au milieu de cette page. A partir de ces deux figures, on peut déduire les résultats suivants :

(a) La tendance dans la répartition de la pente superficielle du terrain dans le bassin de trois barrages, à savoir les barrages de Bou Heurtma, Ben Metir et Kasseb situés dans le nord de l'Oued Mejerda, est différente de celle dans les bassins de deux barrages de Lakhmes et de Silian dans le sud de l'Oued Mejerda. En d'autres termes, les bassins, dans le nord révèlent une tendance particulière, soit le pourcentage de sa pente superficielle du sol à être plus élevé, tandis que celui de la pente douce est plus élevé dans les bassins sud.

(b) La figure présente la corrélation entre le taux de l'érosion et le pourcentage des terrains ayant des pentes inférieures à 1,7° et plus de 14,0°. Il existe une tendance présentée dans la figure comme suit : Plus le pourcentage de terrains avec des pentes de moins de 1,7° y est, plus le taux de l'érosion est, et au contraire plus élevé est le pourcentage de terres avec des pentes supérieures à 14,0°, plus le taux est de l'érosion, ce qui signifie que le taux de l'érosion dans le bassin ayant un plus fort pourcentage de pente superficielle tend à devenir plus élevé.

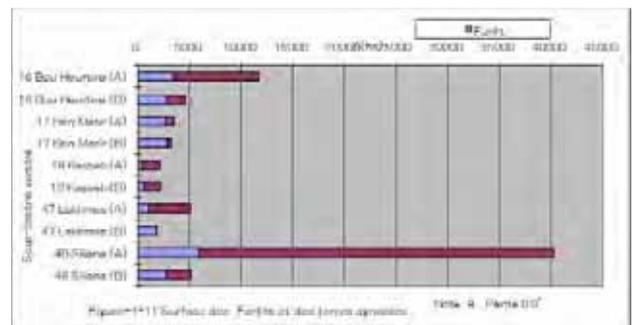
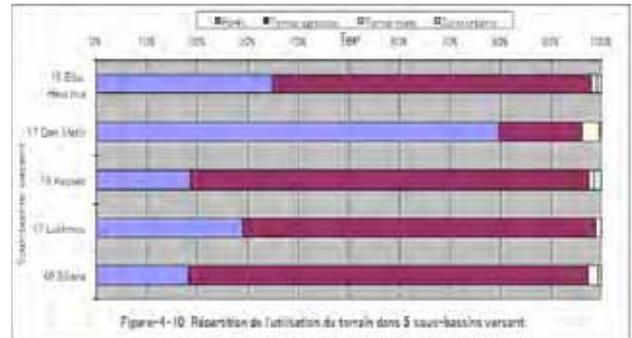
(2) Les apports solides et l'utilisation des terres

La partie supérieure de la figure montre la répartition des ratios de l'utilisation des terres,



qui sont classées en quatre catégories de terres forestières, les terres agricoles, des terres nues et zone urbanisée. Comme il est illustré dans la figure, quatre vingt quinze pour cent du bassin versant est occupé à chaque barrage de la forêt et des terres agricoles. Les zones de forêts et de terres agricoles à la surface des pentes de moins de $1,7^\circ$ et plus de $14,0^\circ$ sont indiquées dans le bas chiffre, qui manifeste le suivant.

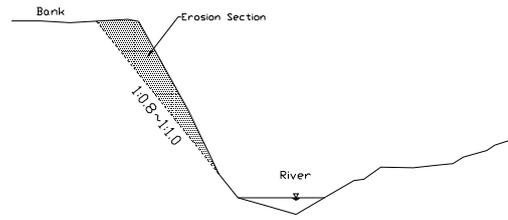
- (a) En comparant les bassins des barrages de Ben Metir et de Kasseb dans le nord l'oued de la Mejerda, le bassin de Kasseb a plus de terres agricoles dans les zones où $\theta > 14,0^\circ$ que celles du barrage de Ben Metir et un plus haut taux de l'érosion 1.0 (en mm / an) de 0,8 (en mm / an) du barrage de Ben Metir. En outre, en comparaison des taux de l'érosion de 0,2 (en mm / an) et 0,4 (m / a) respectivement dans les bassins des barrages de Lakhmes et Siliana barrages, le bassin avec un pourcentage plus élevé de terres agricoles dans les zones $14.0^\circ < \theta$ possède un taux plus élevé de l'érosion. Les résultats laissent penser que certaines mesures pour lutter contre l'érosion sont à prendre en compte dans le cas où les terres à pente raide sont utilisées comme terres agricoles.



- (b) Bien que la plus grande partie du bassin de Ben Metir est occupée par des terres forestières, le bassin a une plus grande l'érosion de 0,8 (en mm / an), comparée à 0,2 (en mm / an) du bassin de Bou Heurtma où plutôt de larges zones sont utilisées comme terres agricoles. Cela donne à penser que certaines mesures pour lutter contre l'érosion doivent être prises en considération même dans le cas des terres forestières, si la faible couche de végétation étendue à proximité de ces terres forestières, le sol est stérile.
- (c) Pour les cas des bassins de Lakhmes et Siliana, les deux sont pour la plupart exploités en tant que terrains agricoles dans la zone avec la pente $\theta < 1,7^\circ$. Toutefois, le bassin de Siliana, dans lequel la terre est largement cultivée dans la zone avec la pente $\theta < 1,7^\circ$, est affecté de grand taux d'érosion de 0,4 mm/an, plus élevé que celui du bassin de Lakhmes, soit de 0,2 mm/an. Il est alors considéré que certaines mesures doivent être prises pour lutter contre l'érosion également dans le cas des terres agricoles si les zones n'ayant que de pente modérée.

(3) Impact de l'érosion des berges sur les apports solides

L'érosion des berges, en particulier, durant les crues, affecte également les apports solides à certain degré. Dans le domaine de reconnaissance du bassin fluvial de Mejerda, il a été constaté qu'au cours de l'examen oculaire dans la plupart des tronçons du cours principal de l'Oued Mejerda et de ses affluents, les matériaux des berges sont des sols limoneux et argileux, et donc l'estimation du volume de sédiments en raison de l'érosion des berges est faite par l'application de 1:08 à 1:1.0 comme pentes stables pente des berges. En d'autres termes, la quantité de sédiments produite dans l'Oued est calculée en prenant comme hypothèse les parties au-dessus de la pente stable perdrait la stabilité et / ou serait érodés, comme l'illustre la figure à droite.



Sur la base de l'hypothèse ci-dessus, la quantité totale du volume des sédiments produits dans l'Oued est estimée à 0,314 Mm³ (= 0,19 Mm³ du courant principal + 0,124 Mm³ du débit sortant du courant principal vers les 7 affluents) et le volume de sédiments est comparé à l'alluvionnement dans les retenues au Barrage de Sidi Salem, tel que répertorié ci-dessous:

Date de la campagne sur les apports solides au du Barrage de Sidi Salem	Juin 1987	Août 1989	Mars 1991	Oct. 1998
Volume de sédiments dans le réservoir de Sidi Salem (Mm ³)	30,6	47,0	52,0	87,5
Période de sédimentation à Sidi Salem: A (année)	6,0	8,0	10,0	17,0
Le volume annuel de sédiments à Sidi Salem: B (Mm ³ /année)	5,1	5,9	5,2	5,1
Le volume annuel de sédiments de la digue (Mm ³ /année) (C)*	0,052	0,039	0,031	0,018
Taux (= C/B×100) (%)	1,0	0,7	0,6	0,4

Note: C = 0.314 (Mm³)/A (année)

Le ratio (= C / B) dans le tableau ci-dessus montre le pourcentage de sédiments, en raison de l'érosion des berges, des sédiments piégés dans le réservoir de Sidi Salem, dans l'hypothèse où le montant total des sédiments de 0,314 Mm³ à partir de la rive est Produites dans chaque période (année).

Comme le montre le tableau, les ratios sont aussi petits que moins de 1%, ce qui signifie que l'impact des sédiments en raison de l'érosion sur la sédimentation dans le réservoir de Sidi Salem serait plutôt modeste. Par conséquent, les mesures sont considérées comme étant plus importantes de minimiser les apports solides dues à la pluie et l'érosion dans le bassin.

5.5.4 Lutte contre l'érosion pour la préservation du bassin

En tenant compte des résultats obtenus à travers l'analyse sus mentionnée des apports solides dans les bassins de drainage à plusieurs barrages, certaines mesures doivent être prises pour les terrains classés en forêt et des terres agricoles afin de contrôler l'érosion des terres visant à la préservation des bassins.

- (1) Le pourcentage élevé de terres avec de fortes pentes qu'un bassin possède, plus les taux plus élevés de l'érosion dans le bassin y est.
- (2) Il est nécessaire de prendre certaines mesures pour lutter contre l'érosion dans l'utilisation des terres des zones suivantes:
 - Les terres agricoles raides, et même avec des pentes modérées,
 - Les terres forestières où la faible couche de végétation s'étendant sur et à proximité, du sol est de qualité médiocre.

5.6 Prévision et alerte des crues

5.6.1 Généralités

En termes de prévision des crues et d'alerte (FFWS) dans le bassin fluvial de Majerda, une installation de système de télémétrie a été mise au point grâce à l'assistance technique et financière de l'AFD (l'Agence française de Développement) dans le programme de PISEAU (Projet d'« Investissement du Secteur de l'Eau »), car ce bassin est endommagé par de grandes crues en 2003.

L'installation du nouveau système de télémétrie a été achevée à 75 stations dans l'ensemble du territoire de la Tunisie en Août 2007 et l'opération expérimentale a déjà démarré. Sur les 75 stations, 56 existent dans le bassin hydrographique de la Mejerda.

Le diagramme de la coordination et de notification du FFWS est illustré à la **figure 5.6.1**. Les principaux organismes concernés par la prévision des crues sont DGRE (Direction Générale des Ressources en Eau), DGBGTH (Direction Générale des Barrages et des Grands Travaux Hydrauliques), IRESA (Institution de la Recherche et de l'Enseignement Supérieur Agricole) et CRDA(s) (Commissariat Régional au Développement Agricole), qui sont organisées sous l'autorité du MARH. Aussi, les principaux organismes concernés par le système d'alerte sont les administrations régionales de la protection civile, la sécurité nationale, la Garde nationale, la police, qui sont sous l'autorité du Ministère de l'Intérieur.

5.6.2 Situation actuelle et questions identifiées

Le présent système de prévision (FFWS) dans le bassin de l'oued Mejerda est largement divisé en 4 sous-bassins suivants ;

- système d'observation
- système de transmission de données
- système d'analyse
- système de diffusion d'alerte

et leurs situations sont explicitées ci-dessous :

(1) Système d'observation

La DGRE est responsable de l'observation et de la gestion des données de précipitations et des apports au niveau des stations de jaugeages en coopération avec les bureaux du CRDA (Commissariat Régional au Développement Agricole).

Il y a 56 stations dans le bassin de Mejerda, y compris 18 stations pluviométriques, 18 stations de mesure des niveaux d'eau et 20 stations pluviométriques et de mesure des

niveau d'eau. Sur les 56 stations, 8 stations sont situées au site des barrages.

En termes de système d'observation, les questions suivantes ont été identifiées:

- i) Pas de manuel d'exploitation du système de télémétrie établi au préalable.
- ii) Les piézomètres utilisés dans la plupart des stations de jaugeage de mesure du niveau d'eau, sont susceptibles d'être touchés par les crues. Compte tenu de la fiabilité des données d'observation, le radar de type un est recommandé même si son coût est supérieur au piézomètres.
- iii) La zone d'observation est actuellement limitée au territoire tunisien. À l'avenir, il est préférable d'obtenir des données de précipitations en amont de la zone en Algérie par le biais de mesure par satellite tels que le GEOSS (Global Earth Observation System).

(2) Système de transmission de données

Les données observées sur les stations de jaugeage sont automatiquement transmises au centre d'appel à la DGRE via le réseau système GSM comme illustré à la **figure 5.6.1**. Ces données sont stockées dans la base de données gérée par l'IRESA, qui est une institution de recherche de MARH et est responsable de la gestion des données et la gestion de la sécurité dans le système de télémétrie sur instruction de la DGRE.

En termes de système de transmission de données, les questions suivantes ont été identifiées:

- i) Parfois, les données observées ne sont pas correctement transmises au centre d'appel en raison du mauvais fonctionnement du système de télécommunication GSM.
- ii) La vitesse d'accès à AGRINET est trop lente pour obtenir des données pour l'analyse en temps voulu.

(3) Système d'analyse

Dans les conditions des crues, l'hydrogramme prévision est fait en collaboration par DGRE et DGBGTH. Ils prévoient les hydrogrammes des flux d'entrée dans chaque barrage sur la base des décharges au niveau des stations situées dans le cours amont de l'oued en utilisant le tableur MS-Excel. Actuellement, il n'existe pas de système d'analyse des eaux de ruissellement, élaboré à partir des données de précipitations.

Dans le système de télémétrie, un niveau d'alerte et un niveau de débordement ont été fixés. Une fois que le niveau d'eau atteint la cote d'alerte, un message d'alerte est automatiquement envoyé aux téléphones mobiles de pré-sélectionnés personnes en charge, qui le plus souvent appartiennent à DGRE ou DGBGTH, par SMS (Short Message Service), afin d'engager des actions contre les crues.

Toutefois, le niveau d'alerte et celui de débordement ont été fournis par les essais et erreurs, et ces niveaux ne correspondent pas aux altitudes.

Le volume du débit entrant et l'hydrogramme établis à chaque barrage sous les conditions de crues sont estimés par la DGBGTH. Chaque site de barrage calcule le débit sortant à part, en fonction de l'information donnée par la DGBGTH.

En termes d'analyse de système, les questions suivantes ont été identifiées:

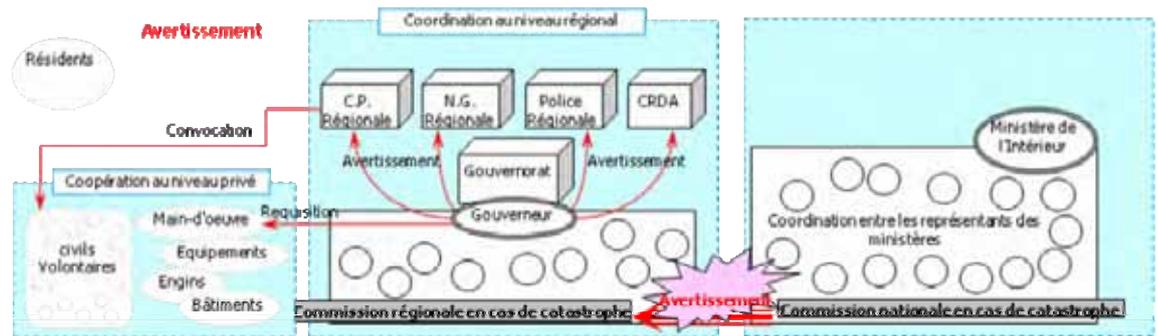
- i) Pas de système fiable d'analyse des ruissellements établi jusqu'à maintenant.
 - ii) L'étalonnage de l'alerte et des niveaux de débordement respectifs des stations sont encore au stade d'essais et d'erreurs.
 - iii) Pas de modèle d'analyse des crues élaborée.
 - iv) le fonctionnement coordonné des barrages n'est pas encore mis en place.
- (4) Système de diffusion d'alerte

Il y a trois étapes à diffuser l'avertissement des crues par le gouvernement central vers les destinations terminales, à savoir les habitants vivant à proximité de l'Oued.

Dans un premier temps, comme le montre la figure ci-après, la Commission nationale de prévention des catastrophes présidée par le ministre de l'intérieur annonce un avertissement des crues au gouverneur, le président de la Commission régionale de prévention des catastrophes.

Dans la deuxième étape, le gouverneur transmet l'alerte aux organismes concernés à l'échelle régionale, à savoir la protection civile, la Garde nationale, la Police et le CRDA.

Dans la troisième étape, les services régionaux de la protection civile annoncent la mise en garde aux habitants grâce à des patrouilles autour des zones riveraines des oueds ou visiter directement les habitants des maisons pour les conseiller à évacuer les lieux.



Source: Entrevues avec MARH

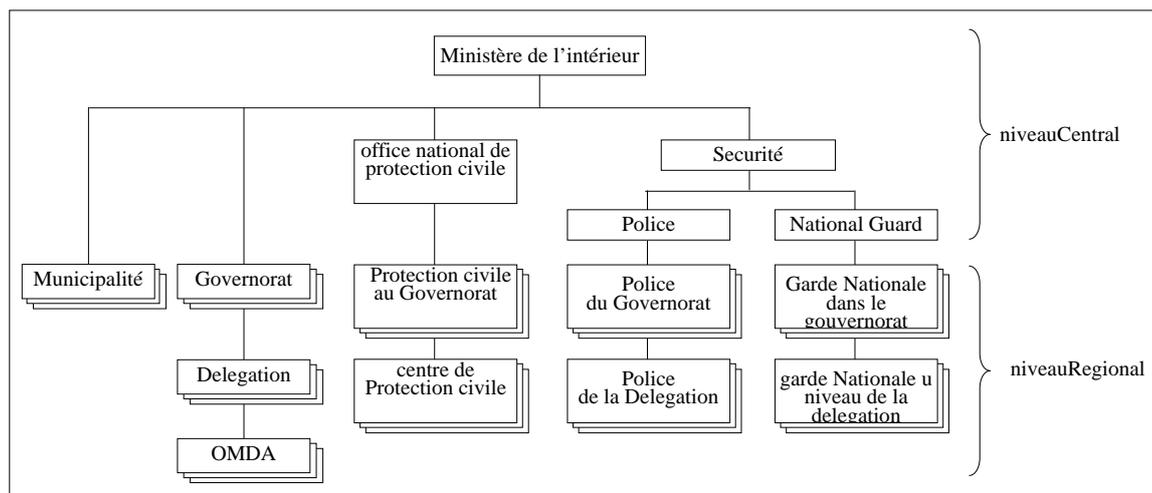
Système de diffusion de l'Alerte

En termes de système de diffusion d'alerte, les questions suivantes ont été identifiées:

- i) certains habitants n'ont jamais été avisés d'alerte catastrophique, ou bien le temps que l'incident catastrophique se passe, parce que la diffusion d'alerte n'arrive pas suffisamment en temps opportun aux habitants.
- ii) Une alerte de lâcher du barrage n'est pas transmise aux citoyens à l'aval.

5.7 Évacuation et lutte contre les crues

Les services régionaux de la protection civile sont responsables de l'évacuation et des activités de lutte contre les crues, en coopération avec la Gendarmerie nationale, la police et les militaires à l'échelle régionale. Ces agences appartiennent au ministère de l'Intérieur comme l'illustre la figure ci-dessous, et les militaires relèvent du Ministère de la Défense nationale.



Source: Entrevues avec MARH

Agences/Organismes pour la lutte contre les crues

Selon les entretiens avec les habitants qui vivent autour des zones des crues, certains habitants évacuent par leurs propres grés, mais pas par l'instruction de la protection civile, parce que l'information ne leur parvient pas à temps.

Même les habitants qui bénéficient d'une instruction par la protection civile ont quelques difficultés lors de l'évacuation car ils n'ont pas de moyens pour déplacer leurs biens.

De la protection civile est chargée d'activités de lutte contre les crues, en coopération avec la Garde nationale, la police et les militaires, comme le montre la photo:

Outre les services de la protection civile, les bénévoles civils soutiennent les activités de lutte contre les crues. Selon le décret No.2428 de 1999 sur la réglementation des droits civils volontaires et l'implication dans la gestion des catastrophes (le 1er novembre 1999), tout citoyen qui a subi avec succès un examen civil volontaire peut s'inscrire en tant que membre de civils volontaires. Ils sont convoqués par les services régionaux de la protection civile en cas de catastrophe.

En termes d'évacuation et les activités de lutte contre les crues, les questions suivantes ont été identifiées:

- i) Il n'est pas confirmé si l'évacuation est terminée ou non avant l'arrivée des crues.
- ii) Certaines habitants n'ont pas de moyens pour déplacer leurs biens et restent dans leur maison sans évacuation.
- iii) Les lieux d'évacuation sont limités.
- iv) Aucun plan d'évacuation et carte d'évacuation que les habitants peuvent facilement comprendre clairement n'ont été préparés.

5.8 Organisation et institution

5.8.1 Organisation actuelle et institution pour la GIRE

- (1) Structure organisationnelle et compétence du MARH
 - (a) Directions centrales du MARH

Le Ministère de l'Agriculture et des Ressources Hydrauliques (MARH) est chargé de la gestion de l'eau, conformément à l'article 2 de la mise à jour du décret N ° 2001-419 en date du 13 février 2001 (JORT¹). La structure organisationnelle du MARH est illustrée à la **figure 5.8.1**. Les fonctions du MARH sont gérées par ses différentes directions et départements dans le cadre juridique défini dans le décret N ° 2001-420 (13 février 2001, JORT), mis à jour régulièrement.

Les directions centrales, qui ont de vastes compétences dans le domaine de la gestion des ressources en eau sur le terrain, sont la Direction générale des barrages et des grands travaux hydrauliques (DGBGTH), Direction générale des ressources en eau (DGRE) et la Direction générale du Génie Rural et de l'Exploitation des Eaux (DGGREE). D'autre part, la Direction Générale de l'Aménagement et de la Conservation des Terres Agricoles (DGACTA) participe à l'évaluation des ressources naturelles et la préservation des aspects hydrologiques et hydrogéologiques et les aspects liés aux ressources en eau.

(b) Directions régionales du MARH

MARH est impliquée dans toutes les activités agricoles (autrement dit, les ressources naturelles, la production alimentaire, les domaines végétal et de la foresterie, aspect économique, etc.), mais il confie à des activités régionales de chaque gouvernorat (24 gouvernorats) par les services régionaux ou de district départements Dans le cadre de la politique de décentralisation tunisien. C'est la structure administrative et technique est dénommée comme le Commissariat Régional au Développement Agricole ou Département Régional de District du MARH (CRDA). Les Commissariats CRDA sont désignés par une loi, successivement mise à jour en mars 1989 (loi N ° 89-44, JORT), et en octobre 1992 et octobre 1994.

Chaque CRDA supervise les activités agricoles et leur promotion par des contraintes techniques, administratives, législatives, et les questions financières et de vulgarisation des nouvelles technologies agricoles renforçant le domaine régional lié. Le CRDA est chargé des services techniques et administratifs (de l'Arrondissement), qui sont les représentants de la direction centrale et de réaliser leurs tâches dans le plan régional.

(c) Les institutions supervisées par le MARH

La Société Nationale d'Exploitation et de Distribution des Eaux (SONEDE), créé par la loi N ° 68-33 (2 juillet 1968, JORT), est une institution autonome sous l'égide de l'autorité du MARH, et il assure à gérer l'eau domestique, les eaux industrielles et les autres types d'usage de l'eau (non agricoles) dans tout le pays. Organisé par plusieurs directions, la SONEDE est responsable de la gestion quantitative et qualitative de l'eau douce. Il a à sa charge de réaliser les réseaux d'exploitation, d'entretien, de transport (transfert et canalisation) des eaux, et de toutes les activités liées au secteur de l'eau domestique, y compris les traitements de l'eau pour maintenir les qualités normalisées (physiques, chimiques, biologiques et bactériologiques) et sa distribution équitable.

¹ JORT = Journal Officiel de la Tunisie

La Société d'Exploitation, du Canal et d'Adduction des Eaux du Nord (SECADENORD), créé par la loi N° 84-26 (du 14 mai 1984, JORT), possède son autonomie financière, sous l'autorité du MARH. Elle assure la gestion et l'entretien de la partie du réseau de transfert Nord-Ouest de l'eau: autrement dit, les eaux du nord, et du canal, à partir du barrage de Sidi Salem, la zone d'Ichkeul, et l'extrême nord-ouest pour des utilisateurs dans la région du Nord-Est, et du Centre du pays où il y a une pénurie d'eau douce.

(2) La législation des ressources en eau

(a) Code des eaux et GIRE (la Gestion intégrée des ressources en eau)

La Tunisie a axé sa politique sur la mobilisation de l'eau qui est conçue avec l'approche de régulation en volume inter-annuel et interinstitutionnels et avec le système de transfert des eaux entre les bassins et dans un même bassin. La Gestion intégrée des ressources en eau (GIRE) a été mise en œuvre comme instrument de la politique fondée sur le Code des Eaux (loi N ° 75-16 du 31 mars 1975).

Tous les textes législatifs concernant la gestion des ressources en eau réalisés au cours de la période de la colonisation française (1881 - 1956) ont été mis à jour comme le Code des Eaux en 1975, afin de déterminer les compétences de tous les opérateurs et les utilisateurs du secteur de l'eau, à préserver les ressources en eau et à Assurer la répartition équitable. Depuis 1975, le Code des Eaux a été continuellement mis à jour par la modification de certains textes législatifs et compléter de nouvelles en ce qui concerne le développement socio-économique, l'évolution de la demande en eau, et les questions environnementales nécessaires à la sauvegarde des ressources naturelles. La dernière mise à jour a été faite en novembre 2001.

(b) Commission nationale de l'eau

Le Code des Eaux attribue à la Commission nationale de l'eau (CNE), plusieurs compétences sur les ressources en eau dans le pays. Le CNE examine et évalue les questions générales liées à la planification et la gestion de l'eau. Le président du CNE est le Ministre de l'Agriculture et des ressources hydrauliques, et les membres sont composés de représentants des ministères liées à la gestion des ressources en eau: autrement dit, la justice, les affaires intérieures, les finances, les équipements, le développement et la coopération internationale, la santé publique, l'industrie énergétique, et la communication technologique (l'informatique), et les transports (Loi N ° 78-419 - 15 avril 1978). L'autorité régionale est associée lorsque le sujet discuté est lié à sa région.

5.8.2 Problèmes, besoins et contraintes en organisation et institution

(1) Problèmes et besoins en gestion de l'utilisation de l'eau

(b) Planification des lignes directrices et normes pour le plan directeur d'approvisionnement en eau

Toutes les actions d'atténuation de la sécheresse, entreprise avant 1999 en Tunisie, sont essentiellement caractérisées par des "mesures d'adaptation" qui sont liées à une intervention d'urgence. Cependant, ces actions sont rarement intégrées.

En 1999, la Tunisie a publié son premier guide de gestion de la sécheresse, nommé « Guide pratique de la gestion de la sécheresse en Tunisie » (Louati et al. 1999). Toutefois, cette directive couvre principalement les activités d'urgence pour sauver les agriculteurs et le bétail, les économies d'eau et le contrôle de l'offre et la fourniture d'eau potable par des citernes d'eau, ainsi que d'autres activités et la coordination entre les intervenants au cours des sécheresses consécutives. Il ne comprend pas les directives de planification ni de normes pour les bassins hydrographiques et les plans régionaux de l'approvisionnement en eau.

(b) Niveau de sécurité cible de l'utilisation de l'eau

La politique de gestion de la sécheresse du MARH préfère un haut niveau de sécurité de l'utilisation de l'eau (niveau de garantie de l'approvisionnement en eau). Toutefois, la directivité ne couvre pas de niveaux cibles de l'utilisation de l'eau à l'heure actuelle. Aucune planification spécifique du niveau de sécurité cible n'a été établie pour Eau 2000.

(2) Problèmes et besoins dans la lutte contre les crues de gestion

(a) Caractéristiques des crues dans la partie supérieure et inférieure de la Mejerda River

En Tunisie, les villes et les zones urbaines sont historiquement situées sur les collines au lieu de terres à plus faible altitude, les plaines inondables. Les personnes qui ont subi d'importantes crues sont identifiées à l'intérieur du domaine public hydraulique à proximité de ponts routiers (Ville de Jendouba, Ville de Bou Salem) et les confluences de l'ensemble de l'Oued Mejerda et de ses affluents (Bou Salem), en amont du barrage Sidi Salem. Ces citoyens ont commencé à construire leurs maisons illégalement à l'intérieur du domaine sur 10 ans en raison de l'accroissement de la population dans les zones urbaines. La plaine inondable n'est pas courante dans les zones en amont du barrage de Sidi Salem, mais une partie des terres agricoles a connu des inondations.

Une partie importante des plaines alluviales en aval du barrage de Sidi Salem est une zone sujette aux crues. Ces zones étaient en partie des terres agricoles à forte production découvertes dans le delta de l'Oued Mejerda pendant l'occupation française, et en partie des zones humides salées appelées 'Sebkhas'.

La zone de l'écoulement de l'Oued et les systèmes de drainage sont sérieusement réduits et entravés non seulement par les vieux ponts existants, mais aussi par l'expansion des systèmes de routes dans les zones rurales et les zones urbaines. En particulier, un certain nombre de débordements au niveau des ponts routiers. Un certain nombre de déconnection des systèmes de drainage existants par de nouveaux systèmes de routes dans les zones humides et les plaines inondables sont également signalés.

(b) Activités d'atténuation des crues par le MARH

Les crues dans les zones rurales et des terres agricoles ont été gérées par MARH et la Commission nationale tandis que les crues dans les zones urbaines ont été gérées par le

Ministère de l'équipement, de l'habitat et de l'aménagement du territoire (MEHAT). Le territoire administratif urbain et rural est clairement défini. L'atténuation des crues et les activités de protection sous tutelle du Ministère de l'Environnement et du développement durable sont principalement limitées à gérer l'excédent d'eau dû à des pluies d'orage à l'intérieur des villes.

(c) Renforcement du domaine public hydraulique

La définition, la conservation et la politique de l'eau dans le domaine public hydraulique sont définies dans le code de l'eau. Les articles de la section II - Lutte contre les crues du chapitre VII sont à la base des crues liées à la gestion du domaine public hydraulique. La loi définit la zone de l'Oued. Le Code des eaux définit le Ministère de l'Agriculture et des ressources hydrauliques comme étant l'Administrateur du domaine public hydraulique. Toutefois, le domaine public hydraulique à l'intérieur des zones urbaines, dans la pratique, est géré par les services régionaux du Ministère de l'Environnement et du développement durable, ainsi que la lutte contre les crues et les travaux de drainage dans les zones urbaines. La gestion du domaine public hydraulique joue un rôle très important dans différents aspects en Tunisie. Sa capacité d'amélioration portant sur les éléments suivants serait efficace:

- Maîtrise des crues
- Le contrôle des apports des sédiments
- Le contrôle des eaux usées ménagères et des déchets solides de la part des citoyens
- Le contrôle des routes et des ponts dans l'ensemble du domaine public hydraulique
- Le boisement au long du domaine public hydraulique

(d) Renforcement des normes de planification et de conception et des règles de fonctionnement des réservoirs

La lutte contre les crues requiert une intervention rapide et opportune lors des opérations de gestion des apports et des lâchers. Les informations concernées sont la distribution spatiale des précipitations en amont et en aval, les niveaux d'eau dans les canaux d'écoulement des Oueds, les niveaux des plus hautes eaux dans les réservoirs en amont et en aval, les niveaux d'eau des crues dans les cours d'eau, les inondations en amont et en aval.

L'introduction d'un niveau de sécurité cible pour l'établissement d'un plan de protection contre les crues sera nécessaire en complément au niveau de sécurité cible du plan d'approvisionnement en eau des bassins hydrographiques. Les principaux facteurs de gestion appropriés de planification et de conception des paramètres doivent aussi être recherchés pour la gestion de la commande des crues: Par exemple, le niveau d'eau du réservoir avant la saison des pluies et pendant les grandes crues, la conception de plus haut niveau de l'eau (ou conception d'hydrogramme) pendant les grandes crues des canaux d'écoulement des oueds.

(e) Activités de prévision, d'alerte et d'évacuation des crues

Le Ministère de l'Intérieur se charge des plans d'alerte et des activités d'évacuation sur la

base des données de prévision et des lâchers fournies par les services du MARH et de l'appui fourni par d'autres ministères, organismes et ONG dans le cadre du contrôle de la sécurité nationale. Les activités basées sur la communauté pour la lutte contre les crues et l'évacuation semblent ne pas être courantes. .

(3) Problèmes et besoins dans la gestion des bassins

La production, la décharge et le dépôt des sédiments dans les lits des oueds et les réservoirs peuvent être un des problèmes majeurs concernant le contrôle des crues et la durabilité du système d'alimentation en eau au moyen des oueds et des réservoirs.

Le contrôle des sédiments à l'intérieur des chenaux des oueds pourrait être amélioré avec l'intégration de la gestion des bassins versants et la gestion du domaine public hydraulique.

(4) Coopération transfrontière pour la gestion des bassins hydrographiques

Depuis 1980, des réunions du comité technique mixte sont organisées tous les ans pour discuter à propos des ressources en eau et l'environnement bassins frontaliers communs entre la Tunisie (MARH) et de l'Algérie sous la supervision du Ministère des affaires étrangères des deux pays. L'ordre du jour de la réunion de la commission est en principe ouvert à tout problème concernant les ressources en eau et l'environnement. Il n'y a pas eu d'accord sur l'ordre du jour examiné, mais les procès-verbaux des réunions ont été signés.

À l'heure actuelle, les données relatives aux orages et aux apports observés toutes les heures dans les grandes stations à l'intérieur du territoire algérien ne sont pas mis à la disposition du MARH de la Tunisie pour la prévision des crues et d'alerte en raison de contraintes techniques et financières à l'accès aux lignes téléphoniques internationales et à équiper les systèmes de télécommunication et des ordinateurs au niveau des stations hydrologiques et météorologiques sur sites.

5.9 Considérations environnementales et sociales

5.9.1 Campagnes de reconnaissance

Une campagne de reconnaissance sur le terrain a été réalisée par l'équipe de l'Étude dans le bassin de Mejerda du 30 Janvier au 1er février et du 6 Février au 9 février 2007, qui couvrait la zone d'étude et des environs immédiats. Au cours de la campagne, 2 parcs nationaux ont été visités ainsi que quelques vestiges historiques et quelques grands barrages et réservoirs situés dans la zone. D'autres sujets d'intérêt visités comprenaient une station de traitement des eaux usées et des déchets solides de la ville de Beja de l'Office National de l'Assainissement (l'ONAS), située dans au milieu du court de l'Oued Mejerda. Certaines informations que nous avons apprises au cours des visites sont les suivantes:

- 1) La sédimentation dans l'Oued Mejerda vient principalement de sa rive droite, où il y a moins de forêts que dans la rive gauche;
- 2) En raison d'une géologie caractérisée par des poches de dépôts de gypse, l'eau de la rive droite de l'Oued Mejerda a une plus grande salinité que celle de la rive gauche;

- la concentration de salinité y contenue est souvent supérieure à 1 g/l et la rend plus appropriée pour l'irrigation que pour l'eau potable;
- 3) Les barrages de la rive droite servent principalement pour la lutte contre les crues et l'irrigation;
 - 4) Les barrages sur la rive gauche servent principalement pour la régulation des crues et l'approvisionnement en eau potable vu que la teneur de salinité est souvent inférieure à 1 g par litre;
 - 5) La ville de Bou Salem est toujours sous la menace d'une crue exceptionnelle due aux 3 oueds de Bou Heurtma, Mellegue et Tessa qui se rejoignent avec l'Oued Mejerda en amont. Il y a aussi l'effet du remou de l'eau de la retenue du barrage de Sidi Salem lorsqu'elle dépasse une certaine cote.
 - 6) Certains résidents à Bou Salem refusent toujours de quitter le domaine public hydraulique (sous 127 m d'altitude), malgré le risque élevé des crues au moment des crues exceptionnelles. Certains résidents de Jendouba aussi demeurent encore dans le domaine public (moins 126 m d'altitude);
 - 7) Un niveau élevé de pollution est généré par les résidents de l'Oued Mejerda à cause de l'immersion de déchets domestiques tout au long de l'Oued;
 - 8) Certaines stations hydrométriques mesurent automatiquement la qualité de l'eau le long de l'Oued Mejerda;
 - 9) La sédimentation a grandement diminué la capacité d'écoulement de l'Oued Mejerda;
 - 10) Les structures du Pont de l'Oued traversant le canal fluvial aussi réduisent la vitesse d'écoulement des eaux et contribuent à la sédimentation;
 - 11) L'ONAS réduit les risques d'eutrophisation du lac de Sidi salem par le traitement des eaux usées des villes, mais l'activité de la population riveraine contribue beaucoup à l'augmentation de la pollution à travers la mise en décharge des déchets domestiques au long de l'Oued.

5.9.2 Aspects législatifs et coopération internationale

L'Étude de l'Évaluation de l'Impact sur l'Environnement (l'EIE) a été introduite pour les projets dans les secteurs industriels, agricoles et commerciaux en 1991 et est suivie par la création de l'ANPE, et de la Police de l'environnement en Tunisie.

Les projets de construction de barrages sont énumérés à l'Annexe 1 (**Tableau 5.9.1**) du décret réglementant l'étude de l'EIE comme un projet de catégorie B (Point no.21 de la liste), qui demande une étude EIE.

Une série des projets de construction de canaux est énumérée à l'Annexe 2 (**Tableau 5.9.2**), dans l'Art. 3 de la liste.

Les projets énumérés à l'Annexe 2 sont considérés comme peu perturbateur de l'environnement et sont simplement soumis à la procédure définies dans les Termes et Conditions de la procédure. Cette procédure fixe les mesures environnementales que le maître d'ouvrage ou le pétitionnaire doit respecter. Une description sommaire du projet est exigée dans cette procédure, qui permettra à l'ANPE de visionner le projet sur sa nature potentiellement nocive et d'exiger, le cas échéant, une étude d'impact, ou d'approuver le

projet.

La construction des digues et l'excavation du lit de l'Oued, qui sont proposées avec les mesures structurelles devant être examinées par cette étude, ne sont pas répertoriées dans les annexes du décret.

En ce qui concerne la législation nationale, il existe de nombreuses lois et décrets sur la protection et la conservation des ressources naturelles. Les principales lois relatives à l'environnement comprennent de différents codes et décrets liés à régime foncier, la prévention des catastrophes, la conservation des forêts, de la chasse, de l'air, les déchets et l'eau, les mines, la pêche, etc.

A l'échelle internationale, la Tunisie a signé plusieurs conventions mondiales, régionales, bilatérales et multilatérales relatives à la protection de la nature et des espèces, pour les écosystèmes maritimes, et contre les nuisances. Parmi celles-ci, les documents suivants peuvent être cités: la Convention concernant la protection du patrimoine mondial, culturel et naturel, la Convention de Ramsar sur les zones humides, la diversité biologique, les changements climatiques et tant d'autres.

Dans le cadre de la coopération internationale, beaucoup d'analyses ont été effectuées sur des questions environnementales en Tunisie, et plus particulièrement sur les questions de la désertification et la dégradation des terres. De nombreux acteurs sont impliqués à l'aide au pays, sur un large ordre du jour contenant les objectifs environnementaux ; à savoir, l'UNSO (L'Office Soudano-Sahélien des Nations Unies), le PNUD (le Programme des Nations Unies pour le Développement), les gouvernements de l'Allemagne et la France, la Banque mondiale et l'UICN (l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature).

5.9.3 Parcs nationaux et réserves naturelles dans la zone d'étude et ses environs

Dans le cadre de cette étude centrée sur la lutte contre les crues, le lac Ichkeul, classé comme patrimoine mondial de l'UNESCO et n'étant pas situé dans les environs immédiats de la zone du projet, ne semble pas être très influencé; Avoir la garantie d'égalité de quota annuel de l'eau en tant que les autres utilisateurs des eaux de l'extrême nord, à savoir les cités de l'eau potable et l'irrigation.

Les préoccupations des riverains de l'Ichkeul provenant de la faiblesse de leurs pratiques culturelles peuvent, à long terme, affecter la qualité des eaux du lac et la sédimentation n'y sera pas éliminée; Ces préoccupations ont déjà été exprimées par le MEDD qui a souligné que l'utilisation abusive de produits agrochimiques et les sédiments sont une menace au lac.

Le parc national de Feija est le seul parc énuméré dans la zone d'étude. Ce parc semble être protégé contre de grandes crues de l'Oued Mejerda, compte tenu de sa distance de l'Oued et de sa haute altitude. Cependant, les feux de forêt et le glissement de masse de terres doivent être surveillés de près pour éviter la réduction des ressources forestières, ce qui pourrait causer la dégradation des sols et la sédimentation accrue dans l'Oued Mejerda en raison de ruissellement, en tenant compte des pentes abruptes observées dans ce domaine. On dirait que les communautés qui se trouvent autour du parc gagnent leur

vie du par cet les habitants sont impliqués dans les principales activités de conservation qui auraient pour effet d'atténuer de façon durable certains menaces.

En outre, dans le voisinage d'Ain Draham et Tabarka avec d'importantes zones forestières protégées et des domaines, la réhabilitation des terres, le pâturage illégal et la déforestation, ont causé diminution des ressources forestières, de l'érosion et de la destruction de la végétation.

Une attention particulière devrait être accordée à cet effet, comme l'on sait que la sédimentation a grandement diminué la capacité d'écoulement de l'Oued Mejerda et aurait contribué aux crues observées ces dernières années.

5.9.4 Espèces de flore et de faune et populations autochtones

Bien que l'UICN a identifié actuellement environ 80 espèces de mammifères, 362 oiseaux d'espèces et plus de 500 espèces de reptiles et de poissons dans le pays, les espèces menacées de flore et de faune ne sont pas confirmées dans le lit majeur et des zones irrigables de l'Oued Mejerda du bassin. Toutefois, l'équipe a confirmé que plusieurs espèces de poissons ont été introduites dans les réservoirs des nombreux barrages qui ont été construits au cours des années. Il est donc évident que plusieurs espèces de poissons vivent dans l'Oued Mejerda et le réservoir de Sidi Salem. Parmi ceux-ci, on peut citer le berbel (*Barbus callensis*), qui est endémique en Afrique du Nord, la commune de Tilapia (*Cyprinus carpis*), plusieurs espèces de mullets et le poisson-chat. Conservation de ces espèces de poissons pour la pêche riverains de l'activité est importante, car beaucoup vivent de cette activité. Un débit d'eau minimal est nécessaire dans l'Oued Mejerda, ainsi que d'un minimum de qualité de l'eau pour les populations de poissons.

Les populations autochtones ne sont pas confirmées dans le bassin hydrographique de l'Oued Mejerda.

5.9.5 Vestiges historiques et sites archéologiques

Bien qu'il n'existe pas de vestiges historiques ou des sites archéologiques répertoriés comme patrimoine mondial dans la zone d'étude, plusieurs ponts de biens culturels existent le long de l'Oued Mejerda, à savoir Medjes el Bab, Jedeida et Bizerte.

Il est d'avis que la section de ces ponts contribué aux crues de 2003.

Dans le gouvernorat de Jendouba, les vestiges d'une ancienne ville romaine célèbre pour ses carrières de marbre, les antiquités ont été trouvés à Chemtou, qui est situé entre la ville et Jendouba et l'Oued Mliz (22 kilomètres). Aussi un important site archéologique d'une ville importante avec des ruines bien conservées a été trouvée à Bulla Regia, entre Jendouba et Fernana (6 kilomètres). Tous ces sites sont loin de bassin de l'Oued Mejerda.

5.9.6 Mesures de protection pour la conservation de l'environnement

1) Protection des principales zones forestières

Plusieurs forêts protégées sont observées dans la zone d'étude et de ses régions frontalières. Le rôle joué par ces forêts est très important pour la préservation de

l'environnement, la conservation des ressources en eau et de bois de chauffage. Dans la formulation du plan directeur, la préservation de ces forêts protégées devrait être prise en considération dans le choix des mesures de lutte contre les crues et la promotion d'un développement durable.

2) Protection des grandes espèces de faune et de flore

Même si une étude exhaustive de la faune et la flore n'a pas été effectuée le long du bassin hydrographique de l'Oued Mejerda, il est confirmé par l'équipe que plusieurs espèces de poissons ont été introduites dans les réservoirs des nombreux barrages qui ont été construits au cours des années. Il est donc évident que plusieurs espèces de poissons vivent dans l'Oued Mejerda et le réservoir de Sidi Salem. Parmi ceux-ci, on peut citer le berbel (*Barbus callensis*), qui est endémique en Afrique du Nord, la commune de Tilapia (*Cyprinus carpis*), plusieurs espèces de mulets et le poisson-chat. Conservation de ces espèces de poissons pour la pêche riverains de l'activité est importante, car beaucoup vivent de cette activité. Un débit d'eau minimal est nécessaire dans l'Oued Mejerda, ainsi que d'un minimum de qualité de l'eau pour les populations de poissons.

3) Protection des sols contre l'érosion

Le découpage des zones situées dans la plaine fluviale inondable de l'Oued Mejerda est considéré comme relativement moins perturbateur que ceux qui sont dans le plateau, qui est généralement situées sur les collines. La protection des sols devrait être un problème important à prendre en considération des projets qui touchent à la terre cultivable élaboration et l'application de bonnes pratiques culturelles. Il est recommandé de planter des arbres où des barrages ou des mesures structurelles sont mises en oeuvre afin d'éviter la sédimentation des sols causée par l'érosion.

4) Protection des sols contre l'usage excessif des engrais chimiques

L'introduction de pratiques culturelles modernes va remplacer le système traditionnel de la culture sur brûlis, qui est la preuve de dommages à l'environnement. La contamination des sols par l'utilisation de plus de produits chimiques et de pesticides pourrait affecter la qualité de l'eau dans l'Oued. Par conséquent, afin de protéger l'environnement, il serait souhaitable d'utiliser assez efficaces et recommandables produits, ce qui permettrait de les utiliser à un taux minimum.

5) Ecoulement stable d'eau de l'Oued Mejerda

L'eau de l'Oued est utilisée à des fins domestiques dans les zones urbaines et rurales, ainsi que pour l'agriculture et l'industrie. Le maintien d'un niveau de l'eau dans l'Oued est aussi important pour les poissons et les animaux. En conséquence, il serait bon de maintenir un niveau d'eau minimal dans l'Oued.

CHAPITRE 6 STRUCTURE DU PLAN DIRECTEUR DE GESTION INTÉGRÉE DES BASSINS BASEE SUR LA LUTTE CONTRE LES CRUES

6.1 Nécessité de gestion intégrée des inondations

(1) Impacts Socio-économiques des crues.

La gestion des crues dans le bassin de l'oued Mejerda a surtout porté sur la réduction des crues et sur la vulnérabilité aux dommages causés par les inondations et ce grâce à la mise en oeuvre d'interventions d'ingénierie, telles que les retenues et digues de grande envergure. Toutefois, les luttes contre les crues pour éviter les inondations préjudiciables nuisibles n'a pas été entreprises entièrement au cours des dernières grandes inondations, ce qui n'a pas permis d'atténuer des dégâts dans les zones d'inondation.,

Dans ce contexte, les points suivants sont signalés comme problèmes de contrôle des crues.

(1) Nécessite d'une approche de gestion intégrée du bassin de Mejerda

Un bassin versant est un système dynamique dans lequel il y a une série d'interactions entre l'environnement des eaux et des sols. Ces interactions impliquent non seulement l'eau mais aussi les sols/sédiments et les polluants/nutriments. Le système est dynamique dans le temps et dans l'espace. Le fonctionnement d'un bassin versant dans son ensemble est régi par la nature et par l'étendue de ces interactions.

L'augmentation des activités économiques, comme l'agriculture et l'urbanisme, est responsable de la déforestation, entraînant d'importants apports solides à partir des bassins versants. Les glissements de terrain/ l'érosion de surface des sols induits par les activités naturelles ou humaines dans les zones collinaires augmentent la concentration des sédiments dans les oueds.

L'urbanisation à grande échelle accentue les pointes des crues et réduit le temps de concentration de l'écoulement des crues. Cela est dû à l'utilisation des sols dans les bassins urbanisés, composé des toits, des rues asphaltées et autres surfaces imperméables, qui augmente le volume du ruissellement des eaux de surface et réduit la recharge des nappes souterraines et l'évapotranspiration. Dans les basses plaines et les zones côtières, les remblais routiers et ferroviaires et les autres infrastructures similaires peuvent entraver les flux des crues, accentuer les inondations dans leurs zones en aval.

Les interactions ci-dessus mentionnées entre la terre et l'eau existant dans le bassin plaident en faveur d'une approche intégrée de bassin de grande envergure pour la gestion des crues.

(2) Impossibilité de garantir la sécurité absolue face aux crues

La Protection absolue contre les crues n'est ni techniquement faisable ni économiquement et écologiquement viable. Penser en termes de fixation d'une norme de conception de la

protection contre les crues est à la fois un piège et une illusion: une telle norme est en conflit avec le principe de la gestion de toutes les crues et non certaines seulement. C'est aussi une illusion, car les estimations de l'ampleur des crues extrêmes sont très imprécises et susceptibles d'être modifiées au fil du temps en raison des changements climatiques.

Un tel dilemme existe en ce qui concerne l'opportunité de concevoir ou non des interventions afin d'assurer la protection contre les grandes crues. En réduisant les pertes dues aux crues à haute fréquence, il pourrait y avoir plus de risque de conséquences désastreuses lorsque des événements extrêmes ont lieu. Il est également nécessaire de considérer le risque de défaillance dans le cas des crues en dessous de la norme de conception. Certaines mesures structurelles telles que les digues et les canaux de dérivation peuvent ne pas être convenablement entretenus, en raison de l'absence de moyens financiers pour ce faire, et peuvent être vouées à l'échec en cas de crues d'importance inférieure à la norme de conception.

(3) Sécurisation des moyens de subsistance

Le développement des activités économiques dans les zones d'inondation en raison de l'augmentation de la pression démographique et à la construction d'infrastructures augmente le risque de crues. Les plaines d'inondation offrent d'excellentes opportunités, techniquement faciles, pour assurer les moyens de subsistance. Dans les pays à économie essentiellement agricole, la sécurité alimentaire est synonyme de sécurité des moyens de subsistance. Les plaines d'inondation contribuent substantiellement à la production alimentaire et à la nutrition des populations de ces pays.

En concurrence à l'accès aux ressources limitées des terres, il doit être assuré que les faibles classes sociales de la population, qui occupent en grande partie les plaines d'inondation, ne soient pas en plus affectées ainsi que leurs moyens de subsistance par l'application des mesures de gestion des crues

(4) Importance dans l'approche de système écologique.

Les écosystèmes aquatiques, y compris les rivières, les zones humides et les estuaires, offrent de nombreux avantages aux populations tels que l'eau potable, la nourriture, la purification de l'eau, l'atténuation des effets des crues et les opportunités de loisirs. La variabilité dans la quantité, la qualité, la date et la durée des flux est souvent essentielle pour le maintien des écosystèmes fluviaux.

Différentes mesures de gestion des crues ont des effets différents sur les écosystèmes et en même temps, les changements dans les écosystèmes ont des impacts conséquents sur la situation et les caractéristiques des crues et sur le comportement des oueds. Certaines interventions s'inscrivant dans le cadre de la gestion des crues affectent négativement les écosystèmes fluviaux et ce en réduisant la fréquence de l'inondation des zones humides qui se développent autour des zones d'inondation, qui sont sujettes à de crues fréquentes et qui doivent leur grande diversité en faune et en flore à ce phénomène. Dans ces situations, il est souhaitable d'éviter des changements dans la fréquence élevée des crues puisque ainsi faire nuirait aux écosystèmes, qui se développent autour de l'actuel régime

des crues.

L'approche du système écologique est une stratégie de gestion intégrée des terres, des eaux et des ressources vivantes, qui favorise la conservation et l'utilisation durable d'une manière équitable.

(5) Implication des intervenants

Ces dernières années, la nécessité d'accroître la coopération et la collaboration entre les différents secteurs et la participation du public est devenue plus largement acceptée. Une plus grande participation de toutes les parties prenantes dans les mesures de gestion des crues est considérée comme vitale, car elle permet aux communautés touchées par les inondations de choisir le niveau de risque qu'elles sont prêtes à prendre. La collaboration des organismes gouvernementaux, des experts techniques et des résidents locaux dans l'évaluation des risques est définie comme une fonction critique qui favorise la participation du public aux niveaux local et national. Un consensus partagé s'est dégagé dans la dernière décennie sur l'importance de la planification participative dans la gestion des catastrophes. L'appréhension à l'échelle de l'individu et de la communauté, l'engagement et l'action concertée dans l'atténuation des effets des catastrophes produisent un large éventail de mesures appropriées novatrices et de solutions d'atténuation possibles, qui sont rentables et durables.

(6) Gestion des risques

Une approche intégrée de la gestion des risques prévoit des mesures visant à prévenir un risque de crue de se transformer en une catastrophe d'inondation. Ces mesures sont prises, en fonction des risques et des paramètres sociaux, économiques et physiques, en mettant l'accent sur la réduction de la vulnérabilité et le renforcement de la résilience.

Comme mentionné avant, la gestion des crues a été axée en grande partie sur les pratiques défensives dans le bassin de l'oued Mejerda. Du point de vue de la gestion des crues, il est largement reconnu ces derniers temps qu'un changement paramétrique d'une action purement défensive vers une gestion proactive des risques dû aux inondations est nécessaire. Le changement encourage vivement la mise en œuvre de la gestion intégrée des crues qui est un processus de promotion d'une approche intégrée, plutôt que fragmentée, de la gestion des crues et cherche à intégrer le développement des ressources en eau et des terres dans un bassin fluvial et de gérer les crues en se basant sur les principes de gestion des risques afin d'optimiser les bénéfices nets des plaines d'inondation tout en réduisant au maximum les pertes en vies humaines dues aux crues. Afin d'aborder de manière approfondie les aspects de contrôle des, mentionnés ci-dessus, l'adoption des PCC est essentielle dans le bassin de l'oued Mejerda.

6.2 Année cible de planification

La date butoir pour la formulation du "Plan directeur de gestion intégrée du bassin basée sur la lutte contre les crues (PD)" est l'année 2030, qui est celle du plan directeur de l'approvisionnement en eau des bassins de l'oued Mejerda et de la région de l'extrême nord de la Tunisie, intitulé "EAU XXI", le PD doit strictement parvenir à la cohérence en

termes de gestion des ressources en eau dans le bassin de l'oued Mejerda.

6.3 Sécurité de l'utilisation de l'eau

Le Ministère a indiqué que le système des eaux de surface devrait être en mesure de répondre aux demandes pour une période de deux années consécutives de sécheresse, mais la gravité et la probabilité de l'événement sécheresse ne sont pas mentionnées.

Les rendements des réservoirs fournis par le Ministère sont censés d'avoir 80% de probabilité, mais la relation entre les rendements probables et les exploitations des réservoirs n'est pas clairement décrite, autrement dit, les côtes des réservoirs nécessaires pour répondre aux 80% du rendement du réservoir ne sont pas identifiées. En outre, il n'y a pas de plan de l'approvisionnement en eau pour les exploitations des retenues. Donc les limites des stocks à chaque réservoir ne sont pas bien fixées. Les 80% des rendements cités par le Ministère sont en accord avec ceux qui se trouvent normalement dans des plans pour irrigation dans les pays en développement.

L'absence de définition précise des rendements probables et des limites de stocks ne nous permettent pas d'évaluer les pratiques d'exploitations existantes ou pour d'identifier les améliorations à apporter à la régulation des crues.

Afin d'élaborer un cadre pour l'analyse pour la maîtrise des crues, l'étude a procédé au calcul d'un bilan hydrique pour déterminer les niveaux de stocks nécessaires pour satisfaire les demandes de 3 scénarios de sécheresse:

- 1 année de sécheresse avec une récurrence d'une fois tous les cinq ans
- 2 années consécutives de sécheresse avec une récurrence de 9 fois en (18 ans)
- 3 années consécutives de sécheresse avec une récurrence de 11 fois en (33 ans)

Les trois scénarios de la sécheresse ont été discutés avec le Comité exécutif et avec les participants aux ateliers dont nous avons tiré les conclusions suivantes:

- Le système de réservoir étant conçu pour réguler les débits entrants interannuels, les volumes des stocks doivent donc être en mesure de satisfaire les demandes pendant plus de 1 an. En conséquence, les niveaux d'eau dans les retenues identifiés pour le scénario d'1 année de sécheresse sont trop faibles et ne devraient pas être pris en considération pour déterminer des limites d'allocation des stocks.
- Le scénario de 2 années de sécheresse est plus réaliste et fournit un niveau de risque acceptable. L'utilisation des restrictions des demandes n'influe pas de façon significative sur l'augmentation du volume réservé au contrôle des crues. Par conséquent, elle ne devrait pas être incluse lors de la détermination des limites de la répartition des stocks. Les restrictions sur les demandes peuvent être appliquées dans la pratique réelle si les sécheresses sont plus critiques que la sécheresse synthétique retenue pour l'analyse.
- Le scénario des trois années de sécheresse est intéressant car il montre que les fortes restrictions sur les demandes doivent être appliquées afin de prévenir l'échec du système, même si tous les réservoirs sont pleins au début d'un cycle de sécheresse. Dans ce cas, les espaces supplémentaires de retenue pour la régulation des crues ne doivent pas

être mis à disposition.

En conclusion, le Ministère a décidé d'utiliser le scénario ds 2 années de sécheresse pour définir la répartition des stocks dans les réservoirs. L'analyse pour la maîtrise des crues permettra d'évaluer l'impact des stocks supplémentaires des retenues pour la régulation des crues et de les comparer à l'hypothèse où tous les réservoirs sont totalement remplis jusqu'à la côte de la retenue normale, autrement dit, pas de stocks supplémentaires pour la régulation des crues.

6.4 Niveau de protection contre les crues

6.4.1 Lois / règlements en Tunisie

En se basant sur les entretiens menés à la DGBGTH et avec le personnel concerné au sein du Ministère de l'Équipement, il a été précisé qu'à l'heure actuelle il n'existe en Tunisie aucune loi et/ou règlement, qui définit un échelle planifiée de lutte contre les crues (niveau de risque des crues) que ce soit sur tout le territoire ou sur un bassin particulier parmi les bassins versants. Quand la construction d'un barrage ou d'une retenue est programmée, une échelle appropriée pour la crue de projet est pratiquement établie d'une manière indépendante. Par conséquent, l'étude visant à une gestion intégrée des crues devrait établir une échelle planifiée de lutte contre les crues du bassin de l'oued Mejerda sur la base du concept spécifique qui sera établi dans l'étude.

6.4.2 Conception des bassins et approches pour la préparation des niveaux de protection de crues

(1) Association de l'amélioration du fonctionnement des réservoirs à celle des oueds

Dans la planification des mesures structurelles pour le contrôle des crues, l'amélioration du fonctionnement des réservoirs pour 7 unités sélectionnées est prioritaire afin de rendre la fonction du contrôle des crues maximale pour les réservoirs existants et futurs. Si l'amélioration de leur fonctionnement ne peut pas maîtriser les crues d'une manière satisfaisante, l'amélioration des oueds est alors intégrée dans les mesures. Les travaux probables de l'amélioration des oueds sont les suivants : l'excavation des lits des oueds, l'élargissement des chenaux des oueds, l'endiguement et la construction de canaux de dérivation et/ou d'un bassin de retardement. L'amélioration des oueds doit être planifiée pour qu'elle ne donne aucun risque de crue artificielle nuisible aux zones aval.

(2) Répartition en zones de la région concernée par l'étude

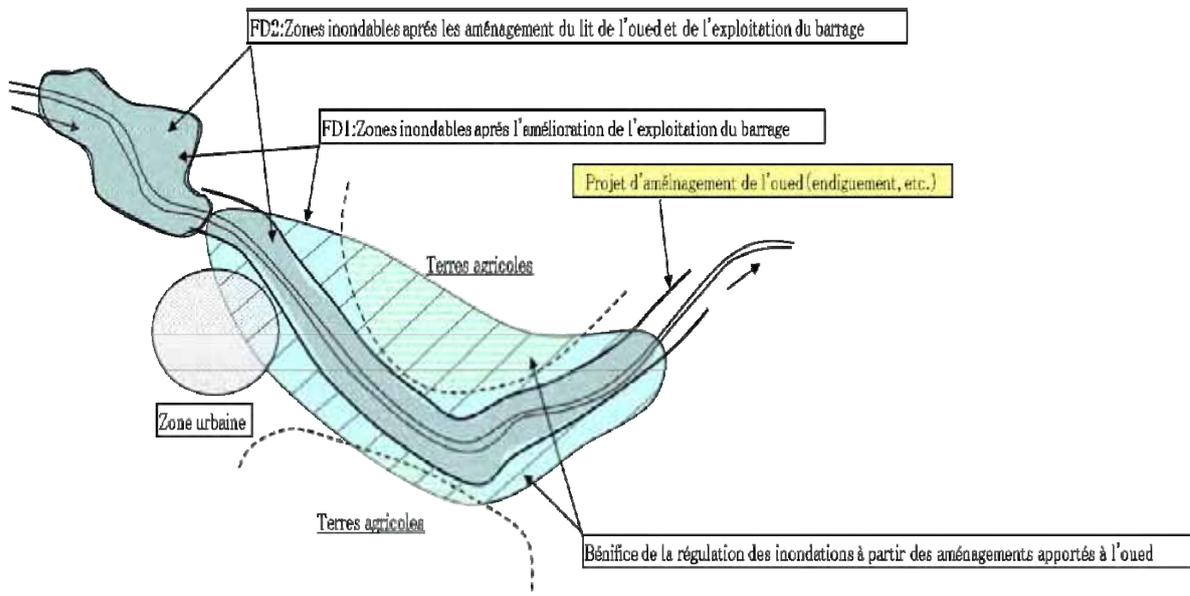
La région faisant l'objet de l'étude (Bassin de l'oued Mejerda en Tunisie) est une zone très large avec une superficie de 15.830 km² et elle présente une disparité pour l'importance d'échelle, le niveau de développement et les caractéristiques des crues selon les lieux. Par conséquent, la région concernée par l'étude est divisée en sept zones et un niveau de protection des crues doit être préparé pour chaque zone, en tenant compte des conditions hydrologiques, géographiques, économiques et sociales dans chaque zone en question.

(3) Niveau de protection des crues optimal

Pour chaque zone, le niveau de protection des crues avec le plus grand rapport B/C doit être choisi comme niveau de protection de crues optimal (B : Bénéfices obtenus par le contrôle des crues grâce à l'amélioration des oueds dans chaque zone, C : Coût direction de construction des travaux d'amélioration des oueds dans chaque zone.

Les bénéfices obtenus par le contrôle des crues grâce à l'amélioration des oueds sont évalués selon les méthodes suivantes :

- (i) FD1 : quantité de dommages des crues dans les zones inondées après l'exploitation améliorée ou coordonnée des réservoirs à 4 réservoirs existants et 3 réservoirs planifiés.
- (ii) FD2 : quantité de dommages de crue dans les zones inondées après l'exploitation améliorée ou coordonnée des réservoirs à 4 réservoirs existants et 3 réservoirs planifiés ainsi que l'amélioration des oueds et
- (iii) Bénéfices obtenus par le contrôle des crues grâce à l'amélioration des oueds = FD1 - FD2 (voir le schéma suivant).



Source: L'Equipe d'Etude

Avantage dans le contrôle des inondations après l'amélioration de la rivière

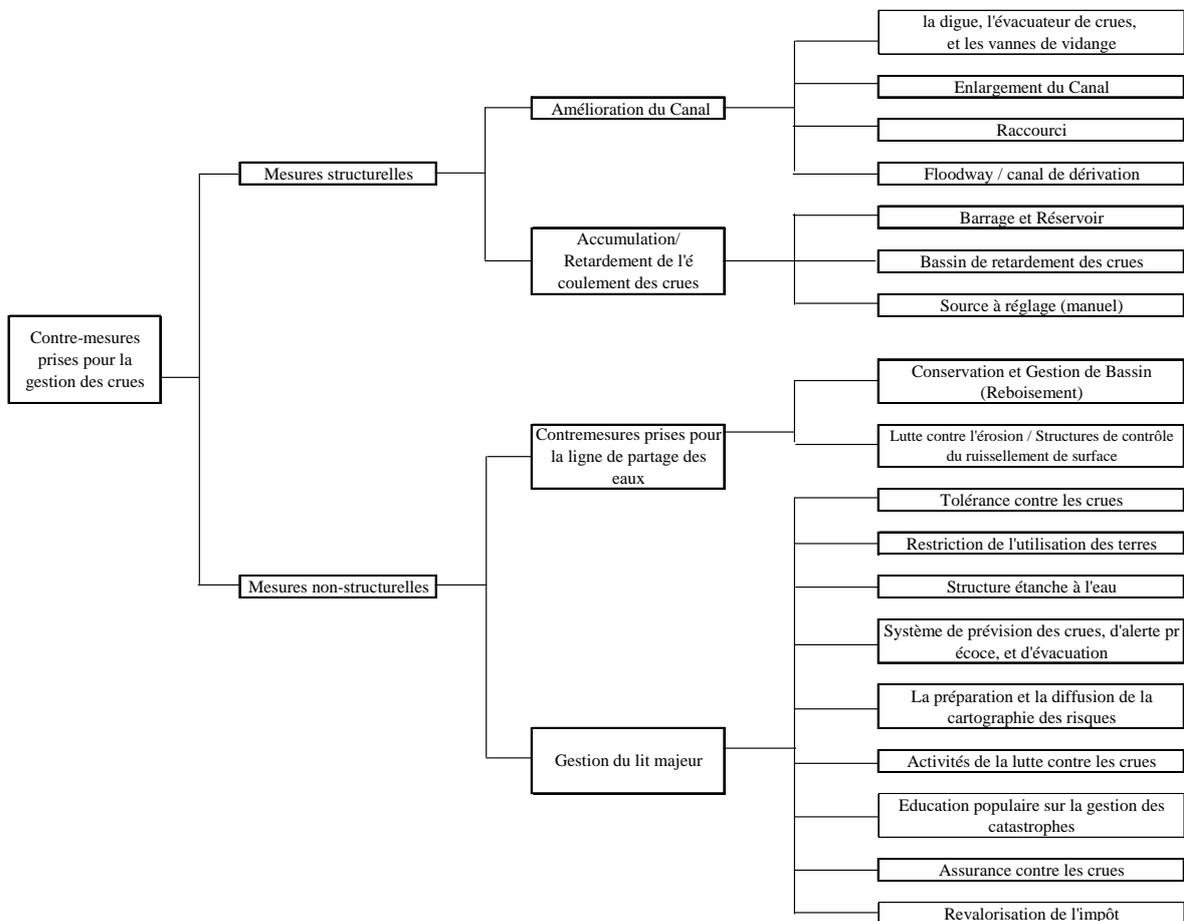
Les dommages par les crues devant être évalués se composent de dommages directs et indirects comme montre le suivant :

- (a) Dommages directs par les crues : produits agricoles, effets sur des logements et maisons, baisse des biens et des stocks d'inventaire des secteurs industriels et des infrastructures et
- (b) Dommages indirects par les crues : dommages dus à la perte des occasions de travail, arrêt des transports publics, perte des salaires des travailleurs, frais de main-d'oeuvre pour le nettoyage de la maison, etc.

6.5 Mesures de maîtrise des crues

6.5.1 Généralités

Les mesures de lutte contre les crues doivent être choisies et appliquées avec plusieurs types de combinaisons en concordance avec les conditions de l'environnement naturel et social telles que la topographie, l'hydrologie, l'hydraulique, l'utilisation des terres, les populations touchées, l'infrastructure et les biens à protéger, etc. Dans le cas du bassin de Mejerda, une approche holistique dans un mode intégré pour une meilleure utilisation et distribution des ressources en eau dans la région doit essentiellement être appliquée. Couramment les mesures de lutte contre les crues sont divisées, principalement, en structurelles et non structurelles et sont en outre classées comme indiqué ci-dessous:



Source: Edité par l'Equipe des étude de la JICA en conformité avec le "Manuel pour la formulation du plan d'améliorations de l'Oued en zone urbaine (Projet) – Institut de recherche sur les travaux publics, MLIT, Gouvernement du Japon ", 1998

Classification des Mesures de Lutte contre les Crues

Se basant sur les caractéristiques du site et des avantages des performances en matière de coût etc., plusieurs alternatives seront sélectionnées à travers l'évaluation des aspects techniques, environnementaux et institutionnels.

6.5.2 Mesures structurelles

(1) Exploitation des réservoirs

Ce ne sont pas tous les réservoirs du bassin de Mejerda qui contribuent à l'atténuation des crues ou à la protection contre les inondations. Ainsi, sept (7) barrages sont sélectionnés comme étant importants pour l'analyse et l'évaluation futures de lutte contre les crues, comme indiqué avant. Le Plan directeur comprendra les schémas pour une exploitation efficace de ces barrages, y compris les opérations coordonnées, en cas de crues.

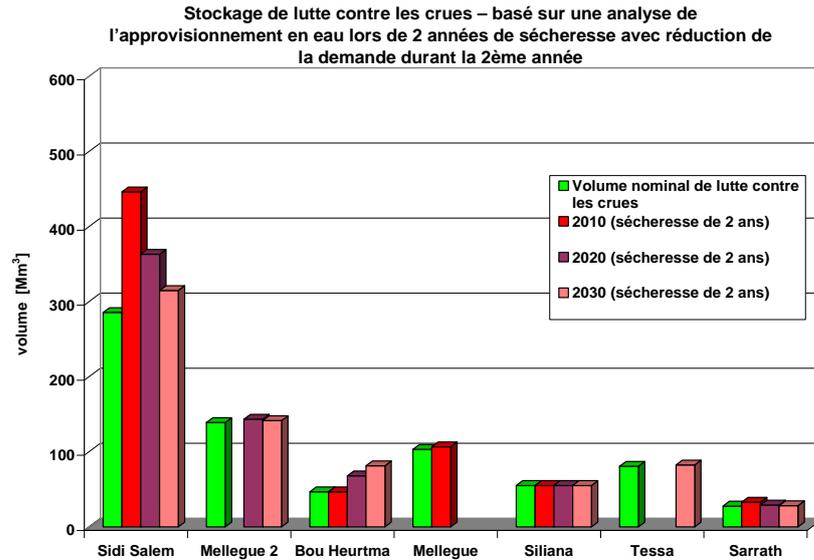
Réservoirs du bassin de l'oued Mejerda sélectionnés pour l'évaluation d'une lutte contre les crues effectives

Nom du Barrage	Bassin versant (km ²)	Type d'évacuateur	Niveau Maximum d'Eau				
			Elevation PHE (m)	Volume TOTAL à PHE (Mm ³)	Contrôle volume Crue de projet (Mm ³)		
					année 2010	année 2020	année 2030
Sidi Salem*	18 191	cont./non cont.	119,50	959,5	285,5	285,5	285,5
Mellegue*	10 309	Contrôlé	269,00	147,5	103,1		
Siliana*	1 040	Non contrôlé	395,50	125,1	55,1	55,1	55,1
Bou Heurtma*	390	Non contrôlé	226,00	164,0	46,5	46,5	46,5
Mellegue 2	10 100	Non contrôlé	304,00	334,0		139,0	139,0
Tessa	1 420	Non contrôlé	369,00	125,0			80,6
Sarrath	1 850	Non contrôlé	552,00	48,5	27,6	27,6	27,6
TOTAL					517,8	553,6	634,2
Dans tous les réservoirs du basin de la rivière Mejerda					547,9	583,7	693,9
Dans les réservoirs sélectionnés					95%	95%	91%

Note: * existant

Sept (7) réservoirs, à savoir 4 réservoirs existants: Sidi Salem, Mellegue, Bou Heurtma et Siliana et 3 réservoirs planifiés ou en cours de construction: Mellegue 2, Tessa et Sarrath, ont été sélectionnés comme importants pour une analyse plus approfondie et une évaluation efficace de la lutte contre les crues. Le total de la capacité de stockage des pour la lutte contre les crues des 7 réservoirs est estimé à 518 Mm³ en 2010, 554 Mm³ en 2020 et 634 M m³ en 2030, comme indiqué dans le tableau ci-dessus, qui représente à peu près 91 à 95% de la capacité de maîtrise des crues de tous les réservoirs des bassins versants de Mejerda, en considérant les développements des retenues jusqu'à l'année cible 2030.

Les stocks de conception de lutte contre les crues de projet n'ont pas été pleinement utilisés jusqu'à présent dans la plupart des réservoirs existants. De nombreux réservoirs ont été exploités avec un niveau de retenue normale égal au niveau seuil libre des évacuateurs., En d'autres termes, la capacité de stockage pour la lutte contre les crues telle que conçue n'a pas été suffisamment exploitée. Sur la base de cette donnée, le principal avantage de l'amélioration de la lutte contre les crues est de trouver "des stockages supplémentaires de lutte contre les crues" pour chaque réservoir, c'est-à-dire de réduire le niveau normal de la retenue en dessous du niveau de l'évacuateur pour la lutte contre les crues.



Stockages Supplémentaires Possibles des 7 Réservoirs Sélectionnés pour la Lutte contre les Crues

L'analyse du bilan hydrique faite dans cette étude a montré jusqu'à quelles limites des capacités de stockage supplémentaires sont disponibles pour être utilisées pour la lutte contre les crues. L'éventuel accroissement de la capacité de stockage des retenues sélectionnées pour la lutte contre les crues dans la perspective de l'année 2030 est présenté dans la figure ci-dessus pour un contexte de 2 années consécutives de sécheresse. Dans cette figure, la capacité de stockage pour la lutte contre les crues est augmentée, par rapport à celle conçue à l'origine pour chaque réservoir. Il est évident que c'est uniquement au niveau des barrages de Sidi Salem Bou Heurtma, que des capacités de stockage supplémentaires de lutte contre les crues peuvent être faites dans les années 2030. Le total de l'augmentation de la capacité de stockage de lutte contre les crues peut atteindre 687 Mm³ en 2010 (de 33%) et jusqu'à 703 Mm³ à l'année cible 2030 (de 11%).

La simulation de l'exploitation des réservoirs, y compris l'exploitation coordonnée, durant les crues sera effectuée afin de préciser le potentiel des fonctions de lutte contre les crues des 7 réservoirs.

À cet égard, il est à noter que l'utilisation optimale des réservoirs pour un objectif de lutte contre les crues doit être examinée en tenant compte de la combinaison des mesures adéquates le long des oueds et dans les zones d'inondation. Cet ensemble de mesures de lutte contre les crues sera élaboré sur la base d'un niveau approprié de protection contre les crues. Toutes les opérations et les mesures de protection contre les crues seront conçues de manière à ne pas menacer l'approvisionnement en eau potable.

(2) Amélioration au niveau de l'oued mejerda

L'exploitation des barrages seulement en se basant sur la capacité de stockage de lutte contre les crues des 7 barrages sélectionnés du bassin de l'oued Mejerda, même en mode d'exploitation optimal, ne sera pas en mesure d'éliminer de façon satisfaisante les dommages causés par les crues dans le bassin, à la lumière des débits d'écoulement actuels relativement faibles des canaux d'écoulement des oueds existants. Par conséquent,

la situation actuelle des oueds doit être améliorée et les capacités de l'écoulement doivent être considérablement augmentées pour la lutte contre les crues, dans l'oued Mejerda.

Pour cette raison, le calcul détaillé de l'actuelle capacité de débit de l'oued est effectué. En se basant sur les capacités calculées, des mesures structurelles concevables, à appliquer pour l'amélioration du rendement de la débitance, ont été identifiées. Elles sont réparties en 3 groupes comme suit:

- (i) Pour baisser les débits de pointe des crues
 - bassins régulateurs
- (ii) Pour renforcer la capacité de canaux d'oueds
 - Dragage / excavation et élargissement des voies fluviales
 - Canaux latéraux (canaux de by-pass)
 - coupure de boucles
- (iii) Pour protéger des zones particulières
 - Dignes, y compris vanes de digues

Dans le bassin de l'oued Mejerda, des zones légèrement escarpées se situent entre le cours amont et celui du milieu de l'oued Mejerda, entre la région de Ghardimaou et le barrage de Sidi Salem, où les eaux de crue ont été naturellement retardées et les débits de pointe ont été efficacement atténués lors des importantes crues passées. Ces zones sont pratiquement des sites potentiels pour servir comme bassins naturels de régulation qui stockeront temporairement les eaux des crues et réduire les débits de pointe aigues. Les zones d'inondation largement affectées lors des crues passées justifient l'efficacité de l'existence des bassins de régulation comme étant l'une des mesures réussies de lutte contre les crues dans l'oued Mejerda.

Afin de sélectionner les zones appropriées et de considérer les règles / plans des bassins naturels de régulation, les aspects suivants tels que la topographie, l'usage des terres, la fréquence des débits de l'oued, les conditions naturelles de l'environnement, la fréquence de l'arrêt de l'écoulement de l'eau, le contrôle des débits (apport/débit sortant), la faisabilité économique, l'exploitation, l'entretien et le niveau de tendresse pour l'environnement doivent être examinés.

6.5.3 Les mesures non structurelles

(1) Préservation des bassins

Certaines mesures sont indispensables pour lutter contre l'érosion du sol en termes de préservation du bassin de l'oued Mejerda. Les impacts de l'érosion connus dans le bassin se caractérisent par les points suivants:

- (a) Le plus fort pourcentage de terres à pente élevée qu'un bassin peut avoir, le rendement sédimentaire enregistré le plus élevé dans le bassin. Et
- (b) La nécessité de prendre certaines mesures de lutte contre l'érosion dans les terres suivantes:
 - Les terres agricoles à pentes raides, ou même avec des pentes modérées, et
 - Les terres forestières pauvres en végétation de faible altitude.

En considérant les points précités, les mesures doivent être élaborées en accordant une grande importance aux terres utilisées comme forêts et comme terres agricoles.

L'identification et la formulation des programmes de préservation du bassin doivent être bien menées, en accordant une attention particulière aux éléments suivants, puisque les terres déboisées dans les forêts et les terres agricoles utilisées pour la culture des céréales, les cultures d'oliviers, l'arboriculture et la Jachère sont extrêmement sensibles à la pluie et à l'érosion.

- Les mesures ont une durabilité supérieure face à l'érosion.
- Les mesures sont également techniquement et économiquement adaptées à de vastes terres.
- Les travaux de mise en œuvre de ces mesures sont faciles à réaliser.

(2) La prévision des crues et l'alerte

En se basant sur l'état actuel et les questions identifiées relatives à FFWS existant, le développement alternatif ou l'amélioration des plans doivent être formulés comme des régimes possibles à être intégrés dans le plan directeur en considérant ce qui suit.

a) Système d'observation

Actuellement, le nouveau système de télémétrie fonctionne bien; toutefois, les exigences relatives au système hydrologique et météorologique d'observation actuel sont à mettre en place, afin de bien maîtriser le renforcement de la fonction du système d'observation, comme suit:

- Préparation de manuels opérationnels pour le système de télémétrie,
- Installation d'un radar de niveau de l'eau au lieu du piézo-électriques, et
- Etude sur l'applicabilité de la mesure des précipitations par satellite, en particulier dans les zones situées en territoire Algérien.

b) Système de transmission des données

Comme le système d'observation, et afin de renforcer la fiabilité du système de transmission de données avec plus de sécurité, les exigences de l'actuel système de transmission sont constitués comme suit:

- Résolution des problèmes de télécommunication,
- Amélioration de la rapidité d'accès à AGRINET, et
- Raccordement des bureaux des barrages à AGRINET de sorte que ces bureaux puissent obtenir facilement les données en temps réel.

c) Système d'Analyse

Afin d'établir avec précision et dans les délais le système de prévision et de simulation, il est indispensable de développer des modèles appropriés pour l'accomplissement de certaines études comme suit:

- Développement d'un système d'analyse des flux faible-élevé de ruissellement,
- Elaboration d'un modèle d'analyse des inondations,

- Etude sur la classification des niveaux d'eau pour définir les niveaux d'alerte, et
- Mise en place de règles d'exploitation coordonnée des barrages

Le développement de système d'analyse des écoulements et de modèle d'analyse des inondations précité pourrait largement contribuer à la prévision des crues en temps nécessaires pour i) les activités d'alerte et d'évacuation et ii) coordonner l'exploitation des barrages.

d) Système de diffusion de l'alerte

Les exigences suivantes sont citées dans le but d'améliorer le système actuel de diffusion de l'alerte:

- Préparation du diagramme pour la coordination et le reporting du système d'alerte entre tous les organismes concernés,
- Lister les habitations existantes dans les zones potentielles inondables afin d'exécuter efficacement les activités d'évacuation, et
- Mise en oeuvre de l'avertissement des lachures de barrage aux résidents en aval.

(3) Lutte contre les crues

Sur la base des questions identifiées concernant l'actuel système de lutte contre les crues, l'alternative de développement ou d'amélioration doit être mise en place en considérant ce qui suit.

a) les activités d'évacuation et de lutte contre les inondations

Les exigences suivantes sont reconnues pour l'amélioration de système actuel d'évacuation et de lutte contre les inondations:

- Formulation d'un plan d'évacuation spécifique affiché au gouvernorat,
- Préparation du plan d'évacuation dans les zones d'inondation attendue,
- Formation au préalable de civils volontaires, et
- Mise en place d'un système pour confirmer si l'évacuation de tous les résidents est terminée avant la survenue de crues.

b) Arrangement institutionnel

Bien que la configuration institutionnelle actuelle n'a pas de goulot d'étranglement, et afin d'offrir les services souhaités par rapport à la FFWS et les activités de lutte contre les crues, il est recommandé que les tâches et les rôles à partager entre les organismes concernés soient clairement définis.

(4) Règlement / Gestion des plaines d'inondation

Les mesures structurelles nécessitent relativement d'importants financements et un calendrier de mise en oeuvre incluant des mesures d'atténuation environnementale. En revanche, les mesures non structurelles nécessitent moins de budget et moins de temps pour leur réalisation.

Zonage des crues grâce à la préparation de la cartographie des risques, qui définit le niveau de risque de crue du aux inondations, est souvent souligné dans de nombreux pays. Comme on l'a observé dans la dernière directive de la CE pour la gestion des crues, il peut être considéré comme une tendance actuelle en Europe. En outre, dans le cas du Japon, la cartographie des risques de crue a été engagée depuis 1994 lorsque le Ministère de la construction (actuellement le Ministère de Lana, de l'infrastructure et des transports, MLIT) a diffusé l'avis officiel à l'ensemble des municipalités locales pour la préparation des cartes. Les cartes des risques de crues sont affichées dans les bâtiments ou les crues sont inévitables et visent à minimiser les pertes en vie par le biais de l'encouragement intensif à l'évacuation des résidents locaux.

Dans le bassin l'oued Mejerda, la cartographie des risques de crues dans la zone d'inondation survenue habituellement au cours des dernières années sera indispensable pour réduire la vulnérabilité aux crues régionales. En particulier, pour la zone cible, des informations détaillées à intégrer et des procédures d'exploitation, etc. seront examinées dans la formulation du plan directeur. Par ailleurs, puisque les cartes de risques sont des outils essentiels pour les assurer de lutte contre les inondations, leur utilisation pratique et efficace sera prévue.

(5) Assurance inondation

L'Assurance inondation (ou l'assurance des dommages des inondations) est l'une des mesures non structurelles, dans ce cas, toutes les zones sujettes aux crues ne peuvent être totalement protégées par des mesures structurelles uniquement et ce en raison des contraintes financières et techniques. Il est très coûteux de protéger toutes les zones sujettes aux crues avec un faible risque d'inondation. Le montant des fonds de base pour les assurances d'inondations est généralement minime pour un gouvernement par rapport aux montants qui sont requis pour les mesures structurelles avec un haut niveau de protection. L'assurance inondation complémentaire est fondamentalement un instrument pour les mesures structurelles, et donc elle est généralement organisée en collaboration avec le contrôle de l'utilisation des terres, le zonage des crues, le FFWS (SPAI : un système de prévision et d'alerte aux inondations), et les programmes de lutte contre les crues.

6.6 Organisation et institution

(1) Cadre général

En se basant sur l'analyse des problèmes, des besoins et des contraintes identifiées dans la **section 5.8**, des mécanismes organisationnels et institutionnels sont recherchés pour s'approcher de l'objectif global du plan directeur de la lutte contre les crues et les mesures suivantes doivent être traitées dans le cadre de l'organisation et l'institution comme l'une des solutions alternatives:

- a) établir une unité ou un service permanent chargé des activités et de la gestion de la lutte contre les crues au niveau des directions centrales et régionales,
- b) établir des documents de planification techniques et des directives / normes de

conception: plan de lutte contre les crues, plan d'approvisionnement en eau , règles d'exploitation des réservoirs,

c) renforcer la coordination entre le MARH et le MEHAT dans la gestion du domaine public hydraulique (DPH) et des plaines d'inondation: par exemple, la réinstallation involontaire, pour éviter les perturbations du débit fluvial par les ponts et les dommages au système de drainage par les autoroutes,

d) renforcer la coordination et le soutien par le MARH au Ministère de l'Intérieur pour renforcer les activités de la Protection Civile dans la lutte contre les inondations: alerte, lutte et évacuation,

e) renforcer les activités de curage des sédiments dans les cours d'eau et les réservoirs, et les travaux de conservation en eau et en sol du bassin versant, et

f) renforcer la coopération dans la gestion des bassins fluviaux transfrontaliers avec l'Algérie: les précipitations, les débits, l'exploitation des réservoirs, les plans d'aménagement d'ouvrages hydrauliques construction de barrages.

(2) Organisation permanente de la gestion de la lutte contre les crues

Promptitude, rapidité et efficacité sont des mots clés pour la réussite des activités de gestion et de lutte contre les crues. Si l'organisation est établie occasionnellement après un important événement de crue, les activités de lutte seront limitées à des actions passives qui s'imposent après la survenue de l'évènement. Or une planification globale et rationnelle de lutte contre les crues et de gestion du système ne peut être établie dans un court laps de temps. La création d'une unité permanente ou d'un service au sein des Départements Centraux et Régionaux permet d'entreprendre des actions positives et un processus continue d'amélioration de la planification de la lutte contre les crues, fondé sur les composantes d'un cycle de gestion (rapporter, faire, vérifier, agir). Une feuille de route, du court terme au long terme, pour atteindre l'objectif national ne peut généralement être établie que par de telles structures.

(3) Planification techniques et conception des lignes directrices et de normes

(a) Uniformisation et documentation des lignes directrices et des normes

L'utilisation de planning unifié, de conception de lignes directrices, de normes et pratiques et de règles d'exploitation des réservoirs est utile pour réaliser de façon efficace et efficiente les activités de planification, de conception, de construction, d'exploitation et d'entretien des oueds et des infrastructures d'utilisation de l'eau.

La documentation de la planification unifiée, des lignes directrices, des normes de conception, des consignes de fonctionnement des réservoirs est aussi efficace pour établir les règles de gestion intégrée de la lutte contre les crues et pour la coordinations des activités entre les divers ministères et organismes concernés.

(b) Principaux critères de planification et de conception

Niveau de sécurité de l'approvisionnement en eau

Il est généralement très onéreux de créer un faible niveau de sécurité de l'approvisionnement en eau dans les zones arides où la demande en eau en saison sèche est largement supérieure à la capacité d'approvisionnement en eau. Une combinaison appropriée de la sécurité de l'approvisionnement en eau, de l'intervention d'urgence/programmes de sauvetage, de l'assurance des récoltes est généralement recherchée pour déterminer le niveau de sécurité de l'approvisionnement en eau en tenant compte des conditions locales, dont les coûts, les bénéfices, l'environnement naturel et social.

Crue de projet

Il existe deux types de critères de planification pour les crues de projet en terme de niveau de protection contre les crues. L'un est la crue de projet pour la sécurité des barrages, le débit de la crue de projet pour les évacuateurs et / ou les ouvrages de vidange. L'autre est le choix du niveau des plus hautes eaux (ou de la conception de l'hydrogramme de crue) pour le plan directeur de lutte contre les crues des bassins versants pour protéger les personnes et les biens dans les zones inondables

Débit écologique :

La plupart des pays européens ainsi que le Japon ont un critère de planification pour allouer la valeur minimale des débits des fleuves dans un plan directeur d'approvisionnement en eau. Il est appelé débit essentiel, débit environnemental, débit écologique en fonction de la politique nationale de gestion du milieu hydrique. La valeur du débit varie selon les conditions locales. En Tunisie, ce concept n'existe pas à l'heure actuelle.

(4) Méthodes rationnelles de la planification des luttes contre les crues

Le Plan de lutte contre les crues est à planifier de sorte que les différents ouvrages et mesures qui sont élaborés et fournis par ce plan avec l'hydrogramme des crues seront techniquement et économiquement harmonieux dans l'ensemble du système fluvial, et peuvent assurer de façon satisfaisante les fonctions visées dans le plan. En outre, un examen d'ensemble doit être réalisé sur les fonctions de la rivière comme la lutte contre les crues, l'utilisation d'eau dans le plan de lutte contre les inondations.

En plus, les trois grandes questions suivantes doivent être clarifiées dans le plan de lutte contre les crues:

- i) prévoir les modèles d'annonces des crues et des inondations et des dégâts et dommages qui en découlent,
- ii) clarifier à la société régionale concernée la limite maximale de l'inondation à laquelle elle peut être exposée par le plan de lutte et par la méthode d'action pour faire face aux crues, afin d'obtenir au préalable des mesures adéquates contre un excès d'inondations, et
- iii) Fournir un plan qui peut être diffusé autant que possible sur les dommages causés par le débordement des crues dans le cadre de la faisabilité technique et économique.

Il est techniquement et financièrement impossible de protéger toutes les personnes et les biens des dommages causés par les crues par des mesures structurelles seulement avec les contraintes financières du gouvernement. Un cadre institutionnel et organisationnel approprié doit être recherché en vue d'établir un plan de lutte contre les crues couvrant:

- Une combinaison appropriée des mesures structurelles, l'utilisation des terres, le FFWS, les secours d'urgence, les assurances, l'exploitation et l'entretien,
- Adaptation des objectifs de la lutte contre les crues basée sur un concept de coûts avantages.

6.7 Considérations environnementales et sociales

En Tunisie l'EIE n'est pas exigée légalement au stade de la planification. Cependant, l'étude est tenue en phase de planification d'entreprendre un diagnostic initial environnemental (IEE), conformément à l'évaluation environnementale stratégique de la JICA et les recommandations environnementales et sociales. L'IEE est le premier examen des effets prévisibles des actions proposées de lutte contre les crues sur l'environnement naturel et social. Il est possible que des mesures structurelles et non structurelles proposées dans le cadre de l'étude peuvent avoir un risque d'induire des effets négatifs sur les populations locales et l'environnement dans une certaine mesure. L'IEE doit être élaborer dans les travaux de terrain de la phase II en Tunisie et permet de déterminer les principales questions qui nécessitent une enquête approfondie et fera apparaître des questions qui ne sont pas susceptibles d'être importantes au niveau des mesures proposées. L'étude suit les concepts de base et les procédés des règlements environnementaux lois et décrets relatifs à l'EIE en Tunisie.

Conformément à la prise de décision stratégique et en fonction des considérations environnementales et sociales des lignes directrices de la JICA, les deux approches participatives, c'est-à-dire, une enquête par interview des personnes concernées et des réunions des parties prenantes, ont été menées en amont, et enaval des embouchures du bassin de l'oued Mejerda pour investiguer les opinions et l'acceptabilité sociale des mesures de protection contre les crues. Ces mesures doivent être bien adaptés en harmonie avec les attentes des résidents des zones sujettes aux inondations en matière de protection contre les risques et les dommages des crues. la réalisation par approches participatives peut être un rappel de ce qui peut être retenu sur les problèmes et solutions identifiés pendant les différents phases de cette étude.

Partie 3
Étude de phase II:
Formulation du plan directeur

CHAPITRE 7 ETUDES HYDROLOGIQUES ET HYDRAULIQUES PREALABLES A L'ELABORATION D'UN PLAN DIRECTEUR

7.1 Généralités

Les études hydrologiques et hydrauliques effectuées à ce stade en prévision de l'élaboration d'un plan directeur ont pour objectif les actions suivantes :

- estimer les hydrogrammes de différentes crues probables pour chaque sous-bassin versant, en vue de leur utilisation pour l'exploitation du réservoir et l'analyse des inondations (analyse du ruissellement)
- estimer la surface, la hauteur et la durée de l'inondation pour les différentes crues probables (analyse de l'inondation) et
- révéler les conditions actuelles de sédimentation dans le lit de l'oued, information qui sera utile pour l'élaboration du plan d'amélioration des écoulements de l'oued (analyse de la sédimentation).

7.2 Analyse du ruissellement des crues

7.2.1 Concept de base et conditions d'analyse des crues

(1) Concept de base

L'analyse des crues a été effectuée en vue de l'obtention d'hydrogrammes de crue dans les sous-bassins versants et à des points de base pour des périodes de retour de 2, 5, 10, 20, 50 et 100 ans. De plus, les calculs ont été également faits pour des crues de période de retour de 200 ans en vue de préparer l'étude sur l'exploitation du réservoir.

Cette analyse s'est basée sur des précipitations pour une période cumulée de six jours, car cette durée permet de couvrir un pic de pluies ayant produit un pic d'hydrogrammes durant les cas récents de crues importantes.

L'ampleur des crues qu'a connu l'oued Mejerda est décrite à partir d'une étude fréquentielle de précipitations pour une période cumulée de six jours dans les zones hydrologiques (HY-M, HY-U1, HY-U2, HY-D1 et HY-D2) figurant au **figure 7.2.1**. Ces zones hydrologiques ont été définies d'après le zonage de la région objet de l'étude pour la planification de la maîtrise des crues. Les cartes des isohyètes des épisodes pluvieux qui ont engendré les principales crues historiques se trouvent dans l'annexe **Data A4 du Databook**.

L'utilisation des moyennes de précipitations sur six jours permet de tenir compte des précipitations simultanées pour une crue donnée.

La notion de précipitation moyenne de 6 jours cumulés a été déduite à partir des cartes des isohyètes des épisodes pluvieux qui ont engendrés des crues exceptionnelles.

(2) Débit entrant d'Algérie

Les débits de pointe de période de retour donnée entrant de la partie algérienne ont été obtenus à partir des débits observés à Ghardimaou. Ensuite les débits de pointe à k13 sont étendus au niveau BP-AM, le débit entrant d'Algérie dans la partie tunisienne des oueds Mejerda et Mellègue a été considéré comme la condition aux limites. Avec le concept de précipitations de bassin, le débit entrant à la frontière algérienne peut être considéré comme le débit découlant des précipitations dans le bassin dans la partie algérienne, avec la même probabilité que dans la partie tunisienne.

Les débits entrants probables à la frontière algérienne ont été calculés à partir de l'analyse de probabilité des débits de pointe observés dans les stations de jaugeage (S/J) de Ghardimaou et de K13 (voir **Section 4.1.5**) Les débits probables au K13 ont été convertis en ceux de BP-AM (à la confluence des oued Mellègue et Sarrath (voir **figure 7.2.1**) sur la base des différences de bassins versants. Les débits entrants d'Algérie obtenus sont résumés ci-dessous.

Débits de pointe probables entrant aux frontières algériennes

	BV km ²	Débit de pointe probable (m ³ /s)						
		2-a	5-a	10-a	20-a	50-a	100-a	200-a
BP-AU1(Ghardimaou)	1480	250	520	790	1150	1830	2550	3540
BP-AM (Confluent Mellègue & Sarrath)	6230	440	930	1370	2120	3300	4420	6230

Source: Equipe de l'Etude

7.2.2 Analyse du ruissellement des crues

(1) Analyse des précipitations

Les données concernant les précipitations journalières enregistrées dans les stations de jaugeage et fournies par la DGRE ont été utilisées dans cette analyse. La pluviométrie moyenne sur le bassin a été calculée selon la méthode de Thiess ensuite les précipitations maximales annuelles sur une période de cumul de 6 jours d'une fréquence donnée ont été déterminées pour chaque zone hydrologique (HY-M, HY-U1, HY-U2, HY-D1 et HY-D2).

Les précipitations annuelles maximales de 6 jours probables sont résumées dans le tableau suivant, tandis que le **Tableau 7.2.1** énumère les précipitations moyennes annuelles maximales de six jours et leurs probabilités, en relation avec les principales crues enregistrées dans le passé. Dans le souci de simplifier, les précipitations moyennes annuelles maximales de six jours de HY-U2 ont été également appliquées à HY-D1 et HY-D2 en raison de leurs valeurs similaires.

Précipitations maximales annuelle de six jours probables dans le bassin (mm)

Zone	HY-M	HY-U1	HY-U2	HY-D1	HY-D2	HY-Bh
Point de base	Mellgue, Mejerda Conf	Mellgue, Mejerda Conf	Barrage Sidi Salem	Barrage Larroussia	Estuaire	Barrage BouHeurtma
Surface du bassin versant (km ²)	4561	1154	10414	14172	15968	390
1,01	25	42	28	28 (24)	28 (23)	86
2	55	75	60	60 (56)	60 (55)	143
5	82	101	84	84 (80)	84 (79)	185
10	104	121	100	100 (98)	100 (96)	215
20	128	141	118	118 (116)	118 (113)	246
30	143	155	129	129 (127)	129 (124)	264
50	164	171	143	143 (141)	143 (137)	289
100	195	196	163	163 (162)	163 (156)	324
200	230	224	184	184 (184)	184 (175)	361
Distribution	LP3	LP3	LP3	LP3	LP3	LP3

Note : Données utilisées : 1968/69 - 2005/06

LP3: Log-Pearson Type III

() : Estimation originale

Source: Equipe d'Etude

Les hyétogrammes de projet ont été élaborés à partir Des données horaires des pluies ayant provoqué des évènements exceptionnels (crues 1973, 2000,2003,2004)

(2) Hydrogramme unitaire

La **figure 7.2.2** indique les sous-bassins versants pour l'analyse du ruissellement, et la **figure 7.2.3** présente le schéma synoptique du système hydraulique de la mejerda.

La méthode de l'hydrogramme unitaire non dimensionnée a été utilisée dans cette analyse pour le calcul du ruissellement des sous-bassins versants, en raison des caractéristiques du bassin, de la disponibilité des données et de l'exactitude requise pour une étude de plan directeur. l'hydrogramme unitaire non dimensionné pour la zone concernée par l'étude peut être dérivé d'hydrogrammes observées dans le bassin et il permet donc d'exprimer les caractéristiques des écoulements dans la zone faisant l'objet de l'étude. Les hydrogrammes de crues importantes enregistrées dans les principales stations de jaugeage de Gardimaou sur l'oued mejerda et de k 13 sur l'oued Mellègue, ont été choisis pour l'élaboration d'un hydrogramme unitaire non dimensionné, qui représente les caractéristiques standardisées du ruissellement du bassin. La **figure 7.2.4** présente l'hydrogramme unitaire non dimensionné qui a été appliqué.

Ce dernier a été converti en hydrogramme unitaire pour chaque sous-bassin en tenant compte des paramètres requis, tels que la superficie du bassin versant et le temps de propagation. **La figure 7.2.5** présente des exemples des hydrogrammes unitaires obtenus pour une précipitation unitaire dépassant 10mm par heure.

(3) Crues probables

Les précipitations enregistrées (hyétogrammes de projet) ont été transformées en débits provenant de chaque sous-bassin. Les débits probables ont été calculés pour 2, 5, 10, 20, 50, 100 et 200 ans. Les hydrogrammes des débits obtenus pour quelques sous-bassins sont réunis dans **Data A5 du Databook**, et les débits de pointe du ruissellement de chaque sous-bassin sont donnés au **Tableau 7.2.2**.

Les pointes des hydrogrammes de crue de la Mejerda et ses affluents sont atténués par les barrages.. C'est pourquoi, dans cette analyse, les hydrogrammes au niveau des principales stations points de base ont été calculés au moyen du logiciel commercialisé MIKE BASIN qui peut simuler l'exploitation du réservoir ainsi que les débits naturels. **figure 7.2.6** simule les débits de pointe en considérant une situation sans barrages), actuelle (exploitation standard des barrages) ou améliorée (exploitation améliorée 2030), au niveau de certains points de base. Les hydrogrammes du débit entrant de la partie algérienne du bassin de la Mejerda a été estimés par des enregistrements des hydrogrammes mentionnés dans la **paragraphe 7 .2.1**. On a considéré que les lits d'oued sont dans leur état actuel. **Le Rapport Complémentaire C** donne des détails sur les simulations d'exploitation du réservoir effectuées au moyen de MIKE BASIN.

Afin de vérifier les crues probables obtenues au niveau des points de base, les débits spécifiques des crues probables ont été examinés et comparés avec ceux donnés par d'autres sources, telles que :

- Les résultats des analyses de probabilité des débits observés aux stations de jaugeage dans l'Étude et dans d'autres études (par exemple "Monographies Hydrologiques", 1981), et
- Les débits probables sur des sites de barrages existants ou projetés, dans des études/projets existants.

La figure 7.2.7 donne les débits spécifiques au niveau des points de base de la région étudiée, et démontre que les débits spécifiques pour les crues probables obtenues dans cette analyse s'organisent selon des courbes formées par les débits spécifiques donnés par les études existantes.

Les hydrogrammes enregistrés et simulés ont également été comparés.

Ces observations permettent de considérer que les résultats de l'analyse de ruissellement ont été vérifiés.

7.3 Analyse des inondations causées par les crues

7.3.1 Généralités

L'analyse des inondations a pour objectif les actions suivantes :

- clarifier les mécanismes et les caractéristiques des crues, tels que niveau d'eau, positions de débordement et direction du ruissellement dans les plaines inondées,
- comparer les conditions d'inondation avant et après la mise en oeuvre du projet, avec différentes probabilités, et
- obtenir des niveaux d'eau de projet et d'autres paramètres hydrauliques de différents scénarios d'amélioration des écoulements de l'oued, en vue de procéder à la conception préliminaire.

Afin d'évaluer séparément les effets de l'amélioration de l'exploitation du réservoir et des travaux d'amélioration des écoulements de l'oued, les trois cas de figure suivants ont été envisagés. Pour chacun d'entre eux, on a simulé les inondations causées par cinq crues probables différentes (5, 10, 20,50 et 100 ans). Les résultats des simulations ont été

utilisés pour estimer et évaluer les dégâts des crues (et des effets de l'amélioration de l'exploitation du réservoir/des cours d'eau) en vue de la planification du contrôle des crues.

**Analyse des inondations selon trois cas de figures
(combinant l'exploitation du réservoir et l'état du lit de l'oued)**

Cas	Types de gestion du réservoir	Etat du lit de l'oued
Avant le Projet : Situation actuelle	Exploitation standard actuelle	Etat actuel
Après Projet 1 : Exploitation améliorée du réservoir	Exploitation améliorée (2030)	Etat actuel
Après Projet 2 : Exploitation améliorée du réservoir + amélioration de l'oued	Exploitation améliorée (2030)	Amélioration de l'oued (Elaboration du plan directeur par l'Étude)

Source: Equipe de l'Etude

Les types d'exploitation du réservoir et l'état du lit de l'oued indiqués dans le tableau précédent sont brièvement décrits ci-dessous. Les détails sont discutés dans les **Rapports Complémentaires C et D**.

Types d'exploitation du réservoir	
Exploitation standard actuelle	<ul style="list-style-type: none"> • Exploitation standard (exploitation actuelle typique) • Choix de quatre barrages existants (Sidi Salem, Mellègue, Bou Heurtma, Siliana) • Résultat de l'analyse Mike Basin de l'exploitation du réservoir effectuée dans le cadre de l'Étude
Exploitation améliorée (2030)	<ul style="list-style-type: none"> • Exploitation améliorée du réservoir recommandée pour l'année-cible 2030 • Choix de sept barrages (Sidi Salem, Mellegue, Bou Heurtma, Siliana + Sarrath, Tessa, Mellègue 2) • Résultats de l'analyse Mike Basin de l'exploitation du réservoir effectuée dans le cadre de l'Étude
Etat du lit de l'oued	
Etat actuel	<ul style="list-style-type: none"> • Résultats de l'enquête topographique de 2007 (sections transversales et profils longitudinaux) menée par le MARH et l'Equipe du Projet
Amélioration des écoulements de l'oued	<ul style="list-style-type: none"> • Etat actuel (résultats de l'enquête topographique menée par le MARH et l'Equipe du Projet en 2007) + Alternatives d'amélioration prévues pour l'oued (excavation, canaux de dérivation et bassins de retardement) conçues dans le cadre de l'Étude

Source: Equipe de l'Etude

7.3.2 Méthodologie

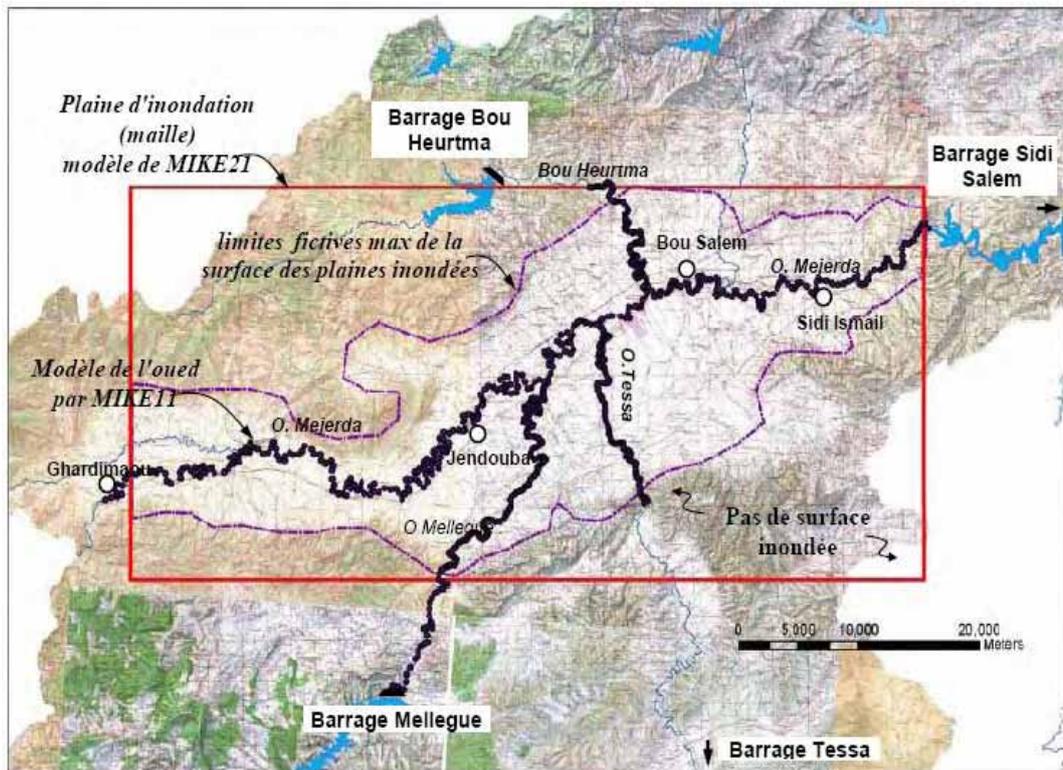
(1) Description générale du modèle

Le modèle bi-dimensionnel variable a été utilisé dans l'analyse des inondations réalisée dans cette Étude. Cette méthode a été choisie parce qu'elle permet d'étudier les changements temporels du comportement des crues, y compris la surface inondée, les

niveaux d'eau et les débits. De plus, ce modèle a été utilisé en tenant compte de la vaste étendue inondée observée durant les crues, particulièrement dans la zone en aval. Le logiciel commercialisé MIKE FLOOD élaboré par DHI a été utilisé dans cette étude. Il permet de combiner le modèle hydraulique à une dimension (1-D) et celui à deux dimensions (2-D).

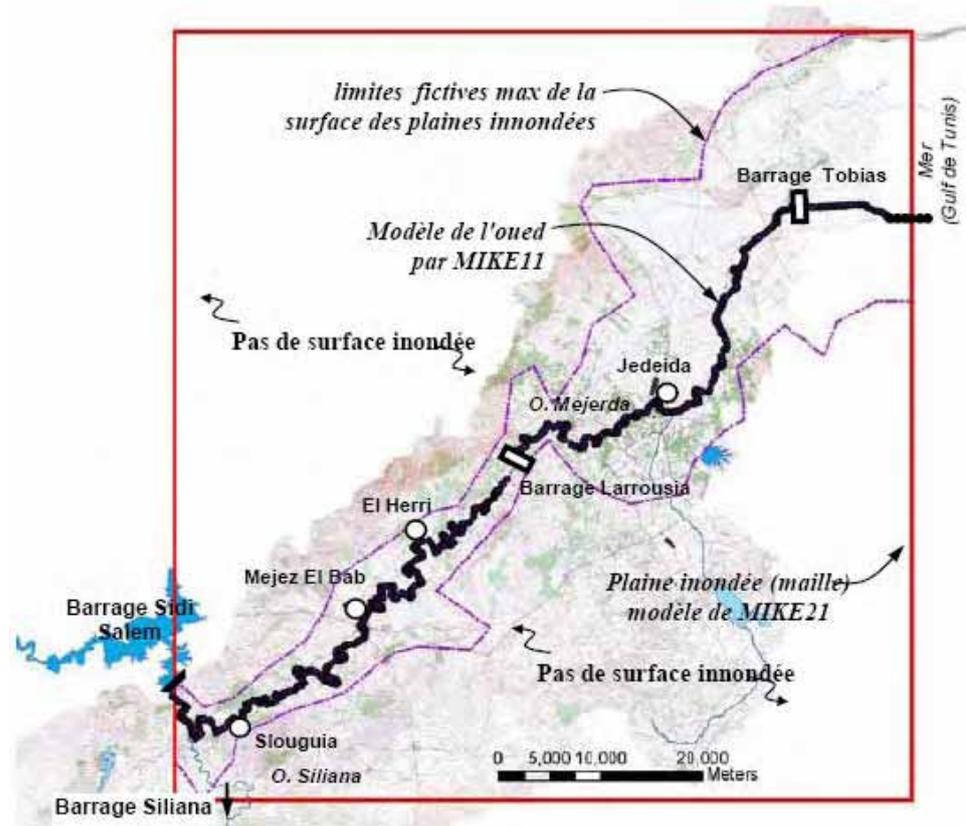
Cette section décrit brièvement le modèle de simulation, les détails figurant dans **Data A6 du Databook** (Training Text: Note explicative sur le modèle d'analyse des inondations (MIKE FLOOD) pour le bassin de la Mejerda).

Le modèle d'analyse des inondations utilisé dans cette étude devant servir au plan directeur a été conçu de manière à couvrir les plaines inondées potentielles dans l'ensemble du bassin de la Mejerda. Le modèle a été subdivisé en un modèle pour l'amont et un pour l'aval du barrage de Sidi Salem, car les conditions hydrauliques des inondations causées par les crues dans les deux zones sont différenciées en raison de la présence du barrage. Les cartes suivantes indiquent les zones couvertes par les modèles.



Source: Equipe de l'Etude

Zone couverte par le modèle appliqué à la partie en amont de la Mejerda



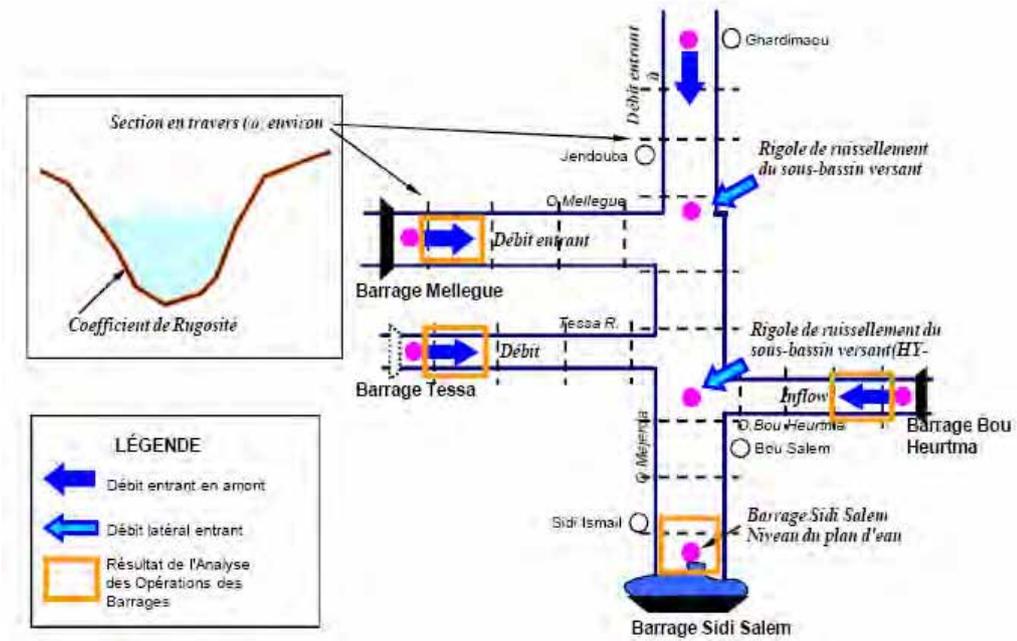
Source: Equipe de l'Etude

Zone couverte par le modèle appliqué à la partie en aval de la Mejerda

La partie 1-D du modèle a été établie le long de l'oued Mejerda et de ses principaux affluents sur les plaines inondées potentielles. La partie 2-D a été établie le long des cours d'eau du modèle 1-D en utilisant les données topographique de grille (228m x 228m). La taille de la grille a été choisie en fonction de la précision requise pour le niveau de plan directeur et des intervalles des sections transversales disponibles (environ 500m). Un modèle séparé utilisant une grille de plus petite taille (76m x 76m) a été utilisé exclusivement pour la ville de Bou Salem afin de reproduire les conditions réelles de l'inondation au niveau des berges localement basses de l'oued Bou Heurtma.

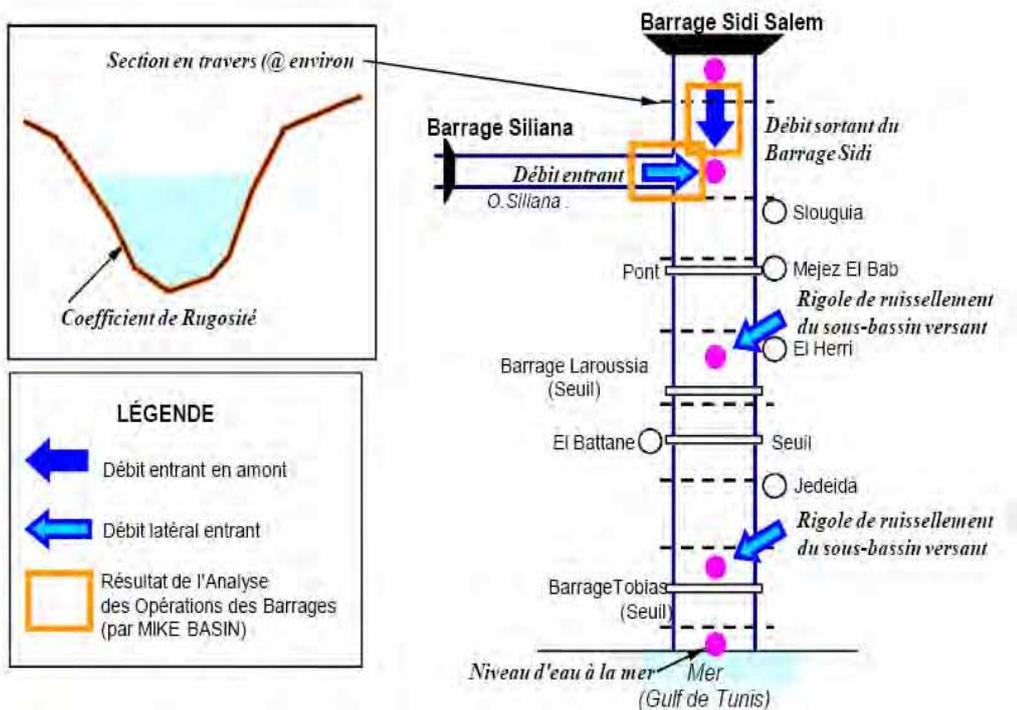
(2) Données utilisées et conditions aux limites

Les principaux éléments nécessaires à la construction du modèle sont donnés ci-après. Comme indiqué dans les figures, le modèle d'analyse des inondations nécessite l'utilisation des débits sortants du barrage résultant de la simulation de l'exploitation du réservoir par la méthode MIKE BASIN (**figure 7.2.6**).



Source: Equipe de l'Etude

Modèle 1-D (MIKE11) pour la Mejerda en amont du barrage de Sidi Salem



Source: Equipe de l'Etude

Modèle 1-D (MIKE11) pour la Mejerda en aval du barrage de Sidi Salem

Sur la base de l'analyse non-uniforme précédente réalisée pour les conditions de ruissellement aux ponts et autres structures, il a été décidé d'opter pour le modèle variable d'analyse des inondations dans l'étude des ponts et structures suivants où l'impact a été assez significatif.

En amont du barrage de Sidi Salem	<ul style="list-style-type: none">• Le pont situé au-dessus de l'oued Bou Heurtma à environ 280 m en amont du confluent avec la Mejerda
En aval du barrage de Sidi Salem	<ul style="list-style-type: none">• Le pont Andalous à Mejez El Bab• Le barrage de Laroussia• Le déversoir d'El Battane• Le Vieux pont de Jedeida• Le barrage mobile de Tobias• D'autres déversoirs sur le lit de l'oued, tel que le déversoir de la station de pompage d'El Herri

Les vannes des barrages de Laroussia et de Tobias sont supposées être entièrement ouvertes durant toute la période des crues survenant après la présente exploitation.

7.3.3 Calibration des modèles

Comme cela est décrit dans les sections précédentes, une série d'analyse des crues implique deux ensembles de modèles de simulation, le modèle MIKE BASIN utilisé pour le calcul des crues probables parallèlement à l'exploitation du réservoir, et le modèle de simulation hydraulique/d'inondations MIKE FLOOD appliqué à l'analyse des inondations des crues. Les deux modèles ont été calibrés de manière à être compatibles.

La comparaison des hydrogrammes observés durant les principales crues enregistrées, les résultats de la simulation par MIKE FLOOD et ceux de la simulation par MIKE BASIN ont permis de conclure que les résultats de la simulation par MIKE FLOOD s'accordaient avec les archives disponibles et avec les résultats de MIKE BASIN.

7.3.4 Résultats de la simulation de l'analyse d'inondation

On trouve à la **figure 7.3.1** des exemples de cartes d'inondation basées sur les résultats de simulations d'inondations. D'autres cartes présentant divers cas d'inondation figurent dans **Data A7 du Databook**. Les conclusions de l'analyse d'inondation sont brièvement décrites ci-après.

(1) Inondation dans les conditions actuelles (avant le Projet)

La simulation de la surface inondée totale selon la période de retour (5 à 50 ans) est résumée dans le tableau suivant. En termes de surface inondée, la région basse allant de Jedeida à El Mabtouh (dans D2) est la plus remarquable, suivie par les tronçons en amont du barrage de Laroussia (dans D1) et la région entourant Bou Salem (dans U2). Ceci explique les crues enregistrées.

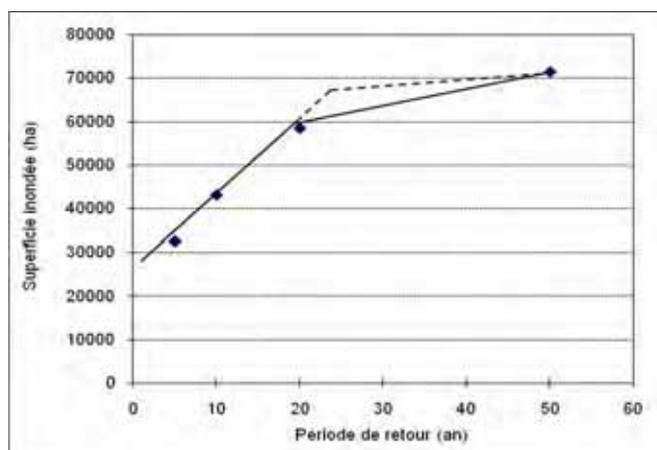
Surfaces inondées obtenues par simulation (Conditions actuelles) (unité : ha)

Zone	5-ans	10-ans	20-ans	50-ans
U1	350	790	1890	4960
U2	2210	4540	6670	8430
M	150	430	1070	1590
Total amont*	2700	5800	9600	15000
D1	2770	3960	4810	5690
D2	27080	33400	44070	50810
Total aval*	29900	37400	48900	56500
Total*	32600	43100	58500	71500

Note : * : arrondi, Source : l'Equipe du Projet (résultats de la Simulation)

Comme le montre la figure à droite, la surface augmente avec l'allongement de la période de retour jusqu'à 20 ans, mais le rythme de l'augmentation diminue lorsque les périodes de retour deviennent plus longues. Cette tendance s'expliquerait par les limites topographiques des plaines inondées.

Les principales conclusions tirées des résultats des simulations sont indiquées ci-après. Généralement, les résultats des simulations semblent donner une explication satisfaisante aux comportements de crues.



Zones inondées (simulation) et période de retour

(i) En amont du barrage de Sidi Salem

Applicable à toutes les crues probables

- Les tronçons suivants sont particulièrement susceptibles de connaître des inondations :
 - Région de la confluence de la Mejerda avec l'oued Rarai
 - Région de la confluence de la Mejerda avec Mellègue
 - Ville de Bou Salem
 - Région de la confluence de l'oued Kasseb, en particulier aux environs de l'ancien cours (queue de bief) de la Mejerda
- Des inondations peuvent être observées dans la région de Bou Salem lorsque la période de retour atteint dix ans.
- Le ruissellement des crues dans la région de Bou Salem provient principalement de l'oued Bou Heurtma. Le débordement commence dans la section basse de la rive droite de l'oued Bou Heurtma.

(ii) En aval du barrage de Sidi Salem

Applicable à toutes les crues probables

- Les régions suivantes sont susceptibles de connaître des inondations, même dans le cas de crues probables de 5 à 10 ans.

- En aval de la ville de Jendouba (El Henna)
- En amont du barrage de Laroussia, y compris Medjez El Bab
- Région d'El Mabtouh
- En aval du barrage mobile de Tobias
- L'inondation commençant en aval et près de Jedeida avance vers la région d'El Mabtouh dans le nord.
- La durée de l'inondation est généralement longue. Dans plusieurs zones, elle se poursuit pendant une semaine ou plus.

Crues de 20, 50 et 100 ans

- Lorsque l'ampleur de la crue atteint une probabilité de 20 ans, l'inondation touche également les régions suivantes :
 - Les zones basses situées au nord-est de la région d'El Mabtouh (l'eau des crues provient d'El Mabtouh)
 - La région d'El Battan et de Tébourba.
 - L'ordre chronologique du début des débordements est (i) en amont du barrage de Laroussia, (ii) en aval de la ville de Jedeida, puis (iii) la région d'El Battan-Tébourba.
- (2) Les inondations dans la période venant après le Projet 1 (exploitation améliorée du réservoir)

La première phase de la « condition post-projet » envisage une exploitation améliorée du réservoir utilisant les lits d'oued actuels. Le tableau suivant compare les surfaces inondées dans la période « avant le projet » et la première phase de la période « après le projet ».

Surfaces inondées avant et après le Projet 1 (exploitation du réservoir) (unité : ha)

Zone	5-ans	10-ans	20-ans	50-ans
En amont				
Avant le Project	2 700	5 800	9 600	15 000
Après le Project 1 –Exploitation du Réservoir	1 800	4 200	8 900	14 800
En aval				
Avant le Project	29 900	37 400	48 900	56 500
Après le Project 1 –Exploitation du Réservoir	20 600	35 900	44 900	55 900
En amont+ en aval				
Avant le Project	32 600	43 100	58 500	71 500
Après le Project 2 –Exploitation du Réservoir	22 400	40 100	53 800	70 700

Source: L'Equipe de l'Étude (Résultats des simulations)

Les principales caractéristiques de la situation après le Projet 1 sont résumées ci-après.

- Avec l'exploitation améliorée du réservoir entraînant une diminution du débit sortant, la surface inondée sera réduite par rapport à ce quelle est actuellement. Cependant, cet effet devient moins sensible avec l'allongement de la période de retour. Ceci est directement lié au débit sortant de pointe régulé par les barrages.
- Les inondations continuent à se produire même avec une exploitation améliorée du

réservoir.

- Les caractéristiques générales du comportement de l'inondation, telles que la submersion des tronçons fragiles et la direction des ruissellements, correspondent en général à la situation d'avant le Projet, sauf en ce qui concerne la surface inondée.
 - On observe la longue durée de l'inondation même après l'amélioration de l'exploitation du réservoir, en raison de l'écoulement atténué mais prolongé provenant des barrages, en particulier en aval du barrage de Sidi Salem.
- (3) Les Inondations après le Projet 2 (exploitation améliorée du réservoir + amélioration des cours d'eau)

La seconde phase « après-projet » combine une exploitation améliorée du réservoir et une amélioration de l'oued. Pour chaque crue probable, on a fait la simulation pour différentes alternatives d'amélioration des cours d'eau, afin d'explorer les plans d'amélioration les plus rentables. On a calculé qu'une crue de 20 ans pour U2 et une crue de 10 ans pour les autres zones constituent l'échelle la plus appropriée pour les plans d'amélioration des oueds (voir **Chapitre 8**). La **figure 7.3.1** compare les cartes d'inondation des exemples choisis dans les conditions d'avant et d'après le projet.

Certaines inondations subsistent même après la mise en œuvre des travaux d'amélioration des cours d'eau. Ces surfaces inondées contribuent à atténuer les pics de débits en aval. De telles inondations, localisées et d'ampleur maîtrisée, font partie du concept de planification de l'amélioration des cours d'eau. Les détails sont donnés au **Chapitre 8** et dans le **Rapport Complémentaire D**.

7.3.5 Commentaires sur l'analyse d'inondation envisageable à une étape ultérieure

Le modèle de simulation d'analyse d'inondation de cette Étude (modèle MIKE FLOOD) avait pour but de garantir une précision convenant à une étude de plan directeur. On propose que les questions suivantes soient étudiées dans les analyses d'inondation futures lors des futures études de gestion des crues dans le bassin de la Mejerda.

- Pour l'Étude, le modèle a été construit en appliquant un intervalle de 500 m entre les sections et des données de grilles topographiques de 228m x 228 m en principe. L'intervalle et la taille choisis ont permis d'atteindre des résultats d'une précision répondant aux besoins d'un plan directeur d'analyse des inondations. Cependant, pour les analyses plus détaillées nécessaires aux étapes suivantes, il conviendra de choisir une plus haute résolution des données topographiques de grille (soit des grilles de plus petite taille) et des sections transversales à intervalles plus courts, de manière à simuler des phénomènes hydrauliques plus sporadiques.
- Pour une analyse plus détaillée, avec taille de grille et intervalle de sections transversales plus petits, on propose que les modèles soient divisés en plus de deux régions, ou qu'ils se limitent à certaines zones bien ciblées, à la différence des modèles de cette étude qui couvrent toute la région en amont ou en aval.
- Lorsque le modèle sera mis à jour à l'avenir, il sera peut-être nécessaire d'avoir recours à de nouvelles enquêtes sur les sections transversales, parce que l'intervalle requis sera plus court que dans le mode actuel, et que la forme des sections

transversales se trouvera peut-être modifiée par la sédimentation ou l'érosion futures. Les coefficients de rugosité devront peut-être aussi être actualisés en raison des conditions de la végétation.

- Il faudra éventuellement inclure dans le modèle futur un plus grand nombre de structures, avec une résolution plus haute si nécessaire.

7.4 Analyse de la sédimentation

7.4.1 Généralités

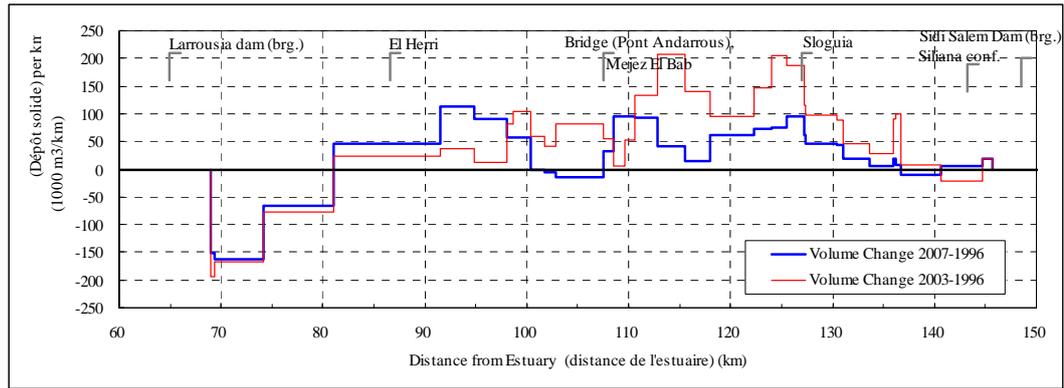
Afin d'assurer une capacité prévisible de transfert d'eau de crues par le lit de l'oued, une maintenance périodique sous forme de dragage/excavation est indispensable si la sédimentation dépasse effectivement l'affouillement dans le lit de la Mejerda. Cette étude a analysé la tendance générale à la sédimentation dans le lit de l'oued, en vue de parvenir à une estimation préliminaire d'une moyenne à long terme du volume d'excavation/dragage nécessaires, qui sera appliqué pour évaluer les coûts moyens de maintenance, dans le cadre de l'évaluation économique du plan directeur de gestion des crues.

Cette analyse a permis d'évaluer, grâce aux données géométriques des sections transversales, une tendance générale à la sédimentation graduelle dans le lit de la rivière. Cette approche a été choisie pour répondre aux besoins du plan directeur, en utilisant les données disponibles. Il sera nécessaire à l'avenir de procéder à des analyses détaillées de la sédimentation pour une discussion plus approfondie des questions qui lui sont liées.

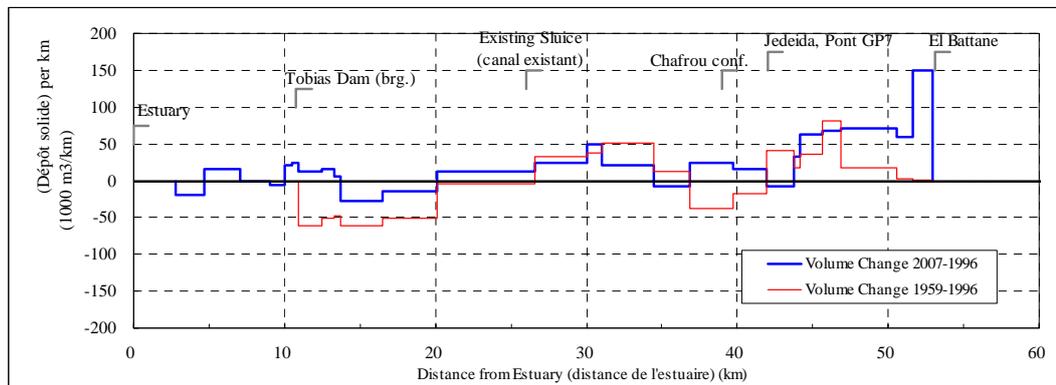
7.4.2 Estimation quantitative préliminaire de la sédimentation dans le lit de la Mejerda

Les résultats des enquêtes portant sur les sections transversales menées en 1996, 2003 et 2007 par le MARH en aval du barrage de Sidi Salem ont été comparés dans le but d'évaluer l'ampleur des changements. Les données sur les sections transversales de 2003 n'existent que pour le tronçon situé entre les barrages de Sidi Salem et de Laroussia, tandis que deux autres ensembles de données couvrent le tronçon qui va du barrage de Sidi Salem à l'estuaire. Des données concernant quelques sections transversales de 1959 étaient également disponibles, mais n'ont pas été utilisées dans cette analyse des lacunes qu'elles comportant et de leur manque de fiabilité.

Les changements dans le temps obtenus par cette procédure ont été étudiés au niveau des tronçons. Les volumes de sédimentation ou d'affouillement de deux années différentes couvertes par les enquêtes de sections transversales sont comparés dans les diagrammes suivants.



(a) Barrage de Sidi Salem – Barrage de Laroussia



Note: Le changement entre 1959 et 1996 est donné à titre indicatif. La fiabilité des données de 1959 sur les sections transversales n'est pas très grande.

(b) Barrage de Laroussia – Barrage de Sidi Salem

Source: L'Equipe de l'Étude

Volume des dépôts solides (ou de l'affouillement) par rapport à 1996

Nous donnons ci-après les conclusions observées :

- La comparaison des données existantes indique que les capacités de débit du lit de l'oued ne présentent pas une tendance décroissante monotone. Les changements varient selon la situation géographique. Par ailleurs, même lorsqu'il s'agit du même site, le lit a connu des périodes d'affouillement et d'autres de sédimentation.
- En général, les archives indiquent que la sédimentation l'emporte sur l'affouillement, et les surfaces de ruissellement ont tendance à diminuer en conséquence.
- Dans la Mejerda, les dépôts se font souvent sur les berges de l'oued plutôt que sur son lit. Par la suite, pour restaurer les capacités de ruissellement, l'affouillement peut survenir dans le lit de l'oued. Ainsi, dans le cas de la Mejerda, les dépôts causant la réduction de la capacité de débit ne signifient pas toujours l'agréation du lit de l'oued.
- Le volume des dépôts durant la période 1996 à 2003 est généralement supérieur à celui de la période 1996 à 2007. Ce serait là la conséquence des crues fréquentes survenues de 2003 à 2005, après une période de sécheresse relative entre 1996 et 2002.

Dans cette analyse, la quantité moyenne de dépôts entre 1996 et 2007 a été déterminée en vue de son utilisation dans la discussion des moyennes de sédimentation à long terme dans le lit de l'oued en aval du barrage de Sidi Salem. Cette période correspond à l'objectif de l'analyse, en raison de la disponibilité et de la fiabilité des données transversales, et parce que cette période inclut de manière impartiale des années de crue et des années de sécheresse.

Le tableau suivant indique les quantités moyennes de dépôts solides entre 1996 et 2007.

Quantité estimative de dépôts solides entre 1996 et 2007 1996 to 2007

Zone	Section	CA** (bv) km2	Distance km	Volume	Volume /km/yr	Volume /yr	Volume /yr , 20%	Net volume (volume net)* million m ³ /yr	Equivalent height (Equivalent hauteur) mm/yr (mm/an)
				1996-2007	(Volume	(Volume /an)	allowance added (Volume /an, 20% indemnité ajoutée)		
				11 years	/km/yr (1000m ³ /km/yr)	(Volume /an) (million m ³ /an)	(Volume /an, 20% (million m ³ /an)		
D1	Sidi Salem - Testour		10.1	0	0	0.000	0.000	0.000	
	Testour - Slouguia		11.0	30	2.727	0.030	0.036	0.018	
	Slouguia - Mejez El Bab		19.5	75	6.818	0.133	0.160	0.080	
	Mejez El Bab - MD145, 100 km from estuary (100 km de l'estuaire)		7.9	0	0	0.000	0.000	0.000	
	MD145, 100 km from estuary (100 km de l'estuaire)		18.0	70	6.364	0.115	0.137	0.069	
	82 km from estuary, near El Herri (82 km de l'estuaire, près d'El Herri)		14.7	10	0.909	0.013	0.016	0.008	
	Larrousia Reservoir up end (jusqu'à la fin de Reservoir Larrousia)		2.3	0	0	0.000	0.000	0.000	
D1 Subtotal (Total partiel)		2495	83.5			0.291	0.349	0.175	0.070
D2	Larrousia Dam (barrage) - El Battane		11.9	0	0	0.000	0.000	0.000	
	El Battane - Jedeida		11.4	70	6.364	0.073	0.087	0.044	
	Jedeida - Chafrou		2.7	10	0.909	0.002	0.003	0.002	
	Chafrou - Existing Slouice (Existants canal)		12.9	20	1.818	0.023	0.028	0.014	
	Existing Slouice (Existants canal) - Tobias		15.3	10	0.909	0.014	0.017	0.009	
	Tobias - Estuary (Estuaire)		10.8	0	0	0.000	0.000	0.000	
D2 Subtotal (Total partiel)		1475	65.0			0.112	0.135	0.068	0.046
Total (Sidi Salem-Estuary)		3970	148.5			0.403	0.484	0.242	0.061

Note : * Porosity of bed material on downstream of Sidi Selem Dam (Porosité des matériaux du lit en aval du barrage Sidi Selem)

0.5
** Dam catchments are excluded. (Les bassins versants des barrages sont exclus.) (Sidi Salem, Siliana (and Rmil)

Source: L'Equipe de l'Étude

La sédimentation moyenne à long terme est résumée dans le tableau ci-après, conformément aux estimations préliminaires effectuées dans cette analyse.

Zone	B.V* km ²	Longueur du cours d'eau km	Enlèvement des dépôts vol./an mil. m ³ /an	Taux mm/an
U1	1 154	89,1	0,16	0,070
U2	2 395**	63,9***	0,34	0,070
M	405	18****	0,06	0,070
D1	2 495	83,5	0,35	0,070
D2	1 475	65,0	0,13	0,046

Note:

* : Les bassins versants des barrages ne sont pas inclus.

** : La surface du réservoir de Sidi Salem et celle du bassin versant se déversant directement dans le réservoir de Sidi Salem sont exclus.

*** : Les tronçons situés sous le réservoir de Sidi Salem ne sont pas inclus.

**** : en aval du barrage du Mellegue

Pour l'estimation du volume des dépôts dans le lit de l'oued en amont du barrage de Sidi Salem, le taux de sédimentation de la Zone D1 a été appliqué lorsque les résultats des enquêtes transversales n'étaient pas disponibles, car le bassin versant présente, du point de vue de la géographie et de l'utilisation du sol, les mêmes caractéristiques que les bassins situés en amont.

Il convient de noter que la réduction de la capacité de débit dans la Mejerda dépend non seulement des dépôts solides, mais également des arbustes qui poussent dans le lit de l'oued ; ceci est confirmé par les investigations menées par diverses sources, y compris les résultats de la présente analyse et les conditions constatées sur le terrain. C'est ainsi que l'on dit souvent que la largeur du lit et la capacité de débit de la Mejerda ont été au moins divisées par deux durant les deux ou trois dernières décennies, et que l'on attribue cela à la sédimentation considérable. Cependant, ces affirmations ne font pas de distinction entre l'impact de la sédimentation et celui de la végétation. La rugosité croissante du lit provoquée par les arbustes et buissons épais a diminué la capacité de débit de l'oued. Elle a également réduit sa capacité de transférer les sédiments, ce qui a induit une sédimentation plus importante.

Ainsi, dans le bassin de la Mejerda, il est important de procéder à la fois à l'abattage/enlèvement des buissons qui encombrent le lit des oueds et à l'élimination des dépôts solides, pour assurer le transfert de l'eau et maintenir la capacité de débit de projet.

CHAPITRE 8 ETUDE DES PLANS ALTERNATIFS AU PLAN DIRECTEUR

8.1 Stratégie de base pour la formulation du plan directeur

L'objectif principal de l'étude est de développer un plan directeur pour le contrôle et la gestion durables des crues de l'oued Mejerda. L'objectif final de l'étude est d'élaborer les mesures de régulation des inondations selon le Plan Directeur afin d'assurer la protection contre les inondations et le bien être social ainsi que de soutenir les efforts de l'Etat pour le développement économique national et régional. Le Plan Directeur propose un plan d'action et propose les directives à suivre pour le contrôle global des inondations et la gestion de l'oued Mejerda. Les mesures qui seront proposées seront donc réalistes et pratiques.

En considération de ce qui est mentionné ci-dessus, le plan directeur a été formulé selon les stratégies suivantes :

- (1) Approche générale pour le contrôle des inondations sur la base de la Gestion Intégrée des Inondations

La gestion des inondations c'est toujours intéressée aux pratiques de lutte mais on reconnaît de plus en plus et partout dans le monde pendant ces dernières années un changement de la pratique de lutte contre les inondations vers une gestion des risques. Ce changement encourage la mise en œuvre de la Gestion Intégrée des Inondations (GII) qui est une procédure qui cherche à promouvoir une approche intégrée plutôt que fragmentée à la gestion des inondations. Cette approche consiste à intégrer le développement des ressources en sol et en eau dans le bassin dans le contexte d'une Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE) et la gestion des inondations basée sur le principe de la gestion des risques pour optimiser les avantages du lit majeur et minimiser les pertes en vies humaines causées par les inondations.

En encourageant les politiques pour maximiser l'usage efficace des ressources du bassin de l'oued Mejerda, on doit faire des efforts pour maintenir ou augmenter la productivité des plaines inondables. D'un autre côté, les pertes économiques et en vies causées par les inondations ne doivent pas être négligées. Traitant les inondations comme un problème isolé nous donne une approche locale et fragmentaire. La GII nécessite un changement de l'approche traditionnelle de la gestion divisée des inondations.

La caractéristique principale de la GII est l'intégration formulée en plusieurs formes: une combinaison appropriée des stratégies, des points d'intervention, des types d'intervention (notamment, les mesures structurales/non-structurales et les mesures à court/long termes) ainsi qu'une approche participative transparente dans le processus de prendre des décisions, et particulièrement en termes de l'intégration institutionnelle et comment les décisions sont prises et appliquées dans le cadre de la structure institutionnelle proposée.

Donc, un plan pour la gestion intégrée des inondations doit adresser les cinq questions essentielles suivantes pour la gestion des inondations dans le cadre d'une approche de la GIRE. Ces points paraissent suivre une logique et un ordre de la manière suivante :

- Gérer le cycle d'eau en général,
- Intégrer la gestion des eaux et des terres agricoles,
- Adopter la meilleure combinaison de stratégies,
- Assurer une approche participative, et,
- Adopter des approches intégrées dans la gestion des risques.

Pour dresser les questions de contrôle des inondations dans le bassin de la Mejerda d'une manière exhaustive, il est nécessaire d'adopter l'approche compréhensive basée sur le concept de la Gestion Intégrée des Inondations dans l'élaboration du Plan Directeur

(2) La priorité de l'offre de l'eau

L'eau est une ressource limitée et précieuse en Tunisie, un pays qui se trouve dans une zone aride et semi-aride. Aucune goutte d'eau ne doit être gaspillée. Pour cette raison l'Etat a développé un plan national pour la gestion des eaux qui donne la priorité à l'utilisation de l'eau. La balance entre la demande et l'offre de l'eau a été gérée dans le cadre d'un système global en Tunisie. Sécuriser l'offre en eau en exploitant les eaux de surface relativement abondantes au nord y compris dans le bassin de la Mejerda est une question cruciale en Tunisie.

En prenant en considération ce qui a été mentionné ci-dessus, le plan de contrôle des inondations dans le bassin de la Mejerda cherche à assurer une harmonie avec le plan d'utilisation de l'eau dans le bassin en donnant la priorité à sécuriser l'offre en eau. Les risques de l'offre de l'eau et les risques des inondations sont liés et équilibre doit être trouvé.

(3) Le partage des rôles entre les mesures structurales et non-structurales

La protection absolue contre les inondations n'est ni techniquement faisable ni viable en termes économique et environnemental. Les mesures de régulation des inondations doivent donc chercher à minimiser les dégâts. Une combinaison appropriée entre les mesures structurelles et non-structurelles est indispensable.

Les mesures structurelles s'intéressent à la prévention des inondations selon un plan de prévention des inondations. Ces mesures ont un niveau qui est techniquement faisable, et viables en termes économiques et environnementaux. Par contre les mesures non-structurelles s'intéressent à atténuer les dégâts causés par les inondations excessives qui dépassent le cadre de ce plan. Les mesures non-structurelles doivent également jouer un rôle en soutenant l'effet de prévention que jouent les mesures structurelles.

Les inondations sont un phénomène naturel. Des inondations catastrophiques qui peuvent avoir des effets dévastateurs dans et autour des zones affectées peuvent être anticipées. Ces événements extraordinaires peuvent être à l'origine de crises nationales capables de paralyser le pays et le fonctionnement de l'état et doivent être considérés comme des calamités naturelles qui sont au-delà des responsabilités et des capacités de régulation et

de la gestion des oueds. Dans le cadre de cette vision, l'étude propose que les mesures non-structurelles du plan directeur soient planifiées pour des périodes de retour de 100 ans dans le cadre d'une mission de la gestion de l'oued Mejerda.

(4) L'acceptabilité des mesures de régulation des inondations par le public

Les mesures de régulation des inondations doivent répondre aux attentes des résidents des zones exposées aux inondations. Pour cela, une enquête menée auprès des habitants sur l'acceptabilité des risques des inondations ainsi que deux (2) réunions publiques de consultation ont été tenues avec les preneurs de décision y compris les agences gouvernementales locales et centrales ainsi que les résidents locaux dans les cours en amont, les cours moyens et les cours en aval du bassin de la Mejerda pour un sondage des besoins sociaux, des points de vue, des opinions et l'acceptabilité des mesures de régulation des inondations afin de les utiliser comme information de base pour la processus de prise des décisions dans le cadre de l'élaboration du plan de lutte contre les inondations.

Le **Tableau 8.1.1** présente les résultats de l'interview, de la consultation et des réunions publiques que doit refléter le plan directeur.

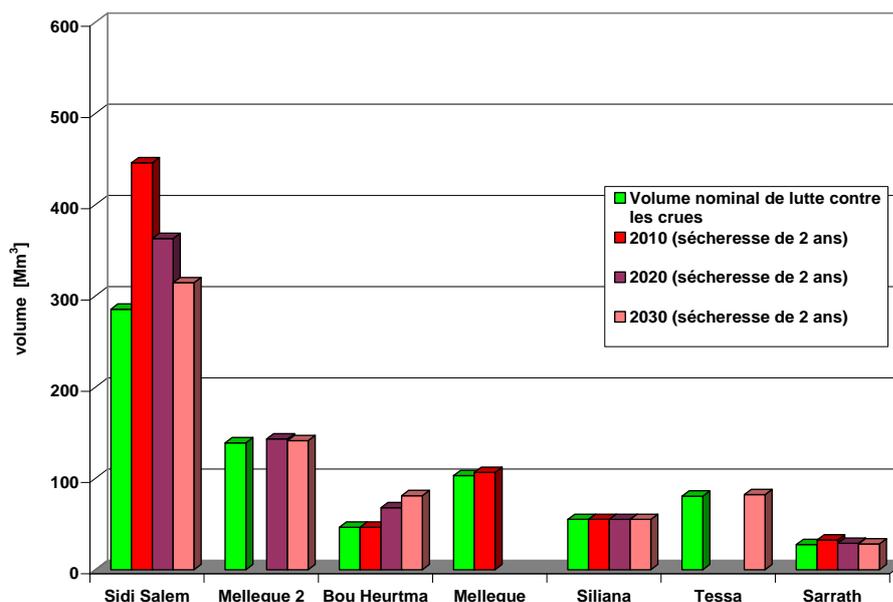
Le pont Andalou à Medjez El Bab et le barrage à El Battan sont d'une valeur historique importante. Ces monuments, construits au 17ème siècle doivent être pris en considération sur les plans historique, social, et environnemental. L'étude et l'enquête, dont les résultats sont présentés dans le **tableau 8.1.1**, montrent que les habitants souhaitent préserver le pont et le barrage dans leurs états actuels. En plus, la politique du pays exige la préservation des monuments historiques. Le plan directeur prendra en considération les avis et les opinions des-habitants ainsi que la politique du pays en ce qui concerne les monuments à haute valeur historique.

8.2 Le plan d'exploitation du réservoir pour le contrôle des inondations

8.2.1 La nécessité d'une exploitation optimale du réservoir

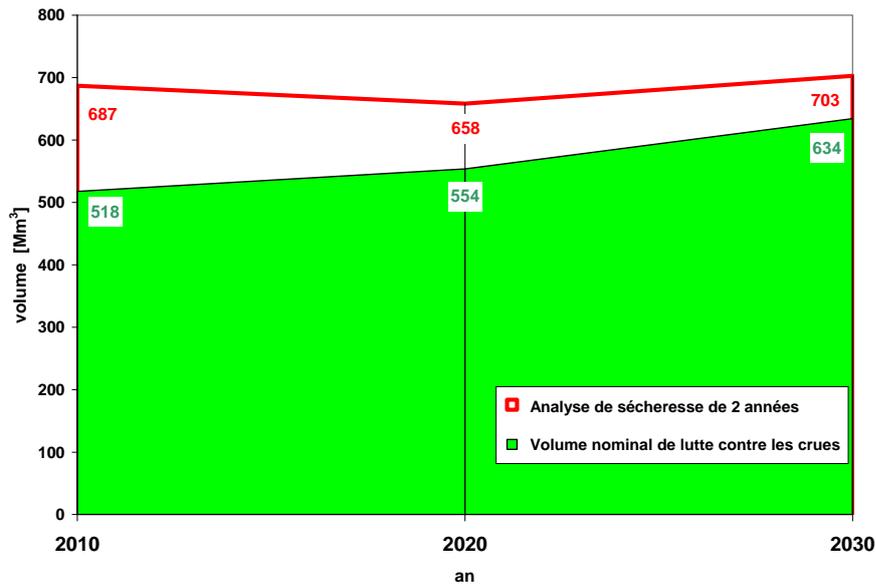
La capacité de stockage des réservoirs qui a été planifié initialement pour le contrôle des inondations dans le bassin de la Mejerda ne peut être utilisée pleinement dans la majorité des réservoirs pour atténuer l'écoulement des crues. En plus, la majorité des barrages sont équipés d'évacuateurs non contrôlés (évacuateurs sans vannes). Le stockage planifié pour le contrôle des inondations ne peut pas fonctionner avec flexibilité à cause de l'absence des moyens de contrôle des vannes.

Dans cette condition, la solution pour améliorer le contrôle des inondations en utilisant les barrages est de trouver une capacité supplémentaire de stockage pour chacun des réservoirs. La capacité de stockage supplémentaire qui peut être assurée au dessous de la cote de retenue normale de l'évacuateur peut être utilisée avec efficacité en exploitant les vidanges de fond.



Capacité de stockage pour le contrôle des inondations en 2010, 2020 et 2030 dans 7 réservoirs sélectionnés

Une analyse exhaustive de la balance entre la demande et l'offre de l'eau a été effectuée pour les années 2010, 2020 et 2030 (les années ciblées de l'étude) (voir rapport de soutien B) et les résultats obtenus montrent qu'un stockage supplémentaire pour la régulation des inondations peut être obtenu dans quelques réservoirs. Il est possible d'augmenter la capacité de stockage pour la régulation des inondations dans sept (7) réservoirs (4 réservoirs existants Sidi Salem, Mellègue, Bou Heurtma et Siliana et 3 réservoirs en cours de construction ou en de planification/étude : Sarrath, Mellègue 2 et Tessa). Ces réservoirs sont importants dans la régulation des inondations dans le bassin de la Mejerda comme on le voit sur la figure ci-dessus pour les années 2010, 2020 et 2030. Dans cette figure, la capacité originale de stockage (la colonne verte) ainsi que les capacités augmentées (les colonnes d'autres couleurs) de chacun des barrages sont dérivées des analyses de la balance de la demande et l'alimentation en eau dans une situation typique de deux années consécutives de sécheresse et le niveau de sécurité de l'eau avec une occurrence de 1 sur 9 (18 ans) sont comparées. Il est évident que seuls les barrages de Sidi Salem et Bou Heurtma disposent de capacités de stockages supplémentaires importantes. Ci après on montre la totalité de la capacité augmentée des sept barrages sélectionnés. La totalité de stockage pour la régulation des inondations peut atteindre 687 mil. m³ en 2010 (plus 33 %) et jusqu'à 703 mil. m³ en 2030, l'objectif de l'étude (plus 11 %).



La possibilité d'augmenter la capacité de stockage pour la régulation des inondations dans 7 réservoirs sélectionnés

Ceci est la solution pour optimiser l'exploitation des réservoirs qui peut être tolérée par une bonne synchronisation des lâchures à partir des réservoirs (au début des inondations ou même avant les inondations) avec des limites qui sont « les capacités d'écoulement » du cours de l'oued en aval.

Pour prendre une décision qui concerne les lâchures à partir des réservoirs, il est nécessaire d'optimiser ces lâchures basées sur les informations qui concernent les écoulements en amont, les stations de mesure des niveaux d'eau et de la pluviométrie en aval ainsi qu'une connaissance des temps de propagation des inondations en aval. En plus, il est nécessaire de déterminer les lâchures pour éviter les pics des inondations de deux sous bassins ou plus de se joindre au niveau d'un site. Ceci est une autre modalité qui peut être soutenu par une bonne coordination de l'exploitation des barrages.

L'utilisation efficace de la capacité de stockage disponible y compris les capacités de stockage supplémentaires ainsi que la coordination de l'exploitation des barrages sont des éléments cruciaux pour le contrôle des inondations dans le bassin de la Mejerda en considération des caractéristiques hydrologiques du bassin concernant les mécanismes d'écoulement et de propagation des crues.

Actuellement, les règles de l'exploitation des réservoirs pendant les crues n'ont pas été bien documentées en forme de manuel ou normes d'exploitation en Tunisie. Les directives portant le titre « La Gestion des Oueds et l'Exploitation des Equipements Hydrauliques » ont été développées par la DG/BGTH en 1988 mais ne sont pas utilisées d'une manière pratique dans l'exploitation des équipements liés aux inondations. En plus, même si un cadre général d'exploitation des réservoirs est bien identifié par les organisations intervenantes concernées et qui prend en considération les conditions de

stockage des autres barrages, la pluviométrie régionale, les conditions générales du système de l'oued concernée etc., l'exploitation réelle du réservoir dépend de l'expérience et des décisions ad hoc du staff d'exploitation sur site.

En considération de ce qui a été mentionnée ci-dessus, il est essentiel d'introduire un système d'exploitation optimale des barrages basée sur des règles d'exploitation strictes et raisonnables soutenues par un modèle mathématique informatisé pour la simulation des prévisions des inondations et des réservoirs pour minimiser d'une manière efficace et effective les déversements des crues dans le bassin de la Mejerda.

8.2.2 Les règles fondamentales pour l'exploitation optimale des réservoirs

Les 14 réservoirs (8 existants et 6 en cours de construction ou en stade de planification/étude) dans le bassin de la Mejerda constituent une structure d'exploitation des eaux. Tous ces réservoirs doivent être exploités comme une seule structure, c'est-à-dire une structure coordonnée. Donc, il est nécessaire de mettre en place des règles fondamentales et de les respecter à tout moment pour assurer une exploitation optimale des barrages y compris la coordination et garantir un contrôle efficace des inondations ainsi qu'une offre soutenue de l'eau.

L'objectif principal de l'exploitation optimale des réservoirs est d'utiliser le stockage de contrôle des inondations disponible au dessus du Niveau Normal de L'Eau (NNE) aussi efficacement que possible et de minimiser les pics des crues en aval des barrages. Donc, il faut prendre en considération et respecter strictement les règles suivantes dans l'exploitation des barrages :

- (a) Pendant les périodes où il n'y a pas d'inondations:
 - Garder le niveau de l'eau dans les réservoirs à son NNE (actuellement valable et approuvé) qui est décidé pour garantir l'offre de l'eau convenablement.
- (b) Pendant les crues:
 - La priorité absolue dans l'exploitation doit être donnée à la sécurité des barrages.
 - Pré-lâchures des eaux des barrages

Pour baisser le niveau d'eau dans les réservoirs aussitôt que l'information relative à l'annonce des crues est donnée en lâchant du réservoir un volume d'eau égal au volume de la décharge anticipée des crues et qui devraient atteindre le barrage selon la capacité d'écoulement des oueds en aval (cité ci-après comme « la capacité du canal »). Cette pré-lâchure peut être déterminée à partir de l'information sur les décharges des crues observées sur les cours en amont ou les prévisions obtenues à partir des données pluviométriques.
 - Lâchures des réservoirs égales à la capacité du canal

Il faut exploiter le réservoir de manière à éviter le débordement de l'oued en aval aussi longtemps que possible à cause des eaux lâchées.
 - Eviter que les pics des crues se joignent à un site quelconque

Il est indispensable de contrôler l'écoulement à partir du réservoir selon les connaissances sur les temps de propagation des crues en aval des barrages et d'éviter que les pics des crues de deux sous bassins ou plus se joignent au niveau d'un site quel conque et ce pour minimiser l'écoulement en aval.

- Assurer une gestion en cascade des réservoirs (ex. Mellègue et Mellègue 2)

Remplir le réservoir amont avec les eaux des crues et baisser le niveau de l'eau dans le deuxième,

- Lâcher le stockage de contrôle des crues pour recevoir les crues suivantes.

Après le cumul des eaux dans le barrage, le stockage des crues doit être lâché pour préparer le stockage des crues suivantes. Au début, les écoulements doivent être légèrement supérieurs aux écoulements entrants dans le réservoir et les écoulements sortants sont par la suite diminués d'une manière continue. Ces écoulements doivent respecter le niveau de la capacité de la rivière en aval du barrage (selon la situation régnant au niveau des affluents) jusqu'à l'écoulement total du volume de stockage de la régulation des inondations.

Il est recommandé d'exploiter tous les réservoirs du bassin de la Mejerda pendant les crues en se basant sur les décisions d'un centre de contrôle qui est alimenté d'une manière continue par l'information « en ligne » (les débits au niveau des stations de jaugeage , le statut actuel des l'exploitations de tous les barrages, les prévisions des débits, les prévisions pluviométriques etc.)

8.2.3 Analyse des capacités de contrôle des barrages

(1) Cadre général

L'analyse a été effectuée selon les 4 niveaux suivants de stockage pour le contrôle des crues dans sept barrages sélectionnés:

Niveau	Stockages pour le contrôle des crues
Niveau actuel	Stockage de contrôle des crues planifié initialement (SCPI) au dessus de la cote originale de RN
Niveau an 2010	SCPI + stockage disponible supplémentaire juste au dessous du SPCI (au dessous de la cote originale de RN) pour le contrôle des crues selon la sécurité* de l'offre de l'eau de projet dans le cadre de la demande en eau en 2010
Niveau an 2020	SCPI + stockage disponible supplémentaire juste au dessous du SPCI (au dessous de la cote originale de RN) pour le contrôle des crues selon la sécurité* de l'offre de l'eau de projet dans le cadre de la demande en eau en 2020
Niveau an 2030, objectif de l'étude	SCPI + stockage disponible supplémentaire juste au dessous du SPCI (au dessous de la cote originale de RN) pour le contrôle des crues et la sécurité* de l'offre de l'eau de projet dans le cadre de la demande en eau en 2030

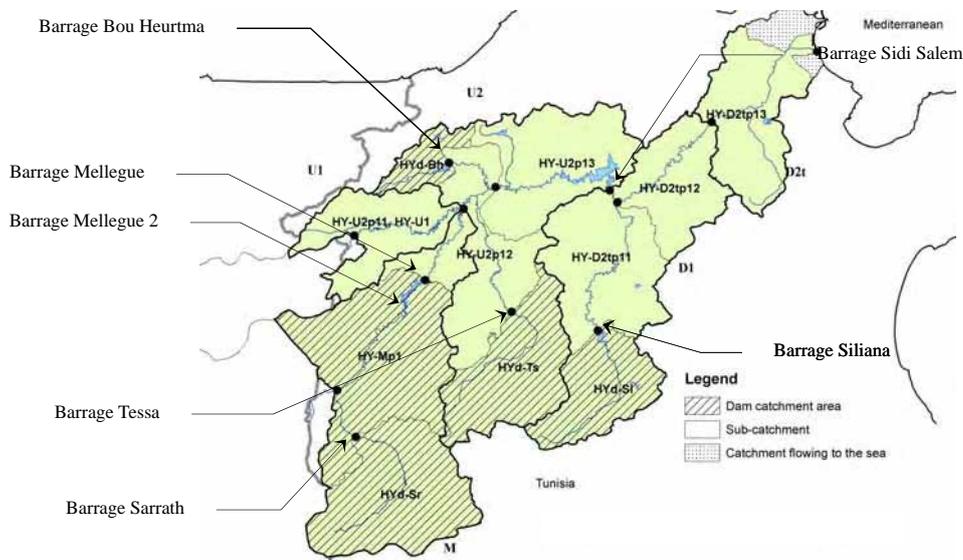
Nota : * La sécurité de l'offre de l'eau de projet est équivalente à deux années de sécheresses consécutives avec une occurrence de 1 sur 9 (18 ans).

Dans cette analyse, l'exploitation coordonnée des réservoirs pour le contrôle des crues a

été examinée à condition que la sécurité de l'offre de l'eau de projet soit assurée en priorité. Le **tableau 8.2.1** compile les règles fondamentales d'exploitation coordonnée des 7 réservoirs sélectionnés pour la régulation des inondations, qui ont été élaborées dans cette analyse conformément aux « règles de base pour l'exploitation du réservoir » mentionnées dans la **sous-section 8.2.2**.

La figure 8.2.1 présente schématiquement la localisation des barrages à intégrer et les points de référence des lâchers nécessaires pour leur fonctionnement coordonné.

L'analyse a traité les crues des périodes de retour de 2, 5, 10, 20, 50, 100 et 200 ans. Ci-après on voit la division du bassin de la Mejerda sur le territoire tunisien.



Division du bassin de la Mejerda sur le territoire tunisien pour analyse

Le territoire tunisien du bassin de la Mejerda est constitué de:

- 5 sous bassins versants en amont des barrages existants et/ou planifiés/étudiés,
 - 7 sous bassins versants du Mejerda et ses sous bassins tributaires en aval des barrages, et
 - 2 débits entrants de la frontière algérienne.
- (2) Capacité de contrôle des crues pour l'année 2030 dans le contexte de l'exploitation optimale des réservoirs

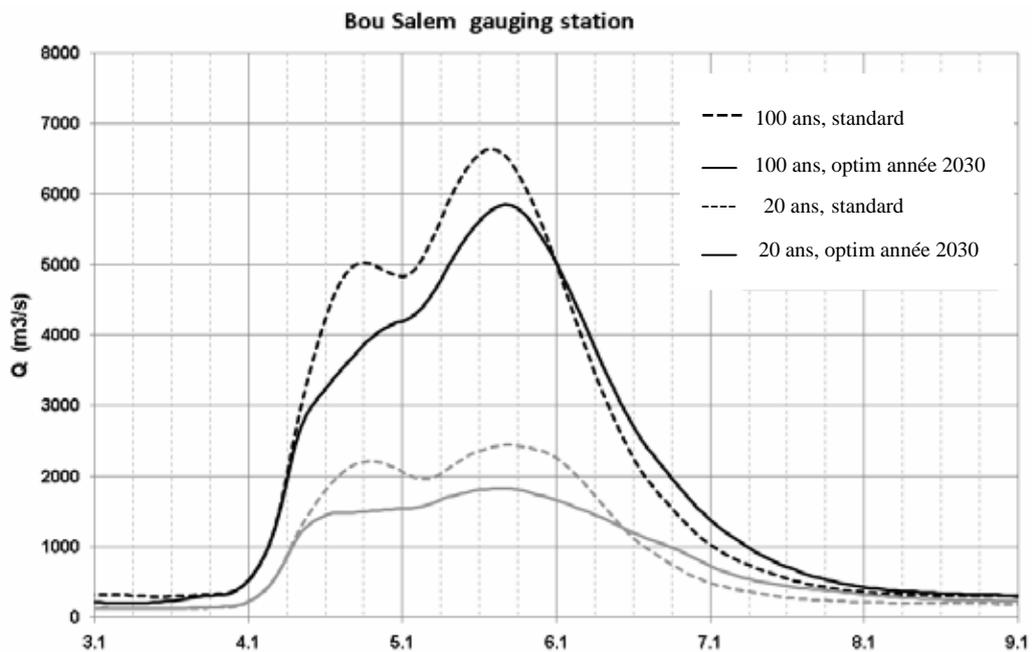
L'analyse de l'exploitation des réservoirs dans les années à venir jusqu'à 2030, l'objectif de cette étude, a été effectuée à fin d'évaluer la contribution des réservoirs incluant les trois nouvellement construits/planifiés (les barrages de Mellègue 2, Sarrath et Tessa) dans le contrôle des inondations dans le bassin du Mejerda. En plus, l'objectif de cette évaluation était de déterminer l'exploitation optimale des réservoirs au niveau des 7 barrages sélectionnés en tenant compte du stockage supplémentaire disponible en termes de demande en eau pour 2010, 2020 et 2030.

Les règles fondamentales pour une exploitation optimale des réservoirs mentionnées dans

la sous section 8.2.2 ont été appliquées dans cette analyse (voir tableau 8.2.1).

Les résultats des analyses sont détaillés dans le Rapport Complémentaire. Dans ce qui suit on donne des exemples sur la capacité de régulation des inondations pour l'année 2030 dans le contexte d'une exploitation optimisée des réservoirs.

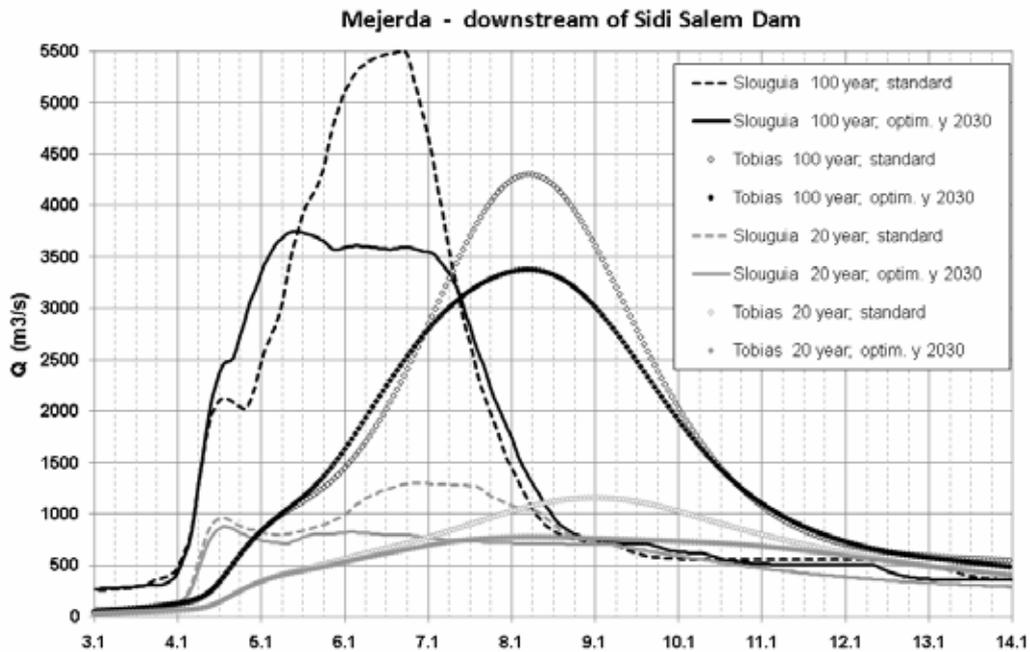
Au niveau de la station de mesure de Bou Salem, située en aval de la confluence Mejerda-Tessa, les débits des crues sont initialement amorties par le réservoir de Bou Heurtma (voir la figure ci-après). Ce réservoir est exploité selon le niveau d'eau normal le plus bas de 216.77 m ce qui nous donne une capacité de stockage supplémentaire pour le contrôle des inondations de 35 mil. m³ au dessous du niveau du déversoir non-contrôlé.



Effet d'amortissement des crues au niveau de la station de jaugeage de Bou Salem en 2030

En 2030, le réservoir de Sidi Salem serait capable de réduire les crues même dans le contexte des événements de 100 ans de période de retour avec une capacité supplémentaire de stockage de 29 mil. m³ grâce à sa capacité de stockage supplémentaire juste au dessus du niveau actuel de retenue normal de l'eau ainsi que l'exploitation efficace de tous les réservoirs en amont du barrage de Sidi Salem.

L'hydrogramme suivant montre les effets de la fonction de contrôle des crues dans le contexte d'une exploitation améliorée des réservoirs en aval de Sidi Salem en 2030



Effet d’amortissement des crues de l’oued Mejerda en aval du barrage de Sidi Salem en 2030

Il se trouve que le barrage de Sidi Salem serait capable de réduire et d’une manière significative les débits de pointes en aval dans le cas d’un évènement centennal. Les débits de pointes sont réduits de 1,770 m³/s à Slouguia et de 930 m³/s à Tobias qui sont l’équivalent de 22% et de 32% des taux de réduction des débits de pointes au niveau des sites en comparaison avec l’exploitation actuelle du barrage.

En ce qui concerne les évènements de 20 ans, les débits de pointes sont réduites de 420 m³/s à Slouguia et de 385 m³/s à Tobias ce qui donne des taux de réduction de 32% et de 33% des débits de pointes au niveau des sites respectivement.

De plus, les effets de régulation des inondations par l’exploitation coordonnée des réservoirs sont discutés dans la **sous-section 7.3.4** et résumés ci-dessous pour l’ensemble du bassin de l’oued Mejerda du territoire tunisien.

Zone inondée avant et après l’exploitation coordonnée du réservoir (unit : ha)

Période de retour des crues	5 ans	10 ans	20 ans	50 ans
(1) Avant	32,600	43,100	58,500	71,500
(2) Après	22,400	40,100	53,800	70,700
Taux d’atténuation = (2)/(1)	69%	93%	92%	99%

Source: Equipe d’étude (Résutat de simulation)

Comme montre le tableau ci-dessus, la zone inondée par les crues de 5 ans et celles de 10 à 20ans est examinée pour que le premier cas soit réduit à 30% et le deuxième de 7 à 8%, grâce à l’exploitation coordonnée du réservoir, La distribution des zones inondées avantet après l’exploitation coordonnée du réservoir est indisquée dans la **figure 7.3.1**.

En prenant en considération ces données, l’adoption d’une exploitation optimale du barrage de Sidi Salem peut améliorer la régulation des inondations et peut aider à atténuer

les dégâts tout au long de l'oued Mejerda d'une manière importante.

8.3 Le plan d'amélioration des écoulements de l'oued Mejerda

8.3.1 La méthodologie de l'élaboration du plan des travaux d'amélioration de l'oued.

Etant la première priorité des mesures structurelles dans le bassin Mejerda, une étude des règles de l'optimisation de l'exploitation du réservoir dans les conditions des volumes de stockage projetés dans les barrages principaux en 2030 a été effectuée. En prenant en considération les résultats des calculs (les pics des décharges et les volumes) comme les conditions existantes, la planification des travaux d'amélioration de l'écoulement a été effectué pour déterminer le niveau de protection contre les inondations.

Dans cette perspective, les règles suivantes pour l'amélioration de l'oued ont été appliquées pour décider de la dimension des travaux de construction (cours de l'oued à améliorer, largeur de la profondeur, hauteur des digues etc.) en prenant en compte les débits de pointe dans le contexte d'une exploitation optimisée des réservoirs:

- (1) Les pratiques empiriques pour la planification de l'amélioration du canal de l'oued seront appliqués pour le schéma longitudinal et la conception des aménagements hydrauliques pour supporter pointes de débit probables (ex. le gradient approximatif du lit de l'oued, minimiser le creusement des digues de l'oued pour le traçage de la ligne de creusement etc.)
- (2) En prenant en considération les conditions des crues existantes et en les comparant à avec la capacité d'écoulement du canal, le débordement des rives permet de baisser le niveau de l'eau dans la limite du possible (permettre le débordement en prenant en considération les conditions de l'usage actuel des terres agricoles)
- (3) En connexion avec ce qui a été mentionné ci-dessus dans le point (2), une attention particulière doit être donnée pour ne pas augmenter le risque d'inondations dans les régions en aval par l'élargissement/creusement du canal de l'oued au niveau des cours en amont.
- (4) La capacité d'écoulement du canal doit être utilisée au maximum pour réduire le volume des déblais pour la réalisation de la section du canal projeté.
- (5) En ce qui concerne la planification des nouveaux canaux by-pass, pour augmenter la capacité d'écoulement, l'élargissement du canal de l'oued existant doit être pris en considération comme une priorité absolue (un nouveau canal by-pass serait nécessaire pour accommoder les décharges excédants la capacité d'écoulement du cours original de l'oued).
- (6) La section minimale du canal de dérivation sera décidée en se basant sur l'aspect de l'exploitation et de la maintenance et une proportion appropriée pour les décharges pics entre les canaux existants et les nouveaux canaux de dérivation.

Tout particulièrement, les opinions révélées au cours des réunions des partis prenantes ont été considérablement réfléchées dans la formulation du plan des ouvrages projetées pour d'amélioration de l'oued. En effet, les mesures structurelles les plus urgentes dans le

bassin de l'oued Mejerda, l'élargissement de la rivière et le nettoyage du cours de l'oued pour enlever les sédiments et la végétation ont été suggérées. Les participants aux réunions ont à l'unanimité lancé un appel pour préserver l'héritage historique tel que le pont ancien à Mezez El Bab. La construction d'un nouveau canal de dérivation pour maîtriser un débit important pendant les crues a été également fortement conseillée.

Même si les coupures dans les méandres sont souvent utilisés comme moyen d'amélioration et de stabilisation des canaux des oueds et/ou baisser le niveau des eaux dans les cours en aval, ceci n'a pas été appliqué par cette étude. D'autre part, quelques participants ont indiqué la nécessité du canal raccourcis pour modifier le cours de l'oued en vue d'éviter les méandres empiétant leurs terres de culture.

Cependant, pour éviter les travaux de protection des pentes contre l'érosion dans le futur, cette option n'a pas été jugé avantageuse. En plus, il est envisagé que le coût de l'acquisition des terres nécessaires pour les coupures de boucles de rendre les travaux d'amélioration moins viables. Cependant, en se basant sur une étude plus détaillée de l'analyse hydraulique, les limites PHD et l'impact social des améliorations du canal proposées, les raccourcis pour les canaux existants seraient pris en considération par l'étude de la phase suivante.

8.3.2 Les Zones prioritaires dans le projet d'amélioration des écoulements de l'oued Mejerda

Selon le concept de base mentionné ci-dessus, les huit priorités suivantes ont été choisies en se basant sur l'étude des inondations dans le passé et les reconnaissances de terrain et ceux des réunions avec les parties prenantes :

Les Zones prioritaires dans l'amélioration des écoulements de l'oued

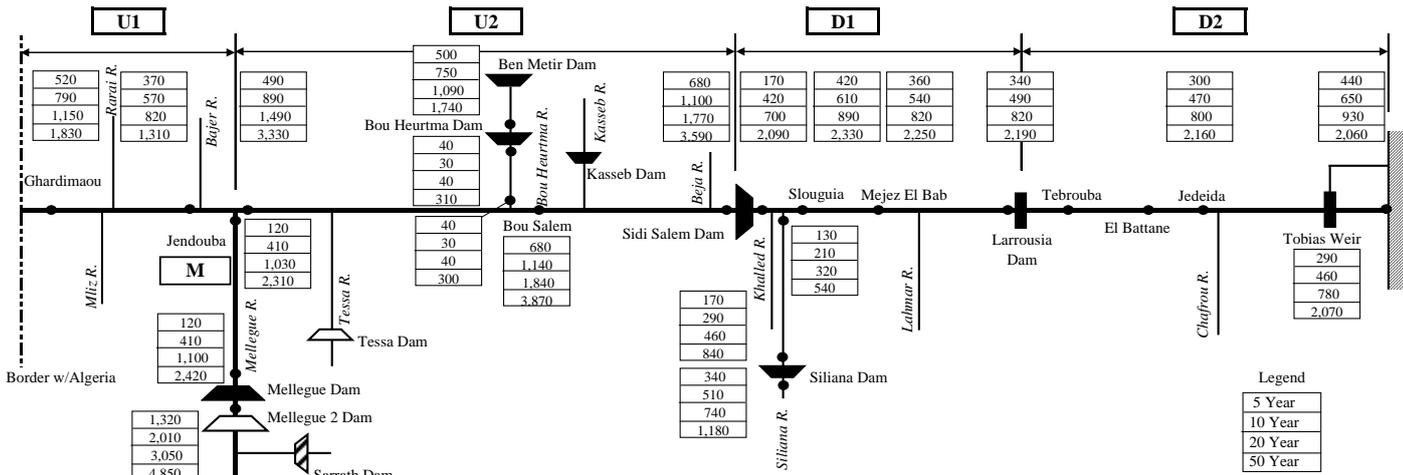
Zone	Zones prioritaires choisies
U1	Ghardimaou, Jendouba
U2	Bou Salem, Sidi Ismail, barrage Sidi Salem en amont
M	Les cours inférieurs de Mellègue près de la confluence
D1	Slouguia, Mezez El Bab
D2	Tebrouba- El Battane, Jedeida, El Mabtouh- Le pont mobile de Tobias – canal Oued El Hmadha (cours des crues)

Note: la région identifiée comme "Zone" est détaillée dans la Section D4.1.

Source: L'Equipe d'Etude

8.3.3 Configuration des travaux d'amélioration des écoulements de l'oued

En se basant sur la gestion intégrée de l'exploitation des réservoirs (règles d'exploitation optimale) et les analyses hydrauliques/des crues en utilisant MIKE FLOOD, les débits probables au niveau de chaque élément au long du cours du bassin de l'oued ont été calculés. Le calcul des débits probables, qui ont été utilisées par l'étude du niveau de protection est démontré ci-après :



Source: l'Equipe d'Etude

Distribution des débits des crues probables

Pour déterminer les dimensions des principaux travaux d'amélioration de l'oued pour les estimations préliminaires des coûts par l'étude de protection contre les inondations, le concept de base suivant a été appliqué pour répondre à l'importance des débits probables:

(1) Profil longitudinal du lit de l'oued

L'élargissement du lit de l'oued a été initialement pris en considération pour accommoder les décharges comme détaillé dans la section D3.2. En ce qui concerne l'élévation du lit, le gradient longitudinal du lit de l'oued le plus bas a été envisagé en prenant en considération le profil du lit existant. Les structures existantes qui croisent le cours comme le barrage de Sidi Salem, le barrage d'El Herri, le barrage de Laroussia et le pont mobile de Tobias en été considérés comme des points de contrôle verticaux fixes.

(2) La largeur du lit de l'oued (La section du canal)

L'élargissement du lit de l'oued a été décidé selon la section existante au niveau des sites des ponts et la largeur prédominante au niveau des zones urbaines pour minimiser l'impact sur les infrastructures. Les lignes de déblai du canal (avec un gradient de 1 :2.0 sur les deux côtés) ont été tracés sur la coupe basée sur le gradient longitudinal.

(3) Traitement des affluents de l'oued Mejerda

En principe, la levée arrière qui a la même hauteur que celle au long du lit mineur de la Mejerda a été choisie pour la protection des zones riveraines le long des affluents.

(4) L'emplacement et l'hauteur de la digue de protection

En cas où la capacité de l'oued après les déblais n'est pas suffisante, les digues de protection seront envisagées aux niveaux des cours. L'empacement des digues a été décidé en se basant sur la recharge de la digue avec des lignes de déblais proposés. L'hauteur de la digue de protection a été déterminée par les calculs des niveaux d'eau.

(5) L'emplacement du canal by-pass

Pour accommoder les décharges probables des événements jusqu'à 50 ans de période de

retour, quatre sites pour les canaux by-pass ont été sélectionnés pour le calcul estimatif des coûts des travaux d'amélioration de l'oued en considérant le niveau optimal de protection contre les inondations. Pour calculer le niveau optimal de protection contre les inondations, quatre canaux by-pass ont été considérés initialement à Jendouba, Bou Salem, Mejez El Bab et El Battane. Après avoir déterminé le niveau de protection dans chaque zone en examinant la performance coût/bénéfices, seuls deux canaux by-pass à Bou Salem et à Medjez El Bab ont été retenus. Les emplacements des deux choisis sont présentés dans les plans généraux de la **figure 9.1.1 et 9.1.2**.

Ci-après sont les informations techniques concernant les by-pass sélectionnés,

(a) Le canal by-pass de Bou Salem

La ville de Bou Salem est l'une des villes les plus touchées par les inondations de janvier-février 2003. La plupart des zones urbaines ont été submergées par les eaux pendant trois semaines selon l'étude sur les Inondations et les Dégâts, mars 2007. Le modèle hydraulique de l'analyse des inondations a été substantiellement calibré par la vérification du mécanisme des inondations dans cette étude. A cause de sa situation géographique dans le bassin, en amont de la confluence avec le Mellègue et Bou Heurtma, il ne faut oublier que cette zone est très exposée aux inondations.

Pour atténuer les risques d'inondations, un grand canal by-pass est nécessaire. La route commence au niveau du 5.5 km en amont de la confluence avec l'Oued Bou Heurtma (No.MU124) et débouche dans le Mejerda au niveau du km 6.9 en aval du pont de la route de Bou Salem sur la rive droite. Le by-pass, avec une longueur totale de 8.0 km va traverser un périmètre irrigué qui est la propriété de l'état. Sur la rive gauche de la partie en aval de l'émissaire vers Mejerda, l'Oued Kasseb rejoint l'oued au niveau MU75 dans la section du méandre. Il est possible d'utiliser la zone de l'oued dans la section du méandre pour le retardement des inondations avant l'écoulement dans la région en aval.

(b) Le canal by-pass de Medjez El Bab

Comme la ville de Bou Salem, la ville de Medjez El Bab est aussi très affectée par les inondations dans le bassin. En respect de l'accord avec la partie tunisienne, l'ancien pont andalou (construit au 17ème siècle) sur le Mejerda au niveau de Medjez El Baba sera préservé. Ceci veut dire qu'un autre cours d'eau est absolument nécessaire pour la protection du pont et de la ville contre les crues. Le niveau du centre de la ville est particulièrement bas et une protection efficace contre les crues dans cette zone reste très difficile.

Les crues de cette zone près de Medjez El Bab débordent pour des périodes de retour de 10 ans. Le canal by-pass proposé est situé à la rive gauche au niveau du point 3.4 km en amont de l'ancien pont et se connecte au niveau du point 1.9 km en aval du même pont avec une longueur totale de 4.7 km. Les terres le long de la route sont actuellement utilisées pour des activités agricoles. Puisque le by-pass va croiser la route existante à quatre niveaux, quatre ponts doivent être construits.

(6) La localisation du bassin de retardement

(a) Le bassin de retardement d'El Mabtough

La zone d'El Mabtough est située sur la rive gauche de la Mejerda entre Jedeida et le pont Mobile de Tobias dont le nord appartient au gouvernorat de Bizerte et le sud au gouvernorat de Manouba. Cette plaine couvre une superficie totale d'à peu près 20.000 ha qui est exploitée par des activités agricoles afin de satisfaire la demande de la capitale Tunis.

D'un autre côté, une partie de cette zone a été utilisée comme zone de stockage naturelle des crues de la Mejerda et des aménagements de contrôle existent toujours. Cependant, ces structures étaient entièrement endommagées ou abandonnées et des travaux de restauration n'ont pas été envisagés encore.

Les **Figures 8.3.1 à 8.3.4** montrent la situation de la plaine d'El Mabtough. Les figures contiennent un plan montrant le système de drainage existant avec des photos du site et des cartes de situation du canal au long d'El Mabtough.

Grâce à l'intégration de l'information disponible, le plan de développement du bassin de retardement du Canal El Mabtough a été étudié. Le concept de base de retardement des crues a été préparé comme suit:

- (i) Permettre les débordements de la rive gauche de la Mejerda au niveau de Henchir El Henna situé approximativement à 7.5 km de la confluence de la rivière Chafrou (coupe No.MD356)
- (ii) Acheminer les crues vers les zones les plus basses à fin de les Stocker temporairement (abandonnées pour le moment et utilisées partiellement comme pâturage. La culture n'est pas appropriée à cause de l'humidité et la salinité du sol)
- (iii) Délimiter les zones à fin de développer les digues et assurer le drainage du Système du canal (Les réseaux de drainage existants doivent être connectés et réorganisés efficacement)
- (iv) Réhabiliter les équipements dégradés (vannes de contrôle et canaux, etc.) qui ont été très endommagés par les inondations dans le passé.
- (v) Assurer le drainage vers la Mejerda à travers le canal de drainage d'El Mabtough en prenant en considération sa capacité d'écoulement en aval (ex. Le pont mobile de Tobias) ainsi que l'effet des eaux en amont

(7) Les zones à l'origine des débordements

En considération des conditions hydrauliques et l'usage des terres en amont et en aval des cours à l'origine les débordements, et particulièrement la fonction vitale des effets de retardement dans le contrôle des inondations. Les zones permettant ces inondations ont été soigneusement sélectionnés.

8.3.4 La sélection du niveau de protection contre les inondations

(1) Généralités

Dans le cadre du Plan Directeur, un niveau optimal de protection contre les inondations dans tout le bassin de la Mejerda a été le sujet d'une étude. Ceci est un élément crucial dans le développement du Plan Directeur et représente un objectif essentiel de ce projet. Dans cette perspective, les avantages en termes de coûts ainsi que les travaux d'amélioration de l'oued comme le déblai du lit de la rivière, l'élargissement des canaux de l'oued, les digues, la construction des canaux by-pass et les bassins de retardement etc., ont été étudiés. Pour évaluer le niveau de protection et à fin de mieux développer l'étude de la mesure ou les mesures structurales et le coût préliminaire, l'avantage de la relation a été calculé.

(2) Les Principes de Base pour la Formulation des Mesures Structurales pour le Contrôle des Inondations

Ayant comme objectif de maximiser l'effet de contrôle des inondations, la procédure à deux phases suivante a été appliquée:

- (i) Donner la priorité à l'amélioration de l'exploitation du réservoir pour le contrôle des inondations.
- (ii) Si l'amélioration de l'exploitation du réservoir ne réussit pas à assurer le contrôle des inondations d'une manière satisfaisante, l'amélioration de l'oued serait incorporée dans les mesures.

(3) La Règle Fondamentale pour L'amélioration des écoulements

La règle fondamentale suivante pour les travaux d'amélioration des écoulements a été appliquée :

- (i) L'amélioration doit donner de l'importance aux zones urbanisées qui ont été touchées par les inondations. Ces dégâts doivent être atténués d'une manière équitable par les travaux d'amélioration de la rivière. Les dégâts subis par les terres agricoles au long de la Mejerda doivent être également être atténués d'une manière équitable par les travaux d'amélioration de l'ouede
- (ii) L'amélioration utilisée ne doit pas présenter de risques d'inondations artificielles pour les zones en aval.

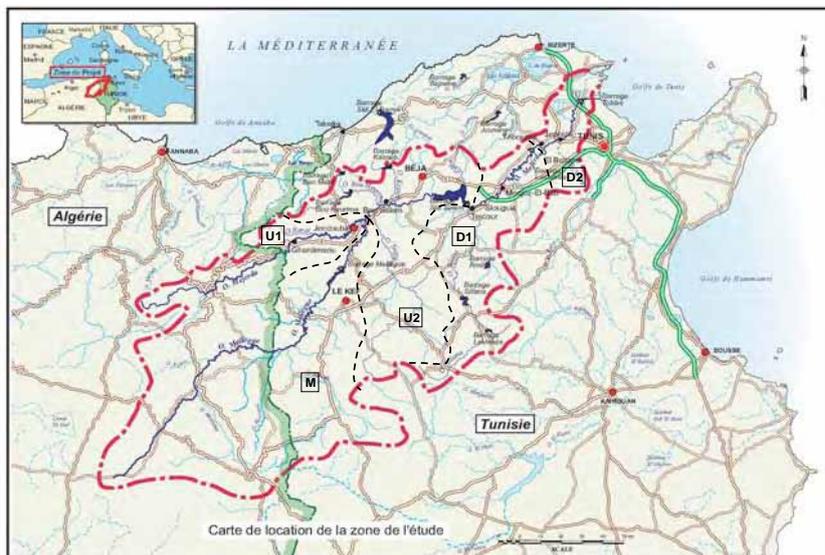
(4) Zonage (Division) du Bassin de la Mejerda

La zone d'étude (Le bassin de la Mejerda sur le territoire tunisien) couvre 15,830 km², dont l'importance, le niveau de développement et les caractéristiques des inondations régionales ne sont pas similaires. Pour cette raison, la zone d'étude est divisée en cinq sous-bassins (zones) et un niveau de protection doit être étudié et préparé pour chacune de ces zones.

Puisque le barrage de Sidi Salem a un volume important de contrôle des inondations, le contrôle des inondations au niveau du barrage atténue le phénomène des crues le long de l'oued Mejerda. Pour cette raison la zone d'étude est globalement divisée en deux sous

bassins notamment en amont et en aval du sous bassin du site du barrage.

En amont, le sous bassin est divisé en M, U1 et U2, celui en aval est divisé en D1 et D2 donnant 5 sous bassins (zones) en total. Ci-dessous est la carte de situation et quelques points d'information concernant chacune des zones :



Source: L'Equipe D'Etude

Zonage de l'étude du niveau de protection contre les inondations

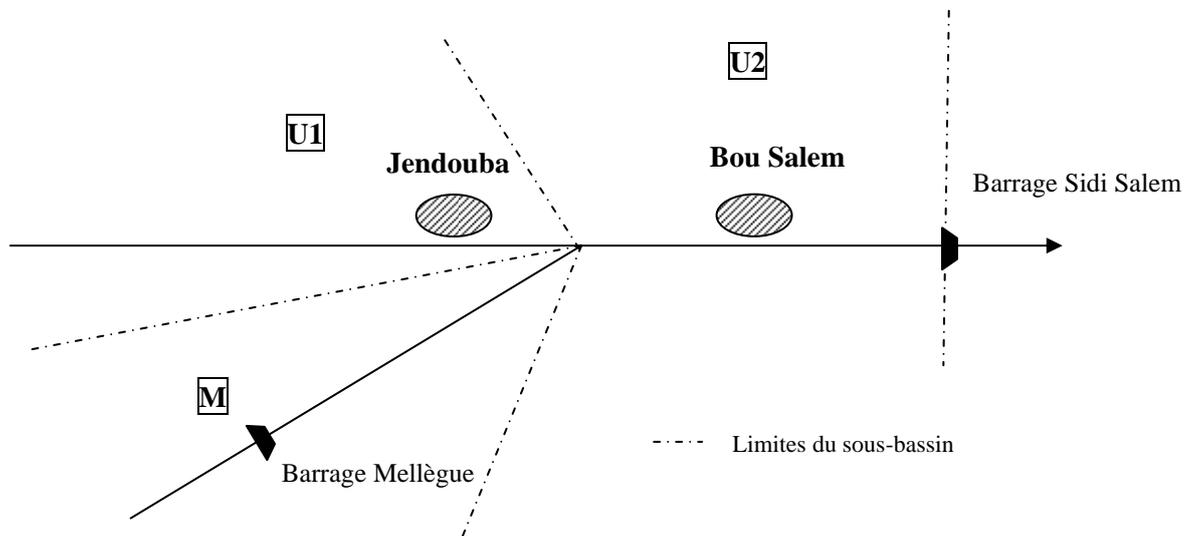
Informations essentielles concernant les zones

No. Code	Les cours nominaux	Les cours	Distance (km)	No. Coupe
U1	Cours de l'extrémité supérieure	Frontière nationale avec l'Algérie au niveau de la périphérie de Ghardimaou – Confluence avec l'Oued Mellègue	94.4	MU193-MU360
U2	Cours moyen supérieur	Confluence avec l'Oued Mellègue – Le réservoir de Sidi Salem au niveau de l'extrémité en amont	63.9	MU1-MU192
M	Oued Mellègue	bassin de l'oued Mellègue (de la frontière nationale jusqu'à la confluence avec le Mejerda)	45.0 (D/S du barrage Mellègue)	MG1-MG114
D1	Cours moyen inférieur	Barrage Sidi Salem en aval – Barrage Laroussia	83.5	MD1-MD252
D2	Cours de l'extrémité inférieure	Barrage Laroussia – Embouchure de la Mejerda	65.0	MD253-MD447

Source : Equipe d'Etude

8.3.5 Niveau optimal de protection contre les inondations

(1) Sous bassin en amont du barrage de Sidi Salem

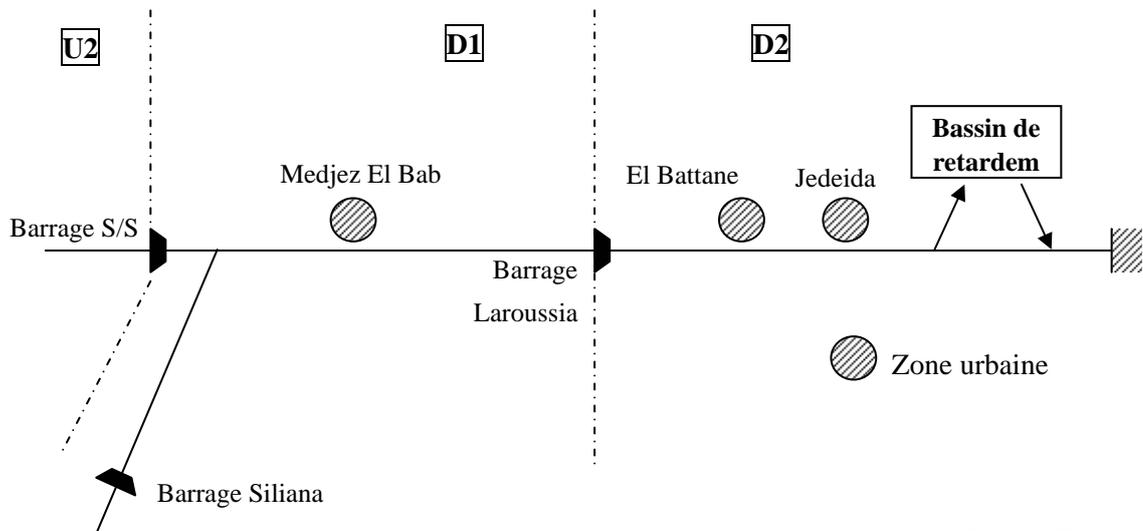


Source: L' Equipe d'Etude

Représentation du bassin de l'oued Mejerda en amont

- (a) Niveau optimal de protection contre les inondations pour U1 et M
 - (i) Pour U1 et M, le niveau de protection avec le taux B/C sera étudié comme le niveau optimal de protection contre les inondations (B: avantage de l'amélioration de l'oued dans chaque zone, C: Cout direct de la construction des travaux d'amélioration de l'oued pour chacune des régions).
 - (ii) Les pluies auréolaires couvrant chaque zone seront utilisées pour la zone.
- (b) Le Niveau optimal de protection contre les inondations pour U2
 - (i) Dans le cas ou les travaux d'amélioration de l'oued correspondent aux niveaux optimaux de protection contre les inondations obtenus dans (a) ci-dessus utilisés dans U1 et M, le niveau optimal de protection pour U2 sera étudié comme le niveau de protection avec le taux B/C le plus élevé.
 - (ii) Les pluies aréolaires couvrant U2 et ses zones en amont seront utilisées à fin d'assurer la simultanéité dans les événements pluviométriques.
- (c) Si les travaux d'amélioration de l'oued dans U1 et M risquent de causer des inondations artificielles dans U2, les niveaux de protection optimaux dans (a) et (b) seront révisés à fin d'éviter le risque d'inondations artificielles.
- (d) Dans la révision ci-dessus, le niveau de protection avec le taux $\Sigma B/\Sigma C$ d'U1, M et U2 le plus élevé sera étudié comme le niveau optimal de protection pour U1, M et U2 à condition les travaux d'amélioration de l'oued dans U1 et M ne présentent pas de risques d'inondations artificielles importantes dans U2.

(2) Le sous bassin en aval du barrage de Sidi Salem



Source: L'Equipe d'Etude

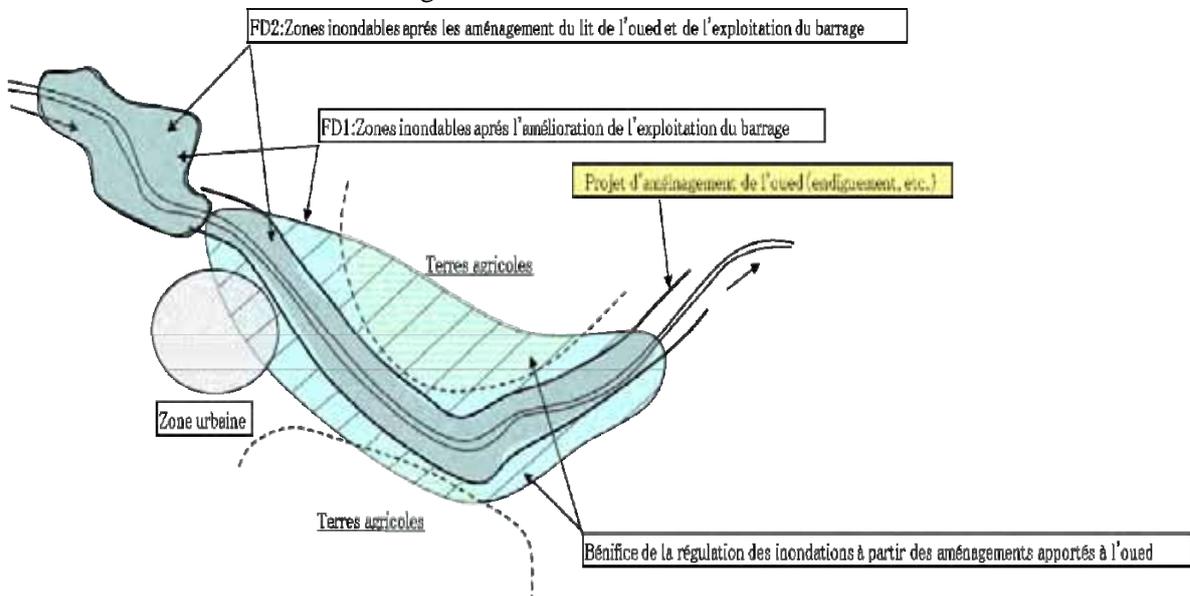
Représentation du bassin de l'oued Mejerda en aval

- (a) Le Niveau Optimal de Protection contre les inondations pour D1
 - (i) Pour D1, le niveau de protection ayant le taux B/C le plus élevé sera étudié comme le niveau optimal de protection contre les inondations.
 - (ii) Les pluies couvrant D1 et les zones en amont seront utilisées à fin d'assurer la simultanété dans les événements pluviométriques.
 - (iii) Les crues, après avoir été sous le contrôle du barrage de Sidi Salem, vont couler dans la partie supérieure de la Mejerda dans D1.
- (b) Le Niveau Optimal de Protection contre les inondations pour D2
 - (i) Dans le cas où les travaux d'amélioration de l'oued correspondent au niveau optimal de protection contre les inondations obtenu dans (a) ci-dessus utilisés pour D1, le niveau optimal de protection contre les inondations pour D2 sera étudié comme le niveau ayant le taux B/C le plus élevé.
 - (ii) Les pluies couvrant D2 et les zones en amont seront utilisées à fin d'assurer la simultanété dans les événements pluviométriques.
- (c) Si les travaux d'amélioration de l'oued dans D1 et M risquent de causer des inondations artificielles importantes dans D2, les niveaux de protection optimaux dans (a) et (b) seront révisés à fin d'éviter le risque d'inondations artificielles.
- (d) Dans la révision ci-dessus, le niveau de protection de D1 et D2 ainsi que le taux $\Sigma B/\Sigma C$ le plus élevé seront considérés comme le niveau optimal de protection pour D1 et D2 à condition les travaux d'amélioration de l'oued dans D1 ne présentent pas de risques d'inondations artificielles dans D2.

8.3.6 Les avantages de l'amélioration des écoulements dans le contrôle des inondations

(1) Le Concept de base de protection contre les inondations par l'amélioration de l'oued

- FD1: volume des dégâts dans les zones d'inondations après l'amélioration/coordination de l'exploitation du réservoir au niveau des 4 réservoirs existants et les 3 réservoirs planifiés
- FD2: volume des dégâts dans les zones d'inondations après l'amélioration/coordination de l'exploitation du réservoir au niveau des 4 réservoirs existants et les 3 réservoirs planifiés ainsi que l'amélioration de l'oued
- Avantage dans le contrôle des inondations après l'amélioration de l'oued = FD1 - FD2 (Voir Figure ci-dessous)



Source: L'Equipe d'Etude

Avantage du contrôle des inondations après l'amélioration des écoulements

(2) estimations des dégâts dans les zones inondées

Les dégâts causés par les inondations sont composés en dégâts directs et indirects comme on le voit ci-dessous:

- Les dégâts directs des inondations
 - Les Produits agricoles
 - Les Biens immobiliers et mobiliers
 - Les Assises dépréciables et les stocks du secteur industriel
 - L'Infrastructure
- Les dégâts des inondations indirects
 - Les dégâts causés par la perte des opportunités d'affaires, la perturbation du transport public, les pertes des salaires des employés, les coûts de nettoyage des maisons et espaces inondés, etc....

Dans cette étude, les valeurs des dégâts indirects causés par les inondations sont estimés à 30% du volume total des dégâts directs, tenant compte des analyses économiques similaires menées dans les pays asiatiques. Les unités de valeurs appliquées et les détails de chaque élément sont présentés dans le Rapport complémentaire D.

(3) Etude des dégâts causés par les inondations importantes dans le passé

Pour estimer les dégâts causés par les inondations en se basant sur les niveaux différents des inondations, les manuels et données/informations suivantes ont été utilisées :

- (i) Le "Manuel d'Etude Economique pour Le Contrôle des Inondations (Projet)", Ministère de l'Infrastructure, Terres et Transport (MILT), Le Japon, Avril 2005 (Dernière édition du Manuel)
(Cité ci-après comme "Le Manuel Japonais")
- (ii) Le Recensement National en Tunisie, 2004
- (iii) les Données sur les dégâts causés par les inondations et autres documents obtenus des CRDAs
- (iv) Les Résultats et les données collectées par "Les Inondations et L'Etude des Dégâts" Par ECO Ressources en mars 2007

Il est important de noter que le Manuel Japonais cité ci-dessus n'est pas utilisé uniquement au Japon mais également dans d'autres pays puisque la méthodologie ainsi que les informations qui lui sont associées sont caractérisés par l'universalité dans la planification des projets de contrôle des inondations.

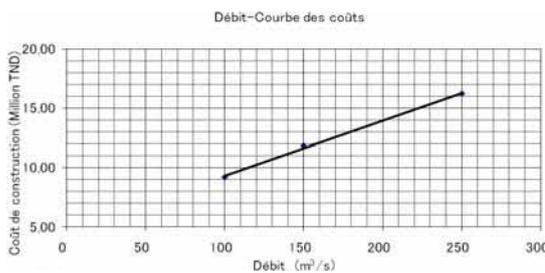
8.3.7 Estimation préliminaire des coûts des travaux d'amélioration des écoulements

(1) Coût Unitaire et Facture de Quantité

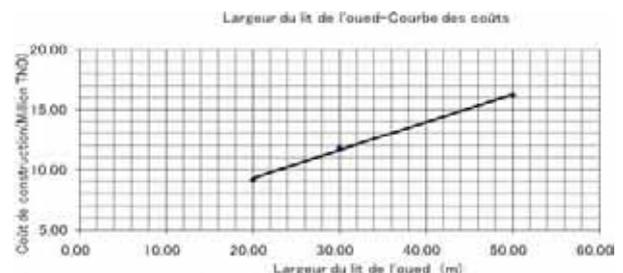
Le coût unitaire des travaux principaux sont étudiés dans les projets récents exécutés ou en cours d'exécution par le MARH et le MEHAT. Après l'étude et la comparaison des données collectées, les prix unitaires ont été rectifiés selon les taux courants pour la présente étude. Les quantités de travaux et les structures ont été estimés en se basant initialement sur le schéma du profil de l'oued, les coupes et les plans, etc.

(2) Récapitulatif des Coûts estimatifs

Selon le volume de 50 catégories de travaux, les courbes des prix ont été préparées pour l'estimation des Coûts selon l'importance des inondations probables. A partir des courbes des Prix, le coût de construction direct a été estimé comme on le voit sur le **Tableau 8.3.1**. Le Canal by-pass de Jendouba, est montré ci-dessous comme exemple



Le bassin de retardement d'El Mabtouh



La levée (MD281-MD251)

8.3.8 Le niveau de protection contre les inondations

Avec les mesures structurales proposées, les analyses des inondations ont été effectuées de la même manière que sans les mesures structurales (dans les conditions actuelles). Les résultats de la réduction des dégâts causés par les inondations, c'est-à-dire « Sans » conditions « avec » conditions sont récapitulés ci-après

Résumé de la réduction des dégâts causés par les inondations

Unité: TND 1000

Zone	5-ans	10- ans	20- ans	30- ans	40- ans	50- ans
U1	0	3 246	3 690	4 107	4 524	4 941
U2	4 920	11 916	21 619	23 489	25 359	27 229
M	0	1 531	3 026	3 627	4 228	4 829
D1	4 006	6 559	8 102	8 263	8 425	8 586
D2	9 169	23 029	27 604	29 099	30 595	32 090

Source: L'Equipe d'Etude

Les conditions suivantes ont été appliquées pour estimer le bénéfice/le coût pour chacune des zones

(1) Durée pour le calcul du bénéfice et du coût

Pour évaluer les taux de bénéfice et de coût, la durée de calcul pour évaluer les valeurs actuelles est déterminée sur 50 ans en tenant compte de l'objectif de l'étude et des pratiques communes pour les analyses économiques similaires pour les projets de contrôles des crues.

(2) Le taux de réduction

Un taux de réduction de 12% pour la perte des opportunités d'affaires dans le pays est appliqué pour la conversion du coût direct et des bénéfices aux valeurs annuelles actuelles dans le coût-avantage.

(3) Le Facteur de Conversion Standard (FCS)

Pour évaluer le coût économique et les avantages, un facteur de conversion standard de 88% a été appliqué. Puisque les prix unitaires des coûts estimatifs comprennent la TVA, les valeurs après réduction de 18% (taux des taxes pour la majorité des commodités en Tunisie) et le FCS ont été appliqués.

(4) Les avantages du contrôle des inondations annualisés

En se basant sur les hypothèses mentionnées ci-dessus, le bénéfice annuel moyen a été calculé.

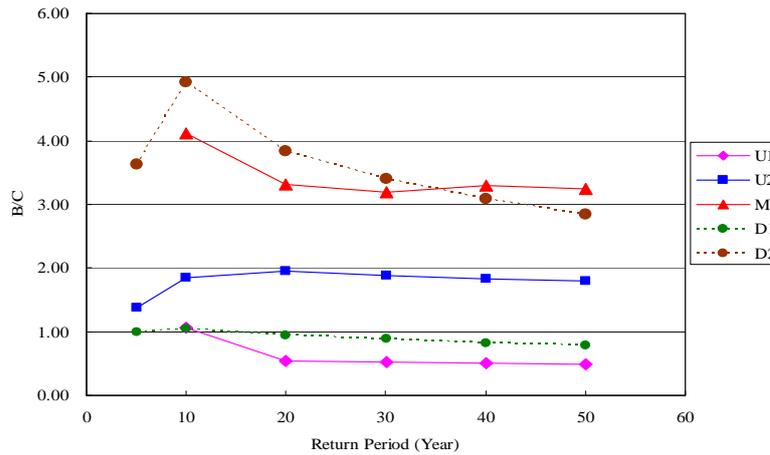
La figure suivante montre les résultats du taux B/C des cinq zones. A partir des résultats, une période de retour de 10 ans a été choisie comme le niveau optimal de la protection contre les inondations pour les améliorations qui concernent U1, M, D1 et D2, parce que la période de retour choisie a le taux B/C le plus élevé pour chacune des zones. Dans le cas d'U2, une période de 20 ans a été choisie. Les détails des coût/avantages pour chacune des zones sont annexés à **Donnée DD1 de la Banque de données**.

Grâce à de nombreux essais effectués avec la combinaison des ouvrages des écoulements de l'oued, impliquant la largeur du canal de l'écoulement principal de la Mejerda, la longueur du digue, la dimension des cannaux en déviation et d'autres éléments, le coût et le bénéfice ont été évalués d'une manière appropriée comme une meilleure association des ouvrages dans chaque zone.

plan des Débits des inondations

Zone U1, M, D1, D2 → probabilité de 10-ans

Zone U2 → probabilité de 20-ans

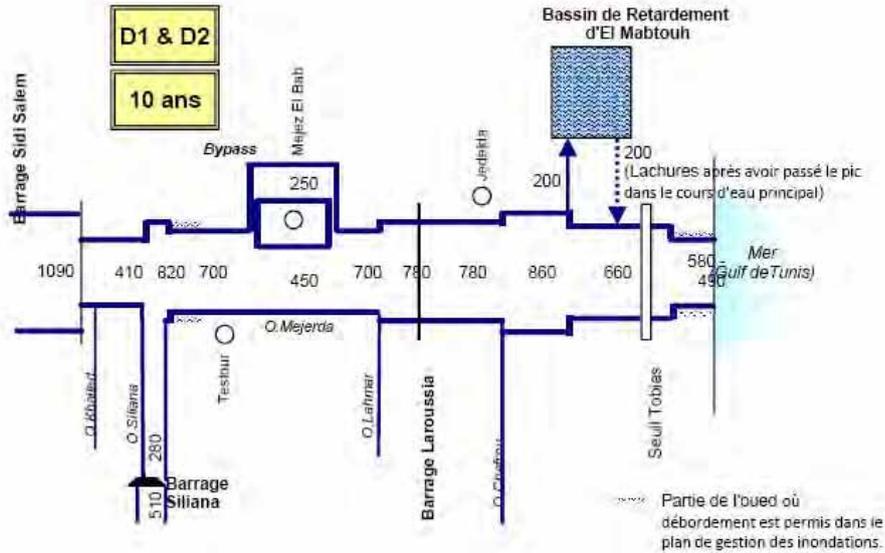
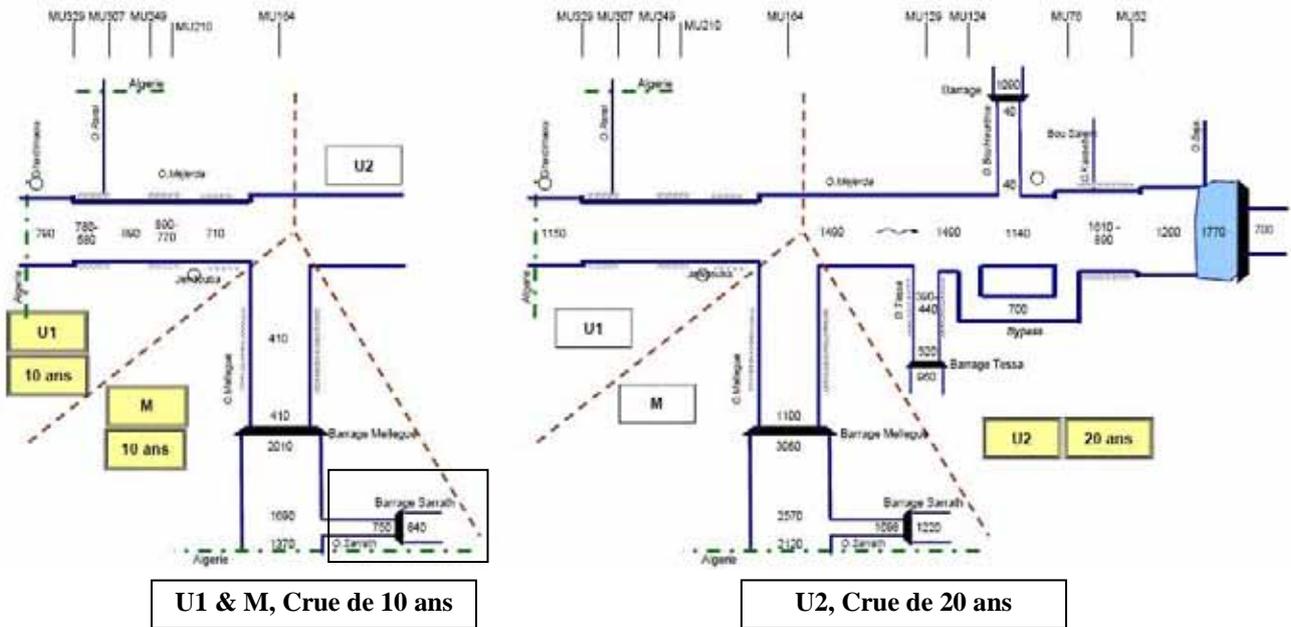


Source: L'Equipe d'Etude

**La Relation Coût-avantage par zone
(Les Travaux d'amélioration de la rivière)**

8.3.9 Distribution des débits des crues

A partir du niveau de protection choisi, on a effectué plus d'analyses hydrauliques pour étudier les niveaux des crues. Pour préparer le plan préliminaire des travaux d'amélioration de l'oued, la distribution des débits des crues Dans toute l'étude a été effectuée par le biais de l'étude hydraulique comme on le montre ci-dessous



A l'aval du barrage Sidi Salem (D1 & D2), Crue de 10 ans

Source: Equipe de l'étude

Répartition des débits des crues de projet

8.4 La préservation du bassin

8.4.1 La nécessité de préserver le bassin

La Tunisie souffre de problèmes d'érosion des sols ainsi que de la dégradation des ressources naturelles. Le problème est du essentiellement à la destruction du sol causée par l'exploitation agricole et le pâturage. L'érosion est aujourd'hui à l'origine d'une sédimentation sévère des réservoirs des barrages et des oueds ainsi qu'une baisse à long termes de la productivité agricole. Dans ces conditions, les zones suivantes ont été identifiées pour la préservation du Bassin de la Mejerda

- (a) Dans la région nord-ouest, où se trouvent les gouvernorats de Beja et Jendouba,
- (b) Le déboisement suite à la reconversion des terres pour les activités agricoles, le pâturage dans les forêts et le déboisement anarchique pour l'utilisation domestique ainsi que le commerce illégal ont accéléré l'érosion du sol et la destruction de la végétation
- (b) Dans les régions au sud des gouvernorats du Kef et de Siliana, l'exploitation mécanisée à grande échelle ainsi que l'exploitation à petite échelle par les petits paysans coexistent. La majorité des paysans exploitent des petits lopins qu'ils cultivent pour la production céréalière sur les pentes d'un sol argileux. Ces lopins sont exposés à l'érosion causée par les pluies torrentielles et sont exposés également à l'érosion des ravins.

Cette érosion du sol a provoqué la sédimentation des oueds et des réservoirs résultant dans une baisse importante dans la capacité d'écoulement des oueds et la capacité utile des réservoirs comme on le voit ci-après

(1) Baisse de la capacité d'écoulement des oueds

Au niveau du pont sur la route nationale dans la ville de Bou Salem sur le cours de la Mejerda en amont du barrage de Sidi Salem, on a constaté que la surface d'écoulement de (699 m²) en 2000 a diminué de 16%, puisqu'elle était (837m²) en 1969. Cette diminution est causée essentiellement par la sédimentation. Dans la ville de Medjez El Bab en aval du barrage de Sidi Salem, cette capacité d'écoulement a été également réduite de quelques 200m³/s. Cette capacité a été estimée à 1000 m³/s avant la construction du barrage en 1981. En plus, on rapporte également que la capacité d'écoulement du Pont de Bizerte au niveau des cours de la Mejerda a diminué de 45% en comparaison avec celle des années 80s.

(2) La sédimentation des Réservoirs

La sédimentation a progressé dans les réservoirs existants dans le bassin de la Mejerda avec des taux très élevés comme on le voit sur le tableau ci-dessous.

Nom du réservoir	Superficie du bassin versant (km ²)	volume de stockage initial RN: A (mil. m ³)	Taux de sédimentation: B (mil. m ³ /an)	A/B (années)
Sidi Salem	18,191	762	4.5	169
Mellegue	10,309	182	2.8	65
Siliana	1,040	70	1.1	64

Dans le cas du barrage de Sidi Salem, on craint que le volume de stockage initial sera sédimenté à 60% dans 100 ans et que les autres réservoirs seraient complètement sédimentés dans 60 à 65 ans.

En considération de ces problèmes de sédimentation, des mesures de contrôle de l'érosion seront indispensables pour la préservation du bassin à fin de réaliser une utilisation durable des oued et des réservoirs en préservant leurs capacités dans le bassin du Mejerda.

8.4.2 Les mesures de contrôle de l'érosion pour la préservation du bassin

Les impacts de l'érosion du sol identifiés dans le bassin du Mejerda sont caractérisés par les points suivants:

- (a) Plus le pourcentage des pentes importantes qui se trouvent dans un bassin est élevé, plus importantes seront les sédimentations dans le bassin, et
- (b) Il faut prendre des mesures pour contrôler l'érosion dans les zones suivantes:
 - Les forêts ou la végétation basse sur le sol est limitée, et
 - Les terres agricoles avec des pentes importantes ou même modérées.

En prenant en considération (a) et (b) ci-dessus, la classification suivante de l'usage des terres est proposée dans les zones d'intérêt pour le contrôle de l'érosion particulièrement dans le cas de vulnérabilité à l'érosion par les pluies :

La catégorie des terres	La Classification de l'usage des terres
(a) les Forêts	1) Déboisée/terres abandonnées 2) Pâturage
(b) les Terres agricole	1) Champs de céréales 2) En jachère 3) Champs d'oliviers 4) Terres utilisées pour l'arboriculture

En plus, les mesures applicables aux terres sélectionnées utilisent la classification pour le contrôle de l'érosion en se basant sur l'hypothèse que les mesures à entreprendre dans le cadre de l'application d'un plan/système de gestion approprié pour les ressources forestières et terres agricoles pour la prévention des problèmes associés à la sédimentation.

Les mesures sont identifiées et classifiées ci-après donnant une grande importance aux:

- 1) Mesures qui ont plus de durabilité face à l'action de l'érosion
- 2) Mesures qui sont techniquement et économiquement bénéfiques aux terres en général
- 3) Les travaux sont faciles à réaliser

Catégorie des terres	La Classification de l'utilisation des terres classification	Les mesures applicables
Les Forêts	Les Terres déboisées/abandonnées	- Reforestation
	Pâturages	- Le développement d'un programme de gestion approprié pour le pâturage dans les forêts avec la coordination des organisations gouvernementales concernées, les citoyens et les autres décideurs y compris les ONGs
Les Terres agricoles	Les champs de céréales et terres en jachère	- Adoption de la méthode de rotation des cultures dans le cadre d'un système de zonage et de construction de murs en pierres solides ou de filons au long des lignes de contours pour la modération des surfaces des pentes
	Les champs d'oliviers et d'arboriculture	- Introduction de la couverture du sol pour améliorer la végétation basse

Le tableau ci-après montre les zones des classifications dans le bassin de la Mejerda (sur le territoire tunisien seulement) et qui sont un calcul estimatif basé sur les données du SIG obtenues dans le cadre de l'étude.

Forêts	Terres agricoles		Total
Terres déboisées/abandonnées	Champs de céréales et terres en jachère	Champs d'oliviers et d'arboriculture	
500 (ha)	774695 (ha)	117,811 (ha)	893,006 (ha)

Les champs de céréales et les champs en jachère représentent la majorité des terres dans bassin de la Mejerda. Il est donc essentiel de mettre en place un plan de contrôle de l'érosion qui prend en considération les champs de blé et en jachère.

8.5 Le plan de prévision des inondations et le système d'alerte

8.5.1 Cadre général

On s'attend à ce que les inondations dans le bassin de la Mejerda soient contrôlées par toutes les mesures structurales possibles comme l'exploitation optimale des réservoirs et l'amélioration des écoulements. Cependant, les inondations sont un phénomène naturel et des événements qui dépassent la planification/l'étude peuvent arriver. Un Système de Prévisions des Inondations et d'Alerte (SPIA) est catégorisé comme une mesure non-structurale est effective pour atténuer les pertes en vie et en propriétés dans les régions exposées aux inondations et particulièrement pour les inondations exceptionnelles.

L'étude recommande un plan de développement et de consolidation du SPIA existant pour les raisons suivantes en considération des éléments importants dans la formulation du plan directeur:

- 1) Comme mesure immédiate pour minimiser les risques et atténuer les dégâts des inondations avant la fin des travaux des mesures structurales;
- 2) Comme mesure pour minimiser les risques et atténuer les dégâts à cause des inondations extraordinaires qui peuvent excéder le niveau des mesures structurales, et
- 3) Comme des mesures qui contribuent à la coordination de l'exploitation des barrages en donnant l'information hydrologique exacte et en temps opportune.

Les conditions de base du SPIA dans le bassin de la Mejerda, dont l'aperçu est schématiquement représenté dans la **Figure 5.6.1**, sont énumérées ci-après :

Composition du système	- Observation, transmission des données, systèmes d'analyse et de dissémination d'alertes
Objectifs	- Donner l'information hydrologique pour assurer la gestion intégrée des structures de l'ouedy compris la coordination de l'exploitation des barrages qui contribuera à la mitigation des dégâts dans les zones inondées, et - Donner l'information hydrologique pour prendre des décisions concernant l'action nécessaire à entreprendre concernant l'évacuation/le système de lutte contre les inondations
Superficie couverte	- Les villes et les petites villes comme Jendouba, Bou Salem, Sidi Smail, Slouguia, Medjez El Bab, El Herri, Tebourba, El Battan, Jedeida, El Henna, and El Mabtou, qui ont été sérieusement touchés par les inondations dans le

	passé
Les institutions en charge	- Prévision des inondations: DGRE, DGBGTH, IRESA and CRDAs sous l'autorité du MARH - Alerte aux inondations: Le ministère de l'intérieur et les départements de la protection civile.

8.5.2 Le plan recommandé pour le renforcement du SPIA existant

(1) Le Système d'Observation

(a) L'Installation des pluviomètres télémétriques supplémentaires

Le nombre actuel des pluviomètres qui constituent le système télémétrique et qui ont été installés en 2007 et qui sont en phase d'essai sous le contrôle de la DGRE nous semble insuffisant surtout dans la zone sud du bassin de la Mejerda à cause de la large superficie du bassin versant dans cette partie. Dans cette étude, le nombre adéquat des pluviomètres a été statistiquement analysé, dont les détails sont dans le rapport G de soutien, pour le bassin de la Mejerda en considération des événements dans le passé qui ont causé des dégâts importants.

Le résultat de l'analyse indique qu'un total de 37 stations de mesure de la pluviométrie seraient nécessaires pour couvrir tout le bassin de la Mejerda sur le territoire tunisien y compris les 24 stations existantes et les 14 nouvelles stations proposées comme le montre le tableau ci-dessous. La **Figure 8.5.1** montre l'emplacement exact de ces stations.

Le Nombre de pluviomètres nécessaire et les N° d'identité des Stations de Pluviomètres Télémétriques

Les Sous bassins (Groupes)	Les Stations Nécessaires									
	Nombre	No. ID * ¹ Station (Existant)					No. ID * ¹ Station (Proposée)			
G1 Cours inférieurs	5	50692	51552	52905	56670	57122	-----	-----	-----	-----
G2: Sidi Salem	5	51403	51672	52864	57018	57643	-----	-----	-----	-----
G3: Bou Heurtma	1	51403	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
G4: Siliana aval	6	55080	56757	57558	57646	-----	50568	50591	-----	-----
G5: Siliana amont	6	54102	56757	-----	-----	-----	53446	54671	56764	56906
G6: Tessa	4	53778	58272	-----	-----	-----	50421	55888	-----	-----
G7: Mellegue	6	53525	53605	55483	55502	-----	56595	57328	-----	-----
G8: Sarrath	6	55991	57678	-----	-----	-----	50522	53046	53311	53508
Total	37 * ²	23 stations * ²					14 stations* ³			

Source: L'Equipe d'Etude

Note *¹: Les N° d'ID des stations : le 4^{ème} chiffre (nom du bassin) le 5^{ème} chiffre et le 8^{ème} chiffre (Numéro d'identité du bassin)

*²: les identités No. 51403 and 56757 sont incorporés en deux groupes mais ils sont considérés comme une seule station en calculant le total des nombres.

*³: La Station ID No. 53311 représente le site du barrage proposé sur le Sarrath, et sera également identifié dans le paragraphe (b) comme une station à équiper avec un pluviomètre et une jauge de mesure du niveau de l'eau.

En considération des crues importantes, les 37 stations de pluviomètres ont presque la même fonction que lorsqu'on utilise les 144 pluviomètres manuels existants. Quelques pluviomètres télémétriques existants n'étaient pas inclus dans les 37

stations. Cependant, il est recommandé d'utiliser d'une manière continue les stations des pluviomètres existants et non-sélectionnés parce qu'ils peuvent être utiles dans la prévision des petites et moyennes crues et dans les décisions liées au contrôle des eaux.

Le nombre des stations de pluviomètres nécessaires doit être étudié pour la prévision des petites et moyennes crues dans la phase suivante de l'étude.

(b) Installation des jauges de mesure des niveaux d'eau téléométriques supplémentaires

En considération de l'exploitation des réservoirs, les jauges de mesure des niveaux d'eau particulièrement en amont de Sidi Salem jouent un rôle très important. Les jauges de mesure des niveaux d'eau dans et en amont des zones concernées ou la prévision du niveau d'eau est nécessaire pour le SPIA doivent indiquer les niveaux critiques pour décider de commencer l'évacuation et les activités de lutte contre les inondations.

En prenant en considération les deux aspects, l'installation des jauges de niveau téléométriques supplémentaires est recommandée comme on l'explique ci-après. La **Figure 8.5.1** montre l'emplacement exact de ces jauges.

Les Jauges de mesure des niveaux d'eau téléométriques supplémentaires proposées

No.	Emplacement	Raison pour l'installation supplémentaire
1	Près de la frontière sur l'Oued Mellègue	Pour l'exploitation du réservoir
2	Sidi Smail	Pour estimer le risqué d'inondations de la ville de Sidi Smail
3	Barrage de Sarrath *	Pour l'exploitation du réservoir
4	Barrage de Tessa *	Pour l'exploitation du réservoir

Source: L'Equipe d'Etude

Note: * Les stations sur les sites des barrages doivent être équipées de pluviomètres et de jauges de mesure du niveau de l'eau pour des raisons de gestion et disponibilité pour l'exploitation régulière des barrages également.

(c) Incorporation des données d'écoulement des barrages dans le système de téléométrie existant

A fin de coordonner l'exploitation des barrages, les données sur les écoulements des barrages sont essentielles pour la bonne exploitation des barrages en aval. Tous les écoulements des 7 barrages choisis (Sidi Salem, Mellegue, Bou Heurtma, Siliana, Mellegue 2, Sarrath et Tessa) qui seront choisis pour une exploitation optimisée doivent être incorporés dans le système téléométrique.

(2) Système de transmission des données

(a) Résoudre les problèmes de télécommunication par GSM

Le système a parfois échoué pour la transmission des données observées au centre d'appel à cause des problèmes de télécommunication par GSM. Dans le cadre du test d'exploitation, l'exploitant du réseau GSM, particulièrement Tunisiana, est en train de chercher des solutions à ce problème en installant de nouvelles antennes

ou en déplaçant des antennes déjà existants et ces problèmes sont entrain d'être résolus un par un.

Cependant, il faut prévoir que ces problèmes de transmission soient résolus, en cas ou ils persistent ou ils arrivent, en mettant une place une transmission conventionnelle manuelles alternative comme le téléphone, le fax, la transmission radio etc.

(b) L'amélioration du réseau AGRINET

Actuellement, ce système télémétrique n'a pas pu assurer convenablement la fonction qui lui a été confiée vu la capacité limitée du réseau Agrinet, de sorte qu'un certain nombre de sites de barrages soit disponible et connectable au réseau et avec une vitesse d'accès acceptable. (au moins 2.0 Geagbits).

(3) Analyse du système

Même si le système de collecte et des données hydrologiques a été amélioré, le SPIA ne peut fonctionner efficacement sans une analyse appropriée du système pour rendre les décisions, relatives à l'hydrologie, en temps réel et basées sur la prévision des crues. Il est recommandé alors de mettre en place le système suivant pour rendre les décisions liées à l'hydrologie plus exactes et opportunes.

(a) Système/modèle de prévision des inondations

i) Barrage de Sidi Salem amont

Le Développement à moyen terme

Les prévisions des inondations doivent être effectuées en utilisant « la méthode de la corrélation du stade d'eau de l'oued » basée sur le niveau d'eau aux niveaux des stations de mesure en amont parce que le développement des modèles d'analyse des écoulements nécessite du temps en utilisant la procédure de test et de rectification d'erreurs qui est essentielle pour le développement du modèle à l'égard des prévisions des inondations.

« La méthode de la corrélation du stade d'eau de l'oued » prévoit le niveau d'eau, le débit, le temps d'arrivée et d'autres concernant la pointe de crue dans un site sélectionné utilisant le phénomène de crue présenté par le niveau d'eau, le débit, la durée de propagation et d'autres éléments entre le site sélectionné et plusieurs sites en aval.

Dans cette étude, on a collecté le temps de propagation, pour trouver les possibilités d'appliquer la méthode de corrélation de stade d'eau de rivière pour l'oued Mejerda et ses affluents se basé sur les dernières inondations dans la **figure 8.5.2** et celles entre les stations principales, sont présentées dans le tableau suivant:

Durée de propagation entre les stations principales

Stations	Distance (km)	Temps Minimum (h)	Temps Maximum (h)
De Ghardimaou A Bou Salem	112	17	22
De Bou Salem A Barrage Sidi Salem	55	14	16
De Barrage Sidi Salem A Jedeida	108	26	33

Source: DGRE

Le Développement à moyen terme (Développement pour l'objectif 2030)

Vers 2030, étant l'objectif de cette étude, les modèles d'analyse des écoulements basés sur les données de pluviométrie télémétriques sur le territoire tunisien seront développés

Dans cette étude, un modèle d'analyse des écoulements a été développé pour le bassin de la Mejerda sur le territoire tunisien. Même si le modèle est plutôt simplifié à cause de ce que le modèle nécessite, il peut être utilisé efficacement pour les prévisions des inondations en améliorant, entre autres choses, la division du bassin

Le Développement à long terme

Comme concept à long terme, un modèle d'analyse des écoulements basé sur les données pluviométriques qui seront obtenus par satellite, y compris les données sur la partie du bassin de la Mejerda qui se trouve sur le territoire algérien, sera développé. En cas où un délai de préparation plus important est nécessaire, une étude de l'applicabilité de la prévision de la pluviométrie serait nécessaire.

Actuellement, le GEOSS (Global Earth Observation System of Systems) est en train d'être développé en coordination entre les instituts concernés dans le monde. Par ailleurs, la mise en place de systèmes Radar pour l'observation des pluies a été récemment proposée. On s'attend à ce que ce système contribue à l'acquisition des données pluviométriques dans n'importe quelle région du monde sans l'utilisation des jauges.

ii) aval du Barrage de Sidi Salem

Les prévisions des inondations dans la partie en aval seront effectuées en utilisant « la méthode de la corrélation du stade d'eau de l'oued » basée sur les écoulements des barrages de Sidi Salem, de Siliana et les niveaux bas de l'oued et en prenant en considération l'écoulement des crues dans les zones du sous bassin versant en aval. En ce qui concerne l'évacuation des citoyens, cette méthode peut nous donner les délais de préparation nécessaires.

Dans le cadre du court et moyen termes, il serait nécessaire également de développer un modèle d'analyse des écoulements des crues

(b) Décider des niveaux d'alertes du SPIA

L'objectif de la mise en place des niveaux d'alerte aux niveaux des stations de

mesure principales est d'indiquer les niveaux critiques d'eau pour le commencement de chaque phase liée à l'action nécessaire comme l'exploitation des réservoirs, les actions d'évacuation et les mesures de lutte contre les inondations.

Dans le système actuel du bassin de Mejerda, les niveaux d'alerte et de débordement sont déterminés à 13 stations de jaugeage dans l'oued Mejerda et 17 stations de ses affluents en se basant sur l'expérience comme montre dans la sous-section G2.1.4 du rapport complémentaire G. Par ailleurs, il est à noter que ces niveaux d'eau ne suivent pas le système d'élevation géodestique en Tunisie. Par conséquent, il est important de mettre en place des niveaux d'eau selon des phases avant d'arriver aux niveaux des écoulements dans ces stations de jaugeage avec un alignement exact du système d'élevation géodestique en vue de réaliser l'objectif mentionné ci-dessus. .

La classification des niveaux d'eau en phases et la mise en place des critères en ce qui concerne les niveaux d'alertes avec leurs indications sont donnés ci-après :

Les niveaux d'alertes et les explications des critères de base

Phase	Le Niveau d'eau	Les Critères
1er	Niveau d'eau conseillé	•Le niveau selon lequel les unités de lutte contre les inondations commencent les préparatifs de mobilisation
2ème	Niveau d'alerte	•Niveau d'eau qui peut provoquer des inondations •Le niveau d'eau selon lequel l'annonce d'évacuation est effectuée et les unités de lutte contre les inondations sont mobilisées.
3ème	Les rives pleines	•Niveau d'eau au dessus du quel il y aurait des débordements •Le niveau d'eau déterminé basé sur le niveau d'eau élevé de l'étude en considération des conditions du terrain

Source: Ministère Japonais des terres, de l'infrastructure et du transport

(c) Le système de l'exploitation coordonnée des barrages choisis

Les données télémétriques suivantes seront partagées par les sites des sept barrages et proposés par les centres de commandes de la DGBGTH, pour assurer la coordination globale des barrages :

- Décharges/niveau de l'eau au niveau des stations de mesure de référence choisies (voir figure 8.2.1).
- L'état de l'exploitation des autres barrages sera coordonné (y compris les débits entrants et les débits sortants, voir Figure 8.2.1)

Dans le cadre de cette relation, il est également recommandé que les sites des sept barrages aient accès à AGRINET comme il est discuté ci-dessus.

Il serait nécessaire de se procurer d'avance les données hydrologiques ci-dessus pour optimiser l'analyse de l'exploitation du réservoir

(4) Le plan recommandé pour le Système d'annonce d'Alerte

Les alertes aux inondations sont données par le ministère de l'intérieur. Une fois la Commission Régionale a été établie, la communication au niveau régional sera assurée par n'importe quel moyen disponible comme le téléphone, le fax, le téléphone mobile, la

transmission radio etc. en ligne avec la structure d'organisation décidée par le plan régional de gestion des catastrophes.

La dissémination aux citoyens comme discuté dans la section 8.6 en prenant en considération que son objectif principal est l'évacuation.

(5) Temps requis pour la réalisation du SPAI

Il y a 3 types de temps requis pour la réalisation en relation avec le SPAI, définis comme suit,.

(a) Temps requis pour la réalisation

Le temps requis pour la réalisation est défini comme étant le temps nécessaire pour achever les activités après que le phénomène d'inondations soit reconnu.

Sur la base des entretiens entrepris avec les institutions en charge des opérations de lutte, contre les inondations le temps requis pour les activités a été préalablement établi dans cette étude comme suit:

Temps de réalisation par activité de lutte

Activités d'intervention	Institutions Responsables	Temps nécessaire pour l'accomplissement des activités	
Analyse Hydraulique et prise de décision pour la diffusion de l'alerte aux inondations	DGRE/DGBGTH/ Commission Nationale	1.5 heure	3.0 heures
Annonce de l'alerte aux résidents	Protection Civile	0.5 heure	
Evacuation avec le minimum requis de biens	Protection Civile	1.0 heure	
Evacuation des animaux domestiques	Protection Civile	1.5 heure	1.5 heure

Source: Interview avec DGRE, DGBGTH et Protection Civile Manouba

(b) Temps ciblé pour la réalisation

Le temps ciblé pour la réalisation est défini comme étant le temps nécessaire pour protéger les infrastructures (les vies humaines dans cette étude). Sur la base du temps requis pour la réalisation par les bénéficiaires de l'alerte aux inondations, le temps ciblé pour la réalisation à pourvoir par le SPAI est estimé à 3h00'. Pour garantir ce temps pour la réalisation ciblé, il est nécessaire d'acquérir les informations hydrométéorologiques en amont du bassin le plus rapidement possible.

(c) Temps possible pour la réalisation

Ce délai est défini comme le temps disponible pour entreprendre les activités depuis la reconnaissance du phénomène d'inondation en amont et le suivi des inondations en zone ciblée en vertu de la situation en cours. Le temps possible pour la réalisation varie dans le bassin hydrographique en fonction de l'hydrologie locale et des conditions structurelles. Le tableau suivant illustre les temps minimum et maximum de la réalisation possibles sur la base des temps de propagation des inondations antérieures. Les stations de jaugeage dans le tableau ont été sélectionnées pour reconnaître un phénomène d'inondation, à savoir : un niveau d'eau ou un débit sortant de réservoir, pour chaque zone ciblée. Les temps possibles pour la réalisation dans le tableau suivant suggère qu'il y aurait une

possibilité d'appliquer « la méthode de corrélation de stade d'eau » dans l'oued Mejerda.

Temps possibles pour la Réalisation Possible par zones ciblées (exemple)

Zone cible	Station de jaugeage pour reconnaître un évènement d'inondation	Temps possibles pour la réalisation selon les conditions courantes	
		Minimum	Maximum
Jendouba	Ghardimaou	10 heures	13 heures
Bou Salem	Barrage Bou Heurtma	7 heures	9 heures
Sidi Smail	Ghardimaou	au moins 17 heures	au moins 22 heures
Slouguia	Barrage Sidi Salem	4 heures	6 heures
Medjez El Bab	Barrage Sidi Salem	8 heures	11 heures
El Herri	Barrage Sidi Salem	14 heures	18 heures
Tebourba	Barrage Sidi Salem	au moins 14 heures	au moins 18 heures
El Battan	Barrage Sidi Salem	23 heures	29 heures
Jedeida	Barrage Sidi Salem	26 heures	33 heures
El Henna	Barrage Sidi Salem	au moins 26 heures	au moins 33 heures
El Mabtouh	Barrage Sidi Salem	au moins 26 heures	au moins 33 heures

Source: Temps de propagation fournis par DGRE

Nota: "au moins" signifie que le temps possible pour la réalisation a été fixé par référence à la partie supérieure du flux des stations de jaugeage du fait que ces temps de propagation n'ont pas été fournis exactement.

8.6 Le plan du système d'évacuation et de lutte contre les inondations

Le système actuel d'évacuation / lutte contre les inondations pour le bassin de la Mejerda doit être reconsidéré pour renforcer ses fonctions en prenant en considération les deux perspectives suivantes :

- (a) Pour décider du début bien calculée de l'évacuation/lutte contre les inondations, il est important de clarifier les critères précis du commencement.
- (b) sensibiliser les citoyens en ce qui concerne l'atténuation des catastrophes est essentiel puisque la compréhension et la collaboration du public et des communautés sont indispensables pour les activités d'évacuation.

En considération de ce qui a été mentionné ci-dessus, le développement du plan pour le renforcement du système d'évacuation et de lutte contre les inondations est recommandé ci-après

(1) Formulation d'un système de partage d'informations

Le partage des informations et la distribution des tâches parmi les parties concernées y compris le gouvernement et le public sont essentielles pour le système d'évacuation

Pour sensibiliser le public concernant l'atténuation des catastrophes, le public doit être informé sur au moins les points suivants d'avance et dans le cas d'inondations :

- Méthodes et moyens d'alertes/diffusion des annonces,
- Les espaces d'évacuation disponibles les plus proches, et
- Adresses clés des instances fournissant de l'aide aux citoyens qui cherchent à être informés.

Cette information peut être donnée sur une carte d'évacuation. Cette carte sera distribuée aux foyers dans les zones exposées aux inondations ou affichée dans des lieux publics comme les administrations et les lieux de rencontres publiques.

Au cours de l'étude, on a élaboré une carte d'évacuation pour la délégation Jedeida, en tant que zone de modèle en coopération étroite avec la protection civile de Manouba, comme montre la **figure 8.6.1**. On recommande à préparer la carte d'évacuation de ce genre à chaque division administrative, en faisant une attention spéciale sur les approches techniques suivantes:

- (a) tracé de l'étendue maximale de l'inondation par les crues, se référant à la dernière crue maximale sans mesures de contrôle des crues proposées, en tenant compte de l'utilisation de la carte en cas de l'évènement de la crue avant l'exécution des mesures structurelles.
 - (b) choix des lieux d'évacuation et des routes d'accès destinés à l'espace public, situés loin de la zone inondée et sélection de la capacité, les équipements disponibles des lieux avec une accessibilité facile et
 - (c) informations supplémentaires requises sur la carte, c'est-à-dire les routes de diffusion pour l'annonce de l'évacuation, les établissements médicaux d'urgence et les bureaux de gouvernement local en charge d'activités d'évacuation et de lutte contre les crues.
- (2) Clarifications sur les critères de déclenchement des activités nécessaires

Pour un bon déroulement du commencement des activités d'évacuation nécessaires et/ou lutte contre les inondations, le Gouverneur doit donner l'ordre d'évacuation et de lutte contre les inondations à temps opportun selon des phases.

- (a) Classification des annonces d'évacuation en trois phases notamment 1st) préparation à l'évacuation, 2nd) conseiller l'évacuation, et 3rd) ordre d'évacuation, basées sur les niveaux d'eau dans les stations de mesure principales et les conditions des structures de contrôle, et
 - (b) La classification des alertes pour la lutte contre les inondations en quatre phases notamment 1st) veille, 2nd) préparation, 3rd) mobilisation, 4th) alerte continue, basée sur les niveaux d'eau y compris les niveaux d'eau des rives dans les principales stations de mesure.
- (3) Le Développement des procédures d'évacuation

Il est nécessaire de développer des procédures d'évacuation accessibles pour les équipes de secours et le public selon les trois aspects suivants :

Une méthode qui garantie la diffusion :

- Par le biais des médias selon un accord avec les organisations des médias, tel que Stations TV7 et la deuxième chaîne, et les chaînes nationales de Radio, Radio des Jeunes et Radio Mosaïque.
- Tout autre moyen disponible y compris les véhicules équipés de hauts parleurs, les efforts de la Protection Civile en collaboration avec les institutions concernées tel que la garde Nationale, la police et les services militaires (voir Figure suivante),
- Utilisant les réseaux de communication de la Imada, la plus petite unité administrative des communautés locales dans une délégation

Des annonces accessibles:

- Donnant l'ordre/conseil d'évacuation
- La raison pour l'ordre/conseil d'évacuation
- La région cible de l'ordre/conseil d'évacuation
- Espace d'évacuation et routes convenables

Le Système de confirmation systématique des évacuations:

- Utilisant le leadership du Omda, chef de la Imada, qui est le plus connu par les citoyens qui résident dans la Imada
- Le contrôle des évacués en utilisant des listes nominatives aux niveaux des points de contrôle installés à l'intérieur ou sur le chemin vers le lieu d'évacuation

Ces activités dépendent des initiatives personnelles des citoyens et de la coopération de la communauté. Les détails des plans d'évacuation de chaque gouvernorat doivent être formulés en considération de l'implication du public et des activités de la communauté possibles.

8.7 La réglementation du lit majeur/ le plan de gestion

8.7.1 La réglementation/gestion du lit majeur

En ce qui concerne les mesures structurales comme proposé pour le bassin de la Mejerda, la dimension du niveau de planification est la probabilité de 10 ans pour les zones D2, D1, U1 et M et 20 ans pour la Zone U2. Cependant, même si les travaux d'amélioration de la rivière seront parachevés, des inondations excessives au-delà du plan peuvent arriver et causer un certain degré de dégâts aux infrastructures dans le bassin.

Pour faire face à ces inondations excessives et atténuer les dégâts, des mesures non-structurales doivent être introduites dans le bassin de la Mejerda et qui peuvent jouer un rôle vital avec les mesures structurales. Cependant, le niveau de la planification de la régulation/gestion du lit majeur n'est pas clairement défini ni en Tunisie ni dans les pays développés.

Dans le bassin de la Mejerda, le niveau de 100 ans de retour est fixé comme l'objectif pour le plan de la régulation/gestion du lit majeur et qui doit être pris en géré par l'institution en charge de la gestion de la rivière, le MARH. Pour montrer clairement les objectifs pour délimiter raisonnablement les responsabilités des agences gouvernementales concernées. Ce concept est très recommandé et doit être intégré dans la politique de contrôle des inondations dans le bassin de la Mejerda. En plus, le niveau excessif des inondations serait au delà des capacités de contrôle de l'agence chargée de la gestion de la rivière mais elle doit être prise en charge par l'entité de la gestion des risques/catastrophes au niveau national parce que une catastrophe de cette ampleur doit être traitée comme une alerte nationale ou comme un cas d'urgence d'état qui nécessite sauver des vies humaines et sera prise en charge dans le cas de la Tunisie par le ministère de l'intérieur et la protection civile.

Il est souhaitable d'introduire le concept mentionné ci-dessus dans les « Directives des

Inondations de la Mejerda » comme concept essentiel de la politique de contrôle des inondations dans le bassin de la Mejerda dans le futur.

D'un autre côté, le domaine public hydraulique (DPH) en Tunisie, a été défini dans la Code des Eaux de 1975 et la délimitation actuelle des limites est la responsabilité du MARH. Puisque ces activités peuvent être reconnues comme un zonage des inondations, sa révision a été effectuée pour mettre en place les directions et concepts appropriés dans le plan de la gestion/régulation du lit majeur dans le bassin de la Mejerda.

8.7.2 Délimitation du domaine public hydraulique (DPH)

(1) La législation définissant le Domaine Hydraulique Public

Le "Domaine Public Hydraulique (DPH) est défini par la Code Des Eaux et comprend les instances suivantes ⁽²⁾:

- (i) Tout genre de cours d'eau et de terres comprises sur les free boards
- (ii) Les étangs qui se forment sur les cours d'eau
- (iii) Tout genre de fontaines
- (iv) Toutes les formes d'eau sous terraines
- (v) Les lacs et les Sebkhas et les barrages
- (vi) Les Aqueducs, les puits et les eaux dans les lieux à usage public ainsi que les dépendances
- (vii) La navigation, l'irrigation et les canaux de drainage gérés directement par l'état ou par délégation de l'autorité à une partie tierce pour l'usage public ainsi que pour les terres et qui sont situés sur les free board et leurs dépendances.

En plus, le Code des Eaux stipule que les limites des cours des eaux sont fixes par le niveau de l'eau qui coure à pleine rives avant de déborder. La clause 'marge' stipule que les riverains des cours d'eau, des lacs et des sebkhas identifiés par Décret sont obligés de laisser un espace qui s'appelle free board dans la limite de 3 m de largeur à partir de la rive permettant le passage libre du personnel d'administration et des équipements. Cet espace ne donne pas le droit de à une indemnité. En plus, à l'intérieur de la zone sous envasement, tous les travaux de construction ou de plantation feront le sujet d'une autorisation par le Ministère de l'agriculture et des ressources hydrauliques. Pour que le concept de Code des Eaux soit effectif, particulièrement dans la délimitation du DHP, le MARH a publié les Lois et Décrets suivants :

- (i) Le Décret No.87-1202 du 04 Septembre 1987 fixant la procédure de délimitation des cours d'eau, des lacs et des Sebkhas sous le DHP.
- (ii) Le Décret No.89-1059 du 27 July 1989, modifiant le décret No.87-1202 du 04 Septembre 1978
- (iii) La Circulaire adressée aux Gouverneurs et aux maires le 20 Octobre 20 2005, concernant les clarifications des procédures liées à la délimitation des cours d'eau, des lacs et des Sebkhas sous le DHP

Les Documents attachés: "Directives sur la Procédure de Délimitation du DHP "

⁽²⁾ traité dans la loi No.16 de l'année 1975 daté au 31 Mars 1975, et modifiée et complète particulièrement par les textes No.2606 de l'année 2001 traité au 9 Novembre 2001.

A part la réglementation citée ci-dessus, des règles spécifiques sont décidées par le Code de la Planification Urbaine et Rurale et les lois d'application qui lui sont associées (modifiée ou complétée par la loi N°.2003-78 du 29 Décembre 2003). Selon ces règles, il est strictement interdit de construire sur les zones qui ne sont pas couvertes par un plan de développement urbain approuvé, dans 100 m de la limite du DPH. D'un autre côté, dans les zones rurales couvertes par un plan de développement rural, il est strictement interdit de construire sur des périmètres à partir de 25 m des limites du DPH.

8.7.3 Les délimitations par la DGRE et le MARH

Dans le cadre du travail de délimitation du DPH et en vue de réaliser une délimitation plus précise permettant une définition plus affinée du DPH, la Direction Générale des Ressources en Eau (DGRE) et le MARH sont mandatés d'entreprendre les études bathymétriques et topographiques ainsi que des études des propriétés (étude des parcellements) des cours d'eau et des Sebkhass à travers les différentes régions du pays.

En vérité, la délimitation du DPH (traçant les limites au long de la Mejerda) a été effectuée par l'Office National de la Topographie et de la Cartographie (OTC) en se basant sur l'Accord N°.06M23 entre la DGRE et l'OTC. En vérité, la DGRE supervise le travail selon le dernier circulaire du ministère.

Selon l'information fournie par la DGRE, les travaux de délimitation du DPH pour la Mejerda ont été achevés couvrant un total de 292 kms à la fin de 2007. 138 kms supplémentaires sont programmés pour l'an 2008

8.7.4 Le concept de base pour la gestion/régulation du lit majeur dans le bassin de la Mejerda

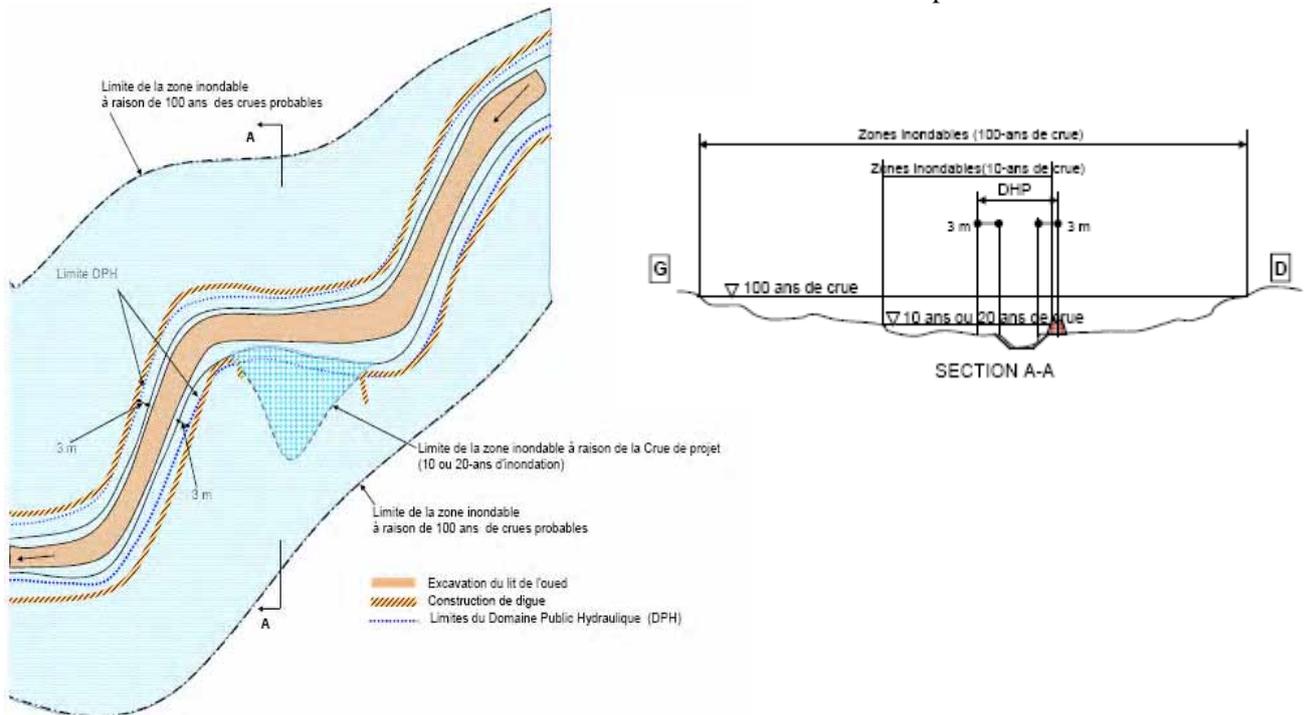
Aucune carte des risques d'inondations n'a été préparée pour les bassins en Tunisie. Les cartes de risques d'inondations sont liées au système de prévision et d'alertes aux crues ainsi qu'à l'évacuation et la lutte contre les inondations. Dans le cas du bassin de la Mejerda, délimiter le niveau des risques d'inondations dans la région serait un moyen vital dans l'atténuation de la vulnérabilité dans les zones exposées aux inondations. En particulier, en prenant en considération l'utilisation dominante de la terre par l'agriculture, certaines réglementations concernant l'usage de la terre ainsi que les restrictions de la construction de nouveaux logements/bâtiments dans les zones riveraines urbaines seraient une condition essentielle associée aux mesures structurales. Pour cela, le concept de base de la régulation/gestion du lit majeur est le renforcement du contrôle de l'utilisation de la terre dans le cadre de la gestion des risques d'inondations dans les zones exposées aux inondations en préparant et en distribuant les cartes d'inondations.

8.7.5 Le plan de formulation du niveau de risque projeté

Pour délimiter la frontière des zones affectées par les inondations excessives, on a pris en considération pour les zones inondées la probabilité des événements de 100 ans à cause de leur importance ;. Lorsque ces événements importants (100 ans) arrivent, le système de levée proposé ne sera pas capable d'accommoder les crues dans le canal et de prévenir le débordement au long de tous les cours du lit principal de la rivière. La levée proposée serait traversée et détruite à cause d'une catastrophe de ce genre.

En plus, on rapporte souvent que les crues importantes avec des pluies torrentielles locales, qui ne peuvent pas être présumées en se basant sur les tendances des événements météorologiques, arrivent souvent à cause de l'effet du réchauffement climatique qui touche plusieurs parties du monde. Dans cet aspect, le contrôle stratégique pour l'utilisation future des terrains dans le bassin de la Mejerda serait plus crucial pour le développement durable.

La relation entre les zones mentionnées ci-dessous est illustrée ci-après:



Limites des zones d'inondations le long de la Mejerda

8.7.6 L'analyse préliminaire de l'utilisation actuelle des terres dans les zones exposées aux inondations

- (1) Les Zones exposées aux inondations à cause des décharges des crues (Zones à risqué élevé)
 - (a) Les Caractéristiques des zones d'inondations

Dans l'étude pour la formulation du plan d'amélioration de la rivière par l'analyse des crues, les zones qui permettent des débordements de la rivière et qui restent des zones à risque dans une dimension ou une autre ont été minutieusement sélectionnées pour la rétention des décharges pics au niveau des cours en aval. Les aspects hydrauliques de ces zones sont résumés dans ce tableau ci-après:

Les Conditions hydrauliques dans les zones d'inondations par les décharges des crues du plan

Zone	Les cours de la rivière qui permettent le débordement	Emplacement	Longueur des cours de la rivière (km)	Niveau de protection planifié	Décharges des crues du plan (m ³ /s)	Capacité actuelle d'écoulement (m ³ /s)
U1	MU228~ MU215	Jendouba amont	6.4	10 ans	570	250
U2	MU53~ MU80	Aval de la confluence du Kasseb	10.8	20 ans	1,840	250
M	ME19~ ME106	Aval de Mellègue	20.8	10 ans	410	200
D1	MD29~ MD24	Amont de Testour	1.7	10 ans	410	350
D2	MD434~ MD447	Les cours bas du lit cours des crues (Oued El Hmadha)	5.2	10 ans	580	180

Source: L'Equipe d'Etude

Comme les résultats de l'analyse des inondations le montre, les décharges des crues du plan dans les zones exposées aux crues dans le cadre de l'étude sont résumées dans le tableau ci-après en termes d'usage des terres:

Estimation des zones exposées aux crues

(en ha)

Zone	Les cours de la rivière qui permettent le débordement	Zone agricole (non-irriguée)	Zone agricole (irriguée)	Autres zones	Total Des zones
U1	MU228~ MU215	348	93	31	472
U2	MU53~ MU80	411	614	15	1 040
M	ME19~ ME106	322	317	26	665
D2	MD29~ MD24	3 224	390	2 881	6 495
D1	MD434~ MD447	109	68	10	187

Source: L'Equipe d'Etude

Pour prendre des mesures correctes face à l'excès des crues, le nombre de personnes affectés, la profondeur/la durée, la vitesse de l'écoulement et les effets aux ouvrages d'irrigation dans la zone prédisposée aux crues seront davantage étudiés.

(b) Comportement attendu des zones d'inondations

En prenant en considération les conditions hydrauliques et l'usage des terres en amont et en aval des cours concernés qui permettent le débordement comme indiqué dans le paragraphe précédent, la fonction vitale et particulière de l'effet de retardement est attribué à partir de l'aspect de contrôle des crues. Pour garder le niveau de protection contre les inondations désigné pour chacune des zones, ces fonctions différentes doivent être prises en considération comme suite :

**Comportement attendu pour le contrôle des crues dans les zones d'inondations
(au dessous du niveau des décharges du plan)**

Zone	Les cours de la rivière qui permettent le débordement	Comportement attendu de l'atténuation des dégâts
U1	MU228~MU215	Pour atténuer les dégâts des crues causees aux zone urbaine de Jendouba en réduisant les pics dans les zones amont
U2	MU53~MU80	Pour réduire les pics qui se propagent en aval en provoquant des inondations locales après rejoindre les crues au niveau de la sortie du canal by-pass de Bou Salem
M	ME19~ME106	Pour réduire les pics qui rejoignent la Mejerda en provoquant des débordements le long du Mellègue. On doit donner de l'importance au zones urbaines de Jendouba.
D2	MD29~MD24	Pour réguler le niveau des crues au barrage d'El Battane (à ? km en aval) jusqu'à l'élévation de la route existante sur le barrage (29.1m NGT), les inondations locales seront provoquées en amont de Testour.
D1	MD434~MD447	Pour permettre le débordement des crues en aval du pont existant sur le cours des crues à l'embouchure de l'oued. Il est recommandé de reconstruire le pont et d'élever la route d'approche au niveau des deux rives.

Source: L'Equipe D'Etude

- (2) Les zones exposées aux inondations à cause des crues excessives (inondations probables de 100 ans)

Les zones exposées aux inondations à cause des crues de 100 ans de période de retour sont préliminairement évaluées en se basant sur les résultats de l'analyse des inondations. Les **Figures 8.7.1** et **8.7.2** montrent séparément les zones exposées aux inondations en amont et en aval du barrage de Sidi Salem. Le tableau suivant montre l'usage actuel des terres selon quatre catégories :

Estimation de la zone exposée aux inondations excessive

Zone	Zone urbaine affectée	Usage actuel des terres dans les zones exposées aux inondations (ha)				
		Terres agricole (non-irriguées)	Terres agricoles (irriguées)	Zone urbaine	Autres	Total
U1	Jendouba	2 725	1 976	156	130	4 987
U2	Bou Salem	4 046	7 810	468	26	12 350
M	Jendouba	4 160	5 684	660	83	10 587
D1	Mejez El Bab	1 602	4 950	182	42	6 776
D2	Tebourba, El Battane, Jedeida, Sidi Thabet	22 771	22 136	390	9 776	55 073

Source : L'Equipe d'Etude

En plus des analyses de l'utilisation des terres ci-dessus, la population affectée a été estimée en se basant sur la proportion de la zone exposée aux inondations et la densité de la population dans chacune des délégations. Le résultat montre qu'approximativement un total de 143.000 personnes résident dans les zones exposées aux inondations dans le bassin de la Mejerda comme le montre le tableau ci-après

Estimation de la population affectée par les inondations excessives

Zone	Zones urbaines	Zones rurales	Total
U1, U2 & M	49 474 (34,7%)	32 987 (23,1%)	82 461 (57,8%)
D1 & D2	25 443 (17,8%)	34 870 (24,4%)	60 313 (42,2%)
Total	74 917 (52,5%)	67 857 (47,5%)	142 774 (100,0%)

Source: L'Equipe d'Etude

8.7.7 L a régulation/gestion du lit majeur

Le renforcement de la régulation/gestion du lit majeur a comme objectif la réduction des risques d'inondations et un meilleur usage des terres qui seront introduits et qui prendront en considération le risque potentiel d'inondations ainsi que le développement urbain et agricole durable dans les zones exposées aux inondations. Comme on l'a expliqué dans la section précédente, les zones exposées aux inondations dans le cas d'événement de 100 ans de probabilité (inondations excessives) ont été délimitées par cette étude, ce qui sera établi comme objectif dans cette étude.

Pour faire face aux crues excessives, une conception de minimiser les dommages par les crues dans les milieux urbains et ruraux utilisant la gestion contre les inondations est indispensable.

Dans ce contexte, on doit tenir compte de l'utilisation des terres avec une restriction de construction des bâtiments au-dessous de certain niveau tout particulièrement dans les zones urbaines prédisposée à des crues. D'autre part, les produits agricoles résistants aux crues comme les oliviers et les arbres fruitiers doivent être promus dans les milieux ruraux pour réduire les dommages potentiels par les inondations selon les niveaux de risque.

Par conséquent, en se basant sur les résultats, le modèle d'utilisation des terres s'intéresse à la catégorie des récoltes et les modes de culture/récoltes qui seront analysés en détail et feront l'objet d'une recherche approfondie pour chacune des zones ou unités plus petites comme les délégations.

La méthodologie pour une utilisation appropriée de la terre sera étudiée et des directives seront préparées pour la dissémination des pratiques aux CRDAs et municipalités concernées. Après la préparation des directives, l'application réelle et l'évaluation des méthodes recommandées seront effectuées. En plus, pour renforcer les avantages attendus du plan, une série de formations et de séminaires seront organisés et tenus d'une manière régulière.

Afin d'atténuer les dommages dus aux inondations excessives dans les zones inondables, une répartition appropriée des structures de régulation du débit sera importante en association avec règlementation/gestion de la plaine d'inondation des activités susmentionnées.

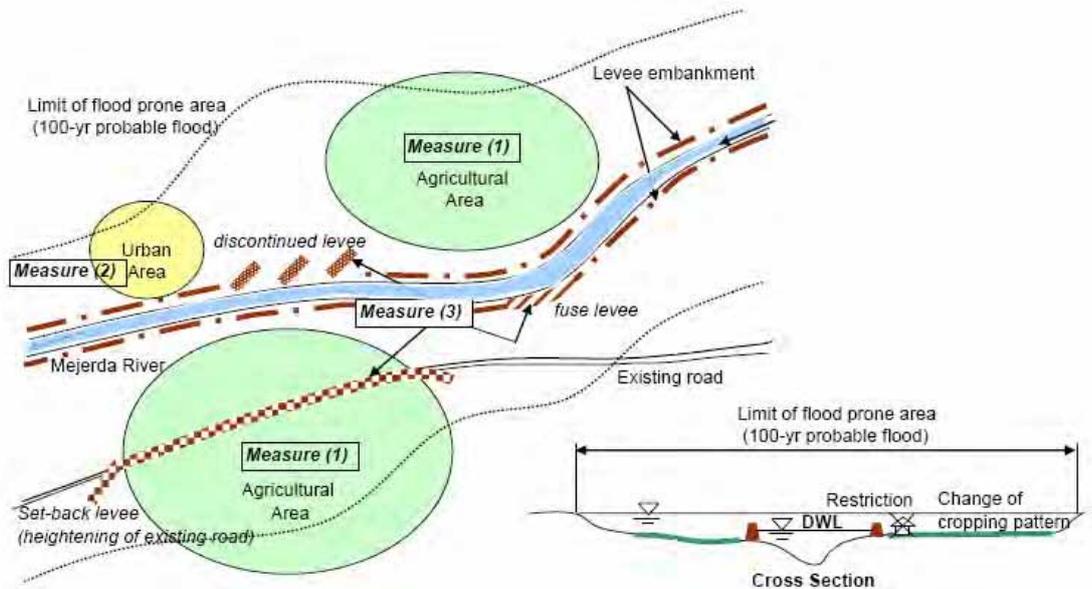
Ces structures ont des fonctions différentes de celles des digues ordinaires, qui ont

étés construites pour la protection contre les inondations, avec l'acheminement et le guidage des flux d'écoulement après débordement.

Dans ce plan directeur, de telles structures sont proposées pour l'atténuation des dommages provoqués des inondations excessives.

La relation entre ces structures et la gestion des plaines d'inondations peut être illustrée comme suit :

Mesure (1)	Promotion de convertir des assollements résistant à l'inondation dans les terres agricoles
Mesure (2)	Restriction sur la construction de nouvelles maisons dans les zones urbaines
Mesure (3)	Construction de digue secondaire (digue de revers), digue discontinue et digue fusible (réglementant les structures dans la plaine d'inondation)



Les trois sites candidats pour la digue secondaire ont été sélectionnés en tenant compte de la zone inondable et des débits de crues des inondations exceptionnelles de 1973, 2003 et 2004 (en tenant en considération des rehaussements des sections de routes existantes).

Toutefois, comme pour l'implantation, les quatre sujets mentionnés dans le présent contexte, doivent être examinés avec soin.

Sites candidats pour la digue secondaire

Sites	Longueur (Km)	Effets attendus (Réglementation pour les inondations excessives)
El Mabtouh	12.0	Protéger les terres agricoles contre les débordements suite à des inondations excessives dans la plaine d'El Mabtouh (Rive gauche de l'oued Mejerda) Régulariser les flux qui diffusent vers le nord.
Sidi Thabet	7.0	Protéger les terres agricoles à Sidi Thabet contre les débordements. Régulariser les flux se tournant au nord et augmentant les dommages des inondations à Kalaat Anadalous (Rive droite du chemin d'eau d'El Hmada)
Tebourba	3.0	Protéger les terres agricoles entre Tebourba et Jedeida des flux d'inondation, le plus haut à l'aval des zones urbaines (Rive gauche) et régulariser les flux atteignant la zone urbaine de Jedeida.

La localisation des sites candidats mentionnés ci dessus est détaillée sur la figure 8.7.1 Plus loin, pour l'implantation, les quatre questions suivantes doivent être soulignées.

- Afin de prévenir une augmentation des dommages des inondations dans la zone située en aval, en utilisant d'autres types de structures en parallèle (tel que des pompes ou des canaux de dérivation, etc..)
- De considérer des mesures de compensation (déplacement de population, rehaussement des lieux d'habitation, compensation aux dommages actuels des inondations) pour cette zone, où les dégâts des inondations seront accentués suite à la construction des structures de régulation.
- D'identifier clairement la zone de construction des structures tel que mentionné ci-dessus et identifier les zones qui risquent d'être endommagées par les inondations et divulguer l'information pour la création d'un consensus avec les citoyens de la région.
- D'introduire, en plus de la construction de telles structures de régulation, des règles de compensation pour les lieux endommagés et/ou des assurances (tel que montré dans le concept proposé dans « le plan de développement des capacités organisationnelles et Institutionnelles » dans ce plan directeur.

Cependant, la gestion de la plaine d'inondation basée sur des analyses détaillées du mode d'utilisation axé sur le choix des assollements et le mode de cultures sera ensuite analysé dans chaque zone ou autre unité administrative plus petite, telle que délégation.

Une méthodologie pour des utilisation appropriées des terres sera étudiée et des guides seraient préparés dans le but de vulgariser la pratique auprès des CRDA (s) et des municipalités concernées.

Après la préparation des guides, une application effective et une évaluation des modalités recommandées seront conduites

De plus, dans le but d'améliorer les bénéfices attendus du plan, des séries de séminaires et d'ateliers seront organisés et conduits périodiquement.

8.8 Le plan de développement institutionnel et organisationnel

8.8.1 Généralités

La gestion du contrôle des inondations en Tunisie a été exécutée occasionnellement et dépend accidentellement des conditions des crues. En plus, les problèmes et questions concernant la planification et la gestion du bassin de la rivière et qui intéressent le contrôle des inondations sont identifiés d'un point de vue institutionnel et organisationnel comme on le voit ci-après :

- (a) Il n y a pas de division permanente des services pour les activités de contrôle des crues et la gestion aux niveaux des directions centrales et régionales à l'exception des services de risques et d'annonces.
- (b) Il n y a pas de directives techniques documentées ou de standards pour le contrôle des crues, la planification et l'étude de l'offre de l'eau ainsi que des règles de gestion des barrages
- (c) La responsabilité du contrôle des crues est partagée: le MARH pour les zones rurales et agricoles et le MEHAT pour les zones urbaines.
- (d) La responsabilité des activités de lutte contre les inondations est partagée: les prévisions et les annonces relèvent de l'autorité du MARH, l'alerte, la lutte et l'évacuation relèvent de l'autorité de la Protection Civile, ministère de l'intérieur.
- (e) Le contrôle de la sédimentation dans le bassin hydrographique est insuffisant : la sédimentation des canaux des oues et des réservoirs est entrain de devenir un facteur important à l'origine des inondations.
- (f) La coopération avec l'Algérie dans la gestion du bassin est également insuffisante : les données pluviométriques et sur les apports et les débits sont particulièrement nécessaires pour les prévisions des inondations et les alertes.

L'étude, en prenant en considération ce qui a été mentionné ci-dessus, propose un concept plus compréhensif de « Gestion Intégrée des Inondations » (GII) qui couvre les différentes mesures structurales et non-structurales. La capacité du développement institutionnel et organisationnel du plan discutée par l'étude a comme objectif la matérialisation efficace du plan directeur de la phase de planification à la phase d'exploitation et de maintenance.

En 1989, la loi de décentralisation a été discutée en Tunisie. Depuis les années 90s, l'état a œuvré pour la décentralisation et le transfert des responsabilités aux associations et communautés locales. Dans le cadre de cette politique, le gouvernement tunisien envisage actuellement l'établissement d'institutions régionales au niveau central. La capacité du plan de développement dans l'étude est donc formulée dans le cadre institutionnel et organisationnel existant et reste pratique dans le cadre de la décentralisation envisagée.

8.8.2 Le cadre organisationnel pour la gestion intégrée des inondations

La perspective d'une intégration institutionnelle des mesures de contrôle des inondations et la gestion des oueds à trois dimensions dans le cadre du concept de la GII :

- L'intégration de la gestion et de l'administration des activités de contrôle des inondations entre les organisations impliquées,
- L'intégration du planning et de l'implémentation des mesures de contrôle des inondations entre les organisations concernées, et
- L'intégration de l'exploitation et de la maintenance du bassin de la Mejerda.

Une combinaison appropriée des mesures de contrôle serait appliquée par une administration bien gérée et une coordination verticale et horizontale impliquant les différentes agences et organisations serait favorisée. L'étude a identifié les trois catégories suivantes pour le renforcement de la gestion à travers la consultation et les études nécessaires :

- Le renforcement de l'administration et la gestion de l'oued par le MARH dans le cadre du Code des Eaux,
- Le renforcement des capacités organisationnelles pour une coordination effective et efficace du planning et de l'implémentation, et
- Le renforcement de l'exploitation et la maintenance intégrées du bassin de la Mejerda.

Le cadre organisationnel actuel est reconsidéré en termes des mesures de contrôle et administration de l'oued pour réaliser l'intégration institutionnelle de la gestion de l'oued dans le cadre de la GII comme on le voit ci-après

La Gestion Les Mesures	Intégration Institutionnelle de la Gestion de la Mejerda		
	La gestion de la zone de la rivière, du cours de la rivière et des ressources en eau	Le planning et l'implémentation Intégrés	L'Exploitation et la maintenance Intégrées
Les Mesures Structurales	○	○	○
Les Mesures Non-structurales	○	○	○

○: La Nécessité d'intégration

Les attributs des mesures structurales et non structurales liés aux attributs de l'intégration institutionnelle de la gestion de la méjerda sont groupés en trois parties. Ceux qui sont mutuellement corrélés et qui doivent être intégrés. Les mesures structurales et non structurales étudiées pour un contrôle global de la Mejerda sont classées ci-après :

Mesures structurelles

Stockage et réglage de l'écoulement des crues		Amélioration du canal de la Mejerda		
a) Construction de barrages* et des bassins de retardement	b) Amélioration de l'exploitation des réservoirs	a) Digues	b) Creusement et Elargissement du canal	c) Canal de dérivation, cours des (eaux) des crues

Mesures non-structurelles

4) Préservation du bassin		Règlement / gestion des plaines d'inondation		
a) Gestion des forêts* b) Gestion de l'utilisation des terrains*	c) Gestion de l'érosion du sol	a) Contrôle de l'utilisation des terres (zonage) b) Assurances contre les crues, Assurances des récoltes, ajustement des taxes	c) Système de prévision et d'annonce des crues, d) activités de lutte contre les crues, alertes, Plan de sauvetage e) Education (sensibilisation) des gens	f) Protection contre les eaux (des crues), (élévation du niveau des habitations, des immeubles et des fondations, etc.)

*Mesures ne rentrant pas dans le cadre de l'étude JICA pour l'élaboration du Plan Directeur

Le cadre organisationnel projeté pour la GII est illustré par la **Figure 8.8.1**. Les attributs de ces mesures structurales et non structurales sont liés aux attributs de la gestion de la rivière illustrés par la partie gauche de la **Figure 8.8.1**. L'intégration organisationnelle des institutions impliquées est illustrée par la partie droite de la **Figure 8.8.1**.

8.8.3 Projet de plan pour le développement de la capacité organisationnelle du bassin de la Mejerda

Le projet de plan de développement de capacité organisationnelle pour le bassin de la Mejerda a été élaboré pour mettre en œuvre les actions identifiées, après un examen minutieux des problèmes et des besoins dans les organisations et les institutions actuelles pour le contrôle des crues et la gestion des rivières dans le bassin de l'oued Majerda, traité dans la **section 5.8.**. Ce projet de plan est constitué de (11) programmes proposés afin de promouvoir la gestion intégrée des inondations sous le cadre organisationnel mentionné dans la Figure 8.8.1 à travers le renforcement des capacités organisationnelles en termes des attributs de la gestion des oueds résumés dans la **Figure 8.8.1** notamment l'intégration de l'administration, l'intégration du planning et de l'implantation et l'intégration de l'exploitation et de la maintenance (E&M).

L'administration intégrée a pour but de donner un système de gestion des cours d'eaux harmonieux dans les activités de contrôle des crues parmi les organisations concernées. La planification et l'exécution intégrées sont pour objectif d'accorder une coordination organisationnelle pour la planification et l'exécution efficaces des mesures avec les organismes concernés. L'exploitation et la maintenance intégrées sont en charge de donner une coordination durable à l'exploitation et à la maintenance concernant les mesures de contrôle des crues dans le bassin de l'oued Mejerda.

Les 11 (onze) programmes ci-dessus sont résumés ci-après :

Programmes Proposés pour le Renforcement Organisationnel

Gestion de la rivière pour le Domaine Hydraulique public	Planification intégrée et mise en œuvre	Exploitation et maintenance (E & M) intégrée
1 Une équipe de gestion par bassin (l'oued Mejerda)	5 Planification intégrée des mesures structurelles et non-structurelles comprenant le zonage et l'assurance contre les crues	10 Renforcement de l'exploitation et l'entretien du système actuel d'approvisionnement en eau et des grands barrages
2 Une organisation permanente pour la Gestion Intégrée des Crues	6 Coordination par le comité de pilotage du projet sous la tutelle du DGBGTH	11 Création d'une nouvelle agence pour l'exploitation et l'entretien du cours de la rivière et des installations de rivière au niveau de la Mejerda
3 Ajouter la Gestion Intégrée des Crues à la mission du Conseil National de l'Eau	7 Coordination et mise en œuvre par l'unité de gestion du projet sous la tutelle du DGBGTH	
4 Gestion et contrôle environnemental à travers tout le bassin	8 Directives techniques, normes et règles documentées	
	9 Arrangements de l'assurance contre les inondations	

Programme 1 : Besoins pour une unité de gestion par bassin (de l'oued)

Il est prévu de résoudre les problèmes existants tels que l'attribution des permis de bâtir illégaux dans le domaine public hydraulique(DPH), la construction de structures obstructives contre l'écoulement de l'eau dans le lit majeur de la méjerda, la construction de piles de ponts pour le confinement des cours des crues à l'intérieur du lit de l'oued, les dommages (dégâts) causés aux canaux de drainage existants par la construction des routes et la maintenance insuffisante des cours de la méjerda. Ces problèmes sont liés à la gestion du régime fluvial, le cours des oueds, le contrôle des crues (la lutte contre les crues), et les droits de l'eau.

Le renforcement (de la position) du gestionnaire des oueds, en l'occurrence le MARH, en se basant sur le principe d'une seule unité de gestion par bassin, renforcera la gestion des oueds d'une manière efficace et effective comme il est le cas dans la pratique internationale.

Programme 2 : Besoins pour une organisation permanente

La mise en place de services et de divisions permanentes pour la gestion et le contrôle des crues au sein des directions centrales et régionales permettra la création des bases pour la Gestion Intégrée des Crues. Les organismes permanents contribueront au renforcement des points suivants:

- a) La communication et la coordination régulière avec les organismes concernés afin de clarifier la gestion de la méjerda et les problèmes existants,
- b) La gestion continue et intégrée des cycles à partir des étapes de planification, et de conception jusqu'à l'étape de construction, d'exploitation et de la maintenance.
- c) Dispositions budgétaires stables pour des nouvelles mesures ainsi que pour une exploitation et une maintenance durables.

Programme 3 : Mission du Conseil National de L'Eau en matière de Gestion Intégrée des Crues

Le Conseil National de l'Eau (CNE) est une organisation occasionnelle et la mission du CNE est limitée au conseil. Ainsi, il n'a aucune responsabilité¹ concernant la Gestion Intégrée du bassin fluvial ainsi que la gestion des crues. Le CNE n'a pas aussi un bureau de secrétariat indépendant et permanent. Il serait opportun d'inclure la Gestion Intégrée des Crues à la mission du Comité National de l'Eau.

Programme 4 : Contrôle et gestion environnementale couvrant tout le bassin versant

Afin d'assurer l'approbation des activités des projets avec les règles et les procédures légales et sociales, le contrôle et la gestion environnementale couvrant la totalité du bassin versant est nécessaire.

Programme 5 : Phase de planification

Les projets relatifs à la régulation des crues devraient être supervisés par un Comité de Pilotage de Projet (CPP) créé au sein de la Direction Générale des Barrages et des Grands Travaux Hydrauliques (DGBGTH) ou au niveau des Commissariats Régionaux de Développement Agricole (CRDAs) durant l'étape de planification et de préparation des projets. Le rôle du CPP est de réaliser le plan intégré de contrôle des crues dans le but d'assurer une coordination effective entre les ministères concernés et leurs institutions subordonnées installées dans les gouvernorats, tels que la DGRE, la DGACTA, le service des forêts, l'Agence Nationale pour la Protection de l'Environnement (ANPE), le DGDD du Ministère de l'Environnement, le Ministère de l'Intérieur, et le Ministère de l'Équipement de l'Habitat et de l'Aménagement du Territoire (MEHAT) entre-autres. Il serait préférable que le CPP participe aux activités de contrôle durant les étapes de la conception et de la réalisation afin de garantir une coordination effective.

Programme 7 : Etapes de conception et de réalisation

Dans l'organisation actuelle basée sur la politique de décentralisation du pays, le rôle du gouvernement central (MARH), et le rôle des institutions à l'échelle régionale au niveau des gouvernorats sont bien répartis pour la mise en œuvre des mesures structurelles au niveau de la conception et celui de la réalisation. Le DGBGTH est chargé de l'exploitation et de la gestion des barrages, des grands travaux hydrauliques et des structures hydrauliques interrégionales. Les CRDAs seront chargés des petites structures hydrauliques qui peuvent être gérées à l'intérieur d'une zone administrée par un seul

¹ Voir Chapitre I, Article 4, Code Eau (1997).

³ Voir Chapitre I, Article 1 ~ 7, Code Eau(1997).

⁴ Voir les exemples concernant organisations administrative et la législation dans les Sections 3.5.1 and 3.5.2 du Rapport Sectoriel.

⁵ Voir Article 2 du Décret No. 2001-2606 du 09 Novembre, 2001.

⁶ Voir Code Eau (1997), Chapitre II, Article 19 -Le Comité National de l'Eau devrait avoir pour mission de proposer des idées sur des questions générales en relation avec la gestion et la planification des questions relatives à l'eau, les projets concernant la gestion et la distribution de l'eau à l'échelle nationale ainsi que de la gestion sur le plan régional des projets de grande envergure. Ce comité pourrait être aussi donner des conseils sur des questions en relation avec la préservation et la protection de l'eau.

⁷ Voir l'Article un concernant la mission.

Commissariat. Une Unité de Gestion des Projets installée au sein du DGBGTH ou un CRDA pour gérer quotidiennement les travaux de réalisation et des activités de liaison.

Programme 6 : Renforcement du Pouvoir de Coordination du MARH avec les Organisations Concernées

Il est nécessaire de renforcer la capacité de coordination avec les organisations concernées telles que le ministère de l'Équipement de l'Habitat et de l'Aménagement du Territoire (MEHAT), le Ministère de l'Intérieur, l'Institut National de la Météorologie (INM), etc. pour une planification efficace et effective, l'implémentation, l'exploitation et la maintenance des mesures structurelles (stockage et retardement du ruissellement des crues, amélioration du canal fluvial) et les mesures non-structurelles (conservation du bassin, la gestion des crues). Par exemple, le contrôle de l'utilisation du terrain, la gestion des Domaines Publics Hydrauliques, les projets de contrôle des crues et les projets de drainage urbain et rural demandent une coordination avec le MEHAT⁸.

Programme 8 : Standards et guides techniques compilés dans des supports écrits

La documentation des directives techniques ainsi que les standards, les manuels, ou règles sera utile pour une mise en œuvre efficace des projets intégrés à partir des étapes de la planification et de la conception jusqu'aux étapes de la construction, et d'exploitation et de maintenance à l'intérieur et à l'extérieur du MARH. La gestion de la méjerda couvrant les mesures structurelles et les mesures non-structurelles pour le contrôle des crues sont toutes étroitement liées les unes aux autres, et toutes ces questions demandent une technologie et une gestion hautement complexes.

Les directives techniques et les normes formeront la fondation d'une approche et d'une méthode rationnelle pour la planification et la gestion du contrôle des crues en Tunisie.

Programme 9 : Assurance contre les inondations

L'assurance contre les crues est essentiellement un instrument supplémentaire aux mesures structurelles du contrôle des crues, et ainsi un système d'assurance contre les crues devrait être introduit comme une composante faisant partie des structures non-structurelles.

Programme 11 : Création d'une nouvelle agence d'exploitation et de Maintenance du Cours de la méjerda et des Installations de régulation des Crues

Cours de la rivière et installations de régulation des crues

- (1) Création d'une nouvelle organisation pour l'exploitation et la maintenance de l'oued Mejerda

L'exploitation et la maintenance durable d'un bassin de rivière selon le concept d'une Gestion Intégrée des Crues peut être réalisée efficacement et effectivement selon le principe « d'une unité de gestion ». Il est prévu de créer une unité permanente du bassin fluvial pour l'exploitation et la maintenance des rives de la méjerda, les digues, les canaux et les installations de contrôle des crues de la Mejerda sous la tutelle de la DGBGTH. Actuellement, il n'existe pas d'unité permanente chargée de l'exploitation et

des travaux de la maintenance au niveau de l'oued de la Mejerda.

L'agence du bassin de l'oued Mejerda aura pour mission souhaitée de premièrement effectuer l'exploitation et la maintenance des ouvrages de l'oued et de coordonner les intérêts partagés entre les partis prenantes comprenant les ministères, les CRDAs, les municipalités, les associations, les sociétés et les résidents. L'autorité de coordination sera confiée par le ministère du MARH et du CNE. La durabilité financière de l'exploitation et de la maintenance est un sujet très important pour la continuation de la mission d'une manière effective. Les coûts d'exploitation et de maintenance du type collectivité publique seront couverts par la subvention du MART et les revenus des bénéficiaires, tels que les CRDAs, les municipalités, la SONEDE, la SECADENORD, les fermiers, etc.

(2) Création d'un nouveau centre de contrôle de l'exploitation des réservoirs de l'oued Mejerda

Le contrôle et les décisions émanant « d'une seule unité de gestion » permet la meilleure coordination d'une multitude de réservoirs dans l'oued Mejerda et ce dans le but de réaliser la sécurité des barrages et le contrôle effectif de la sécurité lors des crues. Il est nécessaire de créer un centre de contrôle pour la rivière de Mejerda sous la tutelle de la direction de l'exploitation des barrages du DGBGTH avec le soutien du Comité National de l'Eau. Le centre de contrôle accèdera à toutes les informations nécessaires à travers le système d'informations en ligne. Ces informations devraient comprendre les débits des stations de jaugeage, la situation actuelle d'exploitation de tous les barrages, les débits prévus ainsi que les prévisions relatives aux chutes de pluies. Les décisions à prendre au niveau du centre de contrôle concernant l'exploitation de chaque réservoir sont faites en prenant en considération à la fois les débits entrants dans les réservoirs respectifs et toutes les conditions hydrologiques dans la totalité du bassin de Mejerda. Dans ces conditions, chaque responsable de barrage devrait suivre habituellement les décisions prises à partir du centre de contrôle seulement et non selon chaque changement de situation locale qui interviendrait dans le site du barrage. Les responsables de barrages auront, cependant, la tâche de préparer leurs propres actions à exécuter par eux-mêmes en se basant sur les informations disponibles sur le site dans le cas où le système en ligne vers le centre de contrôle est déconnecté.

Exploitation et maintenance du système de gestion de l'information

(3) Système de prévision et d'alerte des crues

Le développement des compétences en matière de prévision des crues et système d'alerte comportera, premièrement, l'amélioration du système du télémètre des chutes de pluies et des débits afin d'améliorer la justesse des prévisions et de confirmer les décisions à prendre à temps, et deuxièmement, le renforcement organisationnel et des ressources humaines pour faire avancer le système d'une manière efficace et effective ensemble avec la Protection Civile, les CRDAs, l'INM, ainsi que d'autres organisations en relation.

(4) La coopération avec l'Algérie pour la gestion du bassin versant de la Mejerda

Actuellement les données relatives aux pluies observées à chaque heure à l'intérieur du territoire Algérien ne sont pas à la disposition du MARH pour la prévision des crues et les alertes à cause de contraintes techniques et financières du côté Algérien. Il est recommandé de renforcer la coopération avec l'Algérie pour la gestion du bassin de la méjerda : les précipitations, les débits, la gestion des réservoirs, et les plans de construction des barrages.

Parmi ces programmes il est important de mettre en place une nouvelle unité ou agence pour la E&M intégrée du bassin de la Mejerda.

Il est possible d'appliquer le projet de plan de développement des capacités organisationnelles constitué de 11 programmes, en trois phases par exemple puisque les expériences et les pratiques dans la gestion des inondations et l'E&M des travaux fluviaux en Tunisie sont limitées

- **La Première Phase:** Pour mettre en place une division permanente ou une direction sous la DGBGTH (MARH) pour le bassin de la Mejerda: 1) pour initier le programme et l'exploitation et la maintenance intégrée, 2) pour tester la faisabilité du projet pilote, 3) Pour tester les 10 programmes mentionnés ci-dessus pour l'E&M intégrées du bassin de la Mejerda en excluant le 11^{ème} programme.

- **La Deuxième Phase:** Mette en place le projet pilote pour le bassin de la Mejerda on montrant le projet de cycles de gestion des différentes mesures de contrôle allant de la phase de planification à l'exécution jusqu'à la maintenance

- **La Troisième Phase:** Pour mettre en place une agence en charge de l'E&M du bassin de la Mejerda si le projet pilote justifie la viabilité de l'agence

8.9 Les résultats du plan directeur

Selon les stratégies de base de l'étude pour la formulation du Plan Directeur, l'étude de plans alternatifs pour les mesures structurales et non structurales envisagées dans le cadre du Plan Directeur ont été développées dans les **Section 8.2 et 8.8** pour expliquer les problèmes et les questions actuelles rencontrées dans le bassin de la Mejerda et pour identifier les mesures de contrôle et les solutions possibles. Après une réflexion approfondie sur les résultats de l'étude, l'Etude a proposé un plan directeur pour le contrôle des inondations constitué des 6 projets suivants dont deux projets concernent les mesures structurelles et quatre autres concernent les mesures non structurelles, pour que le projet de contrôle des inondations donne des résultats vers 2030 (Année cible de cette étude) :

(i) Les mesures structurelles : Pour axer sur la protection des villes et des terres agricoles le long de l'oued Mejerda contre les débordements au delà des crues de projet.

1-1 Le Projet pour le renforcement de la fonction des réservoirs dans le contrôle des crues : Afin de minimiser les pointes des lâchers à partir des sept barrages (Sidi Salem, Mellegue, Bou Heurtma, Siliana, Mellegue 2, Sarrat et Tessa) et des tronçons d'oueds situés en aval.

- 1-2 Le Projet de l'amélioration des écoulements : afin de prévenir des débordements nuisibles au-delà des crues de projet.
- (ii) Les mesures non structurales : axer sur l'atténuation des dégâts des inondations causés par les excès des débordements et sur la durabilité des effets de protection des mesures structurelles.
 - 2-1 Le Projet de renforcement du système des prévisions des crues et d'alerte,
 - 2-2 Le Projet de renforcement du système existant d'évacuation et de lutte contre les inondations : Mettre à disposition à temps l'information nécessaire sur les crues pour les projets en développement (i) les fonctions d'amortissement des crues des réservoirs (1-1) et (ii) le système d'alerte des crues (2-2).
 - 2-3 Le Projet de développement des capacités organisationnelles : Fournir une bonne organisation et des arrangements institutionnels renforcés afin de faciliter la mise en place d'autres projets de protection contre les inondations proposés dans le plan Directeur à partir des étapes de planification jusqu'à celles de l'exploitation et de la maintenance.
 - 2-4 Le Projet de régulation/et de gestion de la plaine d'inondation : Minimiser le risque des inondations des bas fonds susceptibles d'être inondés au cours des fortes crues le long de la Mejerda.

Ceci dit, il est important de noter que les six projets doivent se compléter, tel qu'il est expliqué ci après, et la relation entre les Points est illustrée par la **Figure 8.9.1**.

(1) Le Projet 1.1 et le Projet 1.2

Les deux projets sont planifiés pour fonctionner ensemble dans la protection contre les inondations selon le niveau de l'étude. Le Projet 1.1 a comme objectif le renforcement de la fonction de protection contre les inondations des sept barrages: Quatre réservoirs existants (Sidi Salem, Mellegue, Bou Heurtma et Siliana) et 3 futurs réservoirs (Mellegue2, Sarrat et Tessa) à travers l'amélioration des règles d'exploitation des réservoirs pendant les inondations, en réduisant les pics des crues des réservoirs dans la limite du possible.

Cependant, les réservoirs ne peuvent pas contrôler les inondations en aval d'une manière complète parce que les cours en aval reçoivent également les écoulements de leurs propres bassins. Pour cette raison, le projet 1.2 est nécessaire pour assurer la prévention efficace des débordements des niveaux en aval.

(2) Le Projet 1.1 et le Projet 2.1

La consolidation de la fonction des réservoirs dans le contrôle des inondations projeté par le Projet 1.1 exige une information exacte et appropriée sur les crues aussitôt que possible. Pour cela, le Projet 2.1 est nécessaire pour fournir cette information au Projet 1.1 y compris les prévisions des inondations à travers la consolidation du SPIA existant.

(3) Le Projet 2.1 et le Projet 2.2

Les activités d'évacuation et de lutte contre les inondations, qui sont essentielles pour éviter les pertes en vie causées par les inondations, nécessitent également une information

exacte et appropriée aussitôt que possible. Donc, le Projet 2.1 est nécessaire pour fournir au Projet 2.2 les informations sur les crues y compris les prévisions à travers le renforcement du SPIA existant.

(4) Le Projet 2.3 et les autres projets

Dans le cadre de ce concept de la Gestion Intégrée des Inondations (GII), il faut développer des mesures institutionnelles solides et bien organisées à fin de soutenir l'exploitation, la maintenance ainsi que la planification, conception/construction des autres projets du Plan Directeur et garantir l'effet durable attendu des autres projets. Pour cela, le Projet 2.3 est inclus dans le plan directeur.

(5) Les mesures structurales du Projet 2.4

Les mesures structurales, notamment le Projet 1-1 et le Projet 1-2, peuvent protéger contre les inondations selon le niveau de protection proposé comme on le montre ci-dessus. Ceci veut dire que le plan de contrôle des inondations formulé dans le cadre du plan directeur ne peut pas garantir la prévention des inondations pendant les crues excessives qui dépassent la conception de l'oued avec les travaux d'amélioration.

Les zones basses situées au long de la Mejerda sont exposées aux inondations pendant les événements exceptionnels et excessifs. Actuellement, quelques unes de ces zones basses ont été développées pour la culture et le logement. Une régulation un controle du lit majeur restent essentielles pour minimiser les risques et les dégâts dans ces zones basses pendant les évènements exceptionnels. En considération de ces points, ce projet est incorporé dans le Plan Directeur

La Figure 8.9.2 illustre le plan Directeur composé des six projets proposés pour la commande des inondations dans le bassin de Mejerda.

CHAPTER 9 CONCEPTION PRELIMINAIRE

9.1 Mesures structurelles

9.1.1 Amélioration de la rivière

(1) Principe de Conception des Installations

Le principe suivant s'applique à la conception des installations pour les travaux d'amélioration de la rivière.

- (a) Du point de vue technique, l'amélioration du lit de la rivière comprend une digue de protection, l'excavation d'un canal/dragage et la construction de bassins de retardement pour pousser au maximum l'utilisation de la capacité interne du débit de la rivière, qui doit être prioritaire par rapport aux autres mesures structurelles.
- (b) Il n'y aura pas lieu de relogement des ménages/constructions de manière à minimiser l'impact social et environnemental. Par conséquent, il est garanti que le moins de gens seront affectés par la réalisation des travaux d'amélioration de la rivière. Si on n'obtient pas un espace minimum pour la construction des digues de protection/élargissement du canal, des murs de renfort en maçonnerie/béton ou des murs de retenue seraient adoptés au lieu des travaux de terrassement comme digues de protection ou élargissement du canal.
- (c) Même si le traitement précité s'avère insuffisant, un canal de déviation et/ou un bassin de retardement des eaux provenant des inondations sera introduit afin d'améliorer la capacité du lit de la rivière.

(2) Données de l'Etude pour la Conception des Installations

Les données suivantes obtenues par l'étude topographique ont été utilisées dans la conception des installations. Une série de cartes topographiques à une échelle de 1:25000 et de 1:50000 ainsi que des photos aériennes préparées par le MARH ont été aussi utilisées comme source de référence.

Liste des Données de l'Etude Utilisées pour la Conception des Installations

Désignation de la rivière/Structure	Portion	Type de données	Dimension	Nos.de sections
Mejerda	Amont	Profil et sections de travers	L=158.3 km	360
	Aval	Profil et sections de travers	L=148.5 km	447
Chaffrou		Sections de travers	L=2.0 km	8
Lahmer		Sections de travers	L=2.0 km	8
Kallied		Sections de travers	L=2.0 km	8
Siliana		Sections de travers	L=2.0 km	8
Kesseb		Profil et sections de travers	L=20.3 km	86
Bou Heurtma		Profil et sections de travers	L=17.3 km	79
Tessa		Profil et sections de travers	L=20.3 km	87
Mellegue		Profil et sections de travers	L=45.0 km	160
Bassin de retardement d'El Mabtouh	Pertuis d'entrée Vers émissiare	Profil et sections de travers	L=29.8 km	9
	Réservoir	Sections de travers	Variées	7
Canal de dérivation de Medjez El Bab		Profil et sections de travers	L=4.5 km	14
Canal de dérivation de Bou Salem		Profil	L=7.7 km	
Ponts à reconstruire		Sections de travers	Variées	6

Source: l'Equipe d'Etude

(3) Norme et critères du Concept

L'Institut National de Normalisation et de la Propriété Industrielle (INNORPI) a introduit les normes générales Tunisiennes ainsi que d'autres normes y afférentes telles que les normes ISO, Norme Française, etc. Cependant, les normes techniques pour l'amélioration des rivières n'ont pas été établies en Tunisie. La norme et les critères de conception et les structures des rivières sont souvent et en général élaborés en fonction du projet.

Dans la présente étude, puisqu'il a été jugé que les normes et critères Japonais pourraient être des sources de référence suite à une inspection de situations sur les lieux ainsi que les structures existantes à travers les visites effectuées sur place, elles étaient à l'origine de la décision sur les dimensions des structures de la rivière.

Les géométries standards de la levée d'endiguement et du lit de la rivière cités à partir des standards japonais peuvent être résumés au tableau suivant:

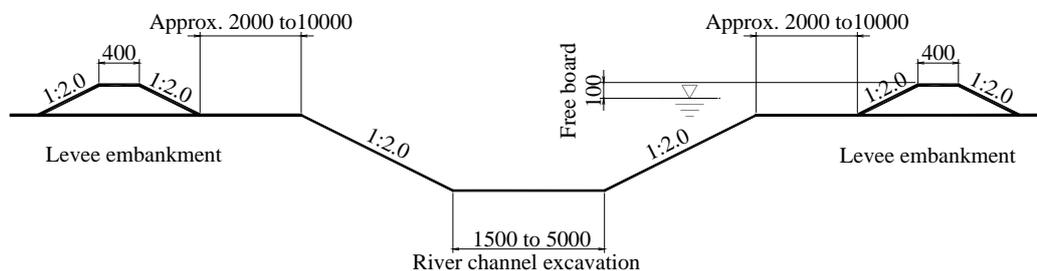
Critère de conception de la levée d'endiguement et du canal de la rivière

Catégorie No.	1	2	3	4	5	6
Conception du débit Q (m^3/s)	$Q < 200$	$200 \leq Q < 500$	$500 \leq Q < 2000$	$2000 \leq Q < 5000$	$5000 \leq Q < 10000$	$10000 \leq Q$
Bord libre(m)	0.6	0.8	1.0	1.2	1.5	2.0
Largeur de la Crête de l'élévation (m)	3.0		4.0	5.0	6.0	7.0

Source: "Manuel pour les ouvrages des rivières au Japon", publié par le bureau des rivières du ex-ministère de la construction (le présent ministère du territoire et du transport)

Le talus de la pente de la digue de protection devra être égal ou inférieur à 1:2.0. La conception du débit de l'oued basée sur l'analyse hydrologique varie entre 570 m³/s et 1,860 m³/s dans la zone de l'étude. Suivant le tableau présenté ci-dessus, une section standard de digue de protection aux abords de l'oued Mejerda est tracée comme suit:

- (a) largeur de la crête : 4.0 m de largeur
- (b) Bord libre : 1.0 m haut
- (c) flanc de la pente : 1:2.0



Unité :mm

Dimensions de l'excavation du lit de la rivière et des digues de protection

A l'étape de conception détaillée, l'analyse détaillée de stabilité des dimensions se rapportant aux digues de protection devra être conduite afin de vérifier les dimensions.

Quant à l'excavation du lit de l'oued Mejerda, le talus de la pente du lit de la rivière devra être fixé pour être, (i) plus modéré que le talus actuel de la pente afin de garantir la stabilité contre les glissements, et (ii) assez modéré pour permettre les travaux d'entretien du lit de la rivière.

(4) Conception Structurelle

(a) Travaux d'amélioration du lit de la rivière

Les Travaux d'amélioration du lit de la rivière Mejerda sont conçus à l'aide d'une combinaison des deux facteurs suivants:

- (i) Excavation du lit/dragage et élargissement, et
- (ii) Dignes de protection

Au cours de l'analyse des inondations, en prenant compte de l'utilisation des terres, des conditions topographiques et des conditions hydrauliques, la combinaison de ces deux facteurs tout le long de l'oued Mejerda fera l'objet d'une étude jusqu'à ce qu'on atteigne le cas optimal. Le profil en long du lit de la rivière à partir de l'analyse hydraulique est illustré sur les plans présentés dans la Banque de Données (Data Book) de cette étude.

Les tronçons de la rivière s'étendant de MD29 jusqu'à MD24, de MU 53 à MU 79 et de MU207 à MU304 sont admis d'être dépassés en hauteur pour le stockage des débits des inondations de manière à réduire les pointes et les volumes des débits des inondations en aval dans les canaux de la rivière.

La capacité actuelle du débit contre la décharge prévue des inondations est illustrée ci-dessous:

Capacité Actuelle du Débit d'inondations prévues par les affluents

Tronçons de l'oued	Capacité du débit (m ³ /s)	
	Capacité actuelle du débit	Conception du débit des crues
l'oued Mejerda		
Ghardimaou – confluence avec la Rivière Rarai .	250	250
Confluence R.Rarai . – Jendouba	400	790
Jendouba – Confluence avec R. Mellegue.	200	520
Confluence à R.Mellegue. – Confluence à R. Tessa.	250	1480
Confluence à R .Tessa – Bou Salem	400	1840 (1140)
Bou Salem – point final de l'amont de la rivière arrivant au réservoir de Sidi Salem	300~350	1840
Sidi Salem Dam – Slouguia	250~500	410~700
Slouguia – Mejez El Bab	600	700 (500)
Mejez El Bab – Barrage Laroussia	250	760

Source: l'Equipe d'Etude

Les plans généraux des travaux d'amélioration de la rivière proposés sont illustrés dans les **tableaux 9.1.1 et 9.1.2.**

Pour faire face aux crues excessives, la réduction des désastres des crues est inévitable

pour minimiser les dommages causés à des biens par les crues. Dans cet esprit, la construction d'une deuxième digue, d'une digue discontinue et/ou une digue fusible permettant intentionnellement une inondation locale et temporaire, doit être examinée, en se basant sur les conditions topographiques et hydrauliques et les états d'utilisation des terres pendant et après l'exécution.

(b) Le canal de dérivation

Considérant la capacité insuffisante de la section actuelle de l'oued et la difficulté d'élargissement au niveau d'El Battane, Mezez El Bab, Bou Salem et Jendouba, qui se sont développés autour de l'oued Mejerda, des canaux de dérivation semblent être une solution d'alternative. Une étude Hydraulique approfondie a ensuite été réalisée et les résultats ont été superposés à la topographie et à l'utilisation des terres. La conclusion finale était que des canaux de déviation semblent être le moyen le plus efficace pour protéger les villes de Mezez El Bab et de Bou Salem pour faire face aux volumes des débits de crues.

Dans le cas de la ville Mezez El Bab, la section de la rivière au niveau du pont historique (pont Andalous) est un obstacle (goulot d'étranglement) critique. Toutefois, le pont devra être préservé dans son état actuel car il est écarté de toute destruction éventuelle conformément à la requête formulée par la partie Tunisienne.

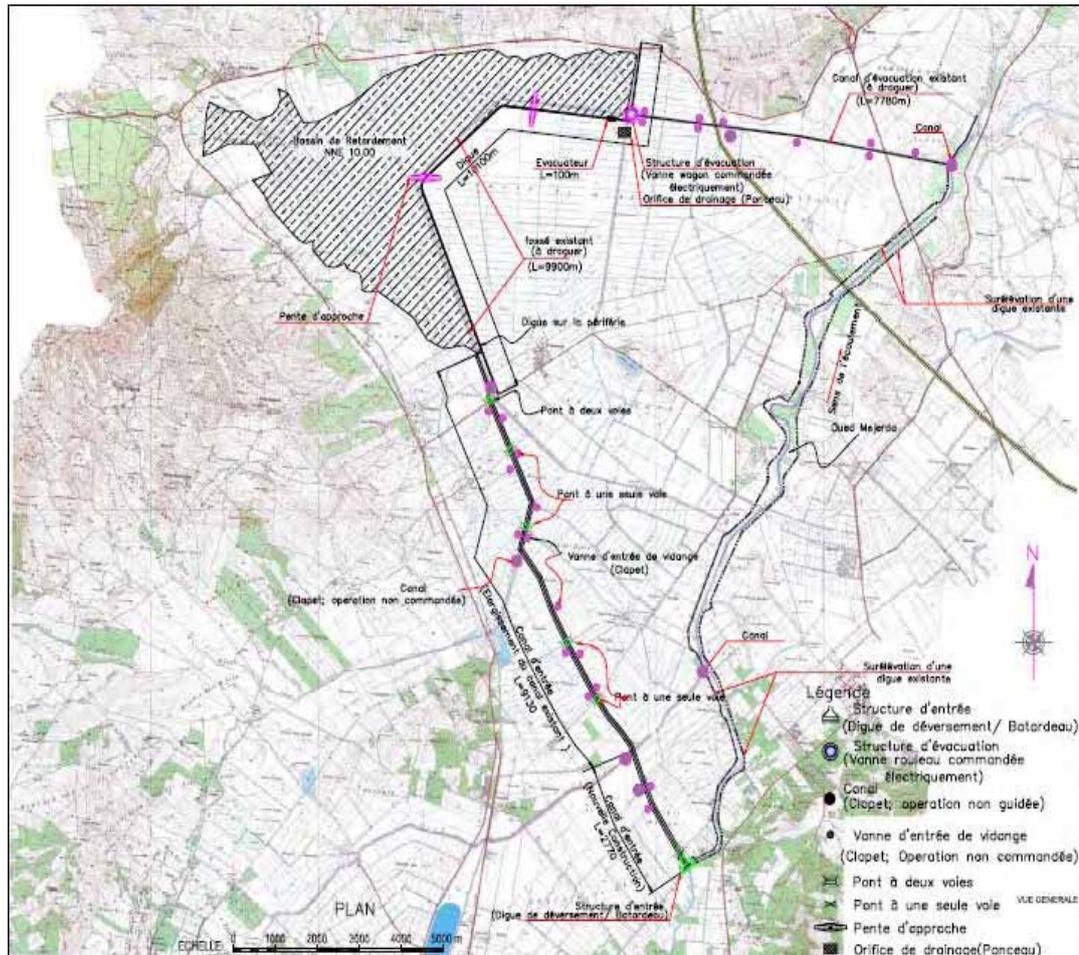
La ville de Bou Salem s'est développée sur les deux rives de la rivière Mejerda. L'espace disponible pour des travaux d'amélioration entre les deux rives est assez limité. Presque toute la ville de Bou Salem est située dans une zone inondable le long de la Mejerda. Le canal de dérivation est une mesure efficace pour baisser le risque d'inondations du point de vue topographique.

La conception structurelle du canal de dérivation de Medzez El Bab et de Bou Salem est illustrée aux **Tableaux 9.1.3 à 9.1.7** et aux **Tableaux 9.1.8 à 9.1.11** respectivement.

(c) le Bassin de retardement

(i) Conception de base et plan d'ensemble.

La plaine d'El Mabtough est très favorable pour la construction d'un bassin de retardement car il se trouve qu'elle possède déjà un ancien système de retardement actuellement sous-exploité. Les structures peuvent être remplacées à travers le renouvellement ou l'amélioration de celles existantes. Ainsi, l'acquisition de terrains pourrait être minimisée. Le canal de prise d'eau sera rénové ainsi que sa digue de protection. D'autre part, le canal de sortie d'eau (outlet channel) sera exploitable après les travaux de dragage et d'élargissement et la structure de prise d'eau sera complètement renouvelée. Les ponts existants sur le canal de prise d'eau doivent être renouvelés et les vannes existantes le long du canal de prise d'eau et celui de sortie doivent être renouvelées également. Une configuration générale du bassin de retardement d'El Mabtough est présentée dans la figure présentée ci-dessous:

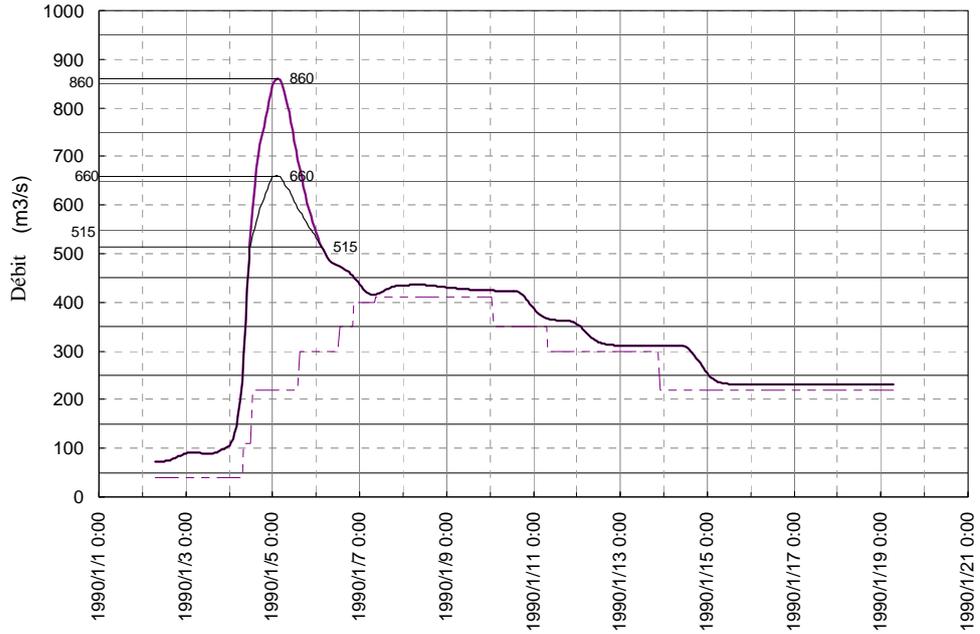


Source: L'Equipe D'Etude

Présentation Générale du Bassin de Retardement d'El Mabtough

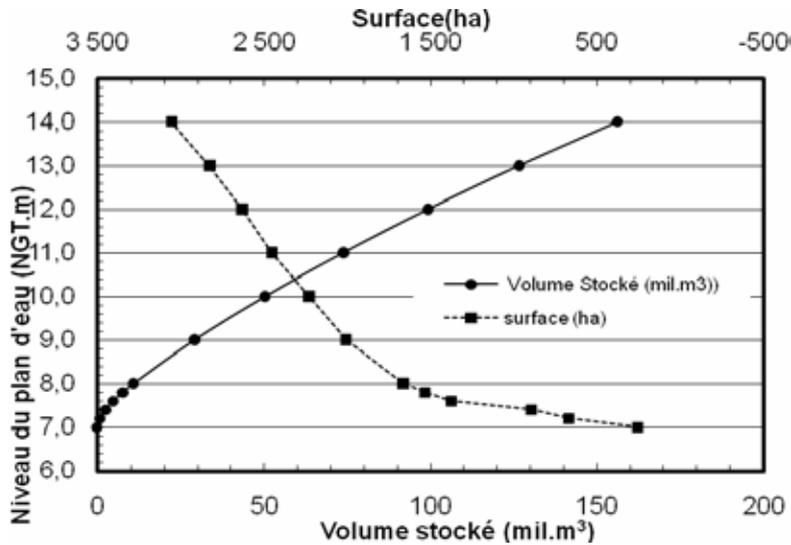
(ii) Les conditions hydrauliques

Sur les 860 m³/s, le débit de pointe en amont de la structure de prise d'eau dans l'oued Mejerda, un débit maximum de l'ordre de 200 m³/s a été planifié pour être détourné vers le bassin de retardement. Ainsi, 660 m³/s passeront en aval après avoir été déviés. La structure de prise d'eau est conçue comme un seuil déversant en béton pour la gestion automatique des débordements d'eau. La déviation des eaux commence lorsque le débit de la rivière aurait atteint 515 m³/s, ce qui correspond à la capacité d'écoulement de la rivière au niveau de l'élévation de la crête du seuil. La conception de l'hydrogramme au niveau de la structure de prise d'eau est présentée dans le graphique mentionné ci-dessous. Un volume total de 14 millions de m³ est détourné vers le bassin de retardement. La capacité du bassin de retardement est d'environ 50 million de m³ y compris le volume de sédiments et les apports en eau à partir de son propre bassin versant. Une courbe élévation - superficie- stockage est présentée ci-dessous. Le plan du site et celui des installations est présenté dans les **Figures 9.1.12 à Figure 9.1.17** et les dessins s'y afférant sont également présentés dans les plans Nos. E-28 à E-35 dans la **Banque de Données (Data Book)**.



Source: The Study Team

Hydrogramme de Crues au niveau de la Structure de Prise d'Eau du Bassin de Retardement d'El Mabtouh



Source: Préparée par l'Equipe d'Etude en se basant sur les résultats obtenus à partir de l'enquête menée sur terrain dans le cadre de la présente étude.

Courbe d'Elévation - Zone - Stockage du Bassin de Retardement d'El Mabtouh

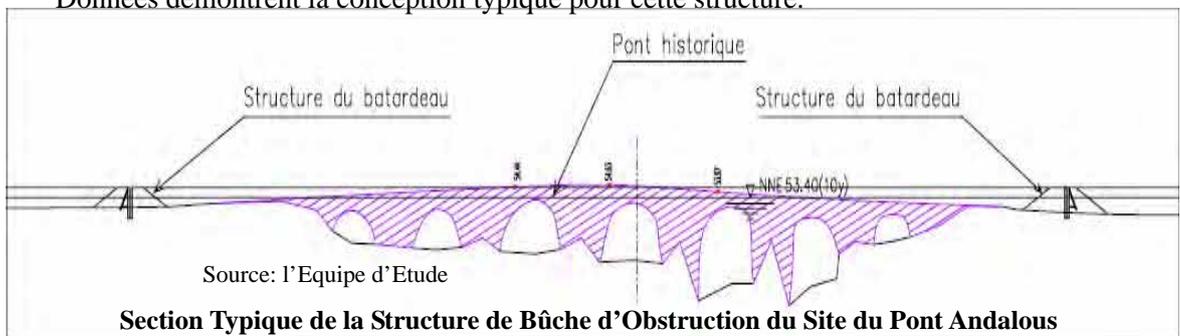
(d) Mur Parapet et mur de rétention

La digue est principalement construite avec de la terre. Lorsque le terrain disponible pour la construction de la digue est limité dans les zones résidentielles, un mur parapet en béton ou en pierres est une solution alternative afin d'éviter la délocalisation des gens. Un canal à niveau d'eau bas est aussi formé avec des murs de rétention en béton afin de maximaliser l'écoulement de l'eau dans les sections étroites. Les dessins No. E-59 à

E-64 inclus dans le Registre des Données (Data Book) illustrent les structures conçues pour les villes de Jedeida et d'El Battane.

(e) Structure de Bûche d'obstruction amovible

Bien qu'elle ne soit pas une mesure souhaitable, cela pourrait être une solution simple d'obstruction pour éviter les inondations là où le pont est submergé sous le niveau des eaux prévu. Les deux rives du pont Andalous à Medjez El Bab et le seuil d'El Battane, se trouvent dans cette situation ainsi qu'il est illustré dans le tableau présenté ci-dessous. Par conséquent, les bûches d'obstruction seront placées à l'approche des routes menant au pont entre les sections discontinues de la digue. La structure est faite de postes détachables avec des fentes comblées de bûches d'obstruction et de feuilles (panneaux) de tôles d'obstruction. L'opération actuelle devrait être reliée à un système d'alarme, parce que les bûches d'obstruction doivent être installées à temps, autrement les eaux débordantes envahissent les zones résidentielles. Les Plans No.E-69 de la Banque de Données démontrent la conception typique pour cette structure.



(f) Revêtement pour la protection des pentes

Des travaux de protection nominale de rive du fleuve ont été entrepris dans la rivière Mejerda. L'érosion a progressivement évolué sur la plupart des portions de méandres. Les critères suivants pour effectuer la protection des pentes adjacentes à la structure seront applicables:

- (i) Des zones de logement denses courant des risques de dégâts provoqués par l'érosion,
- (ii) des propriétés publiques telles que les routes nationales, les voies ferrées et les structures principales en tant qu'artères vitales et qui sont proches de la rive du fleuve soumise à l'érosion, et
- (iii) les côtés en amont et en aval des structures, (si nécessaire).

Quant aux terres agricoles, les besoins de revêtement seront justifiés durant la période de l'entretien de la rivière et qui seront en fonction des conditions de l'érosion actuelle.

Les trois types de revêtement suivants pour la protection de la rive sont proposés avec une conception particulière:

- (i) Cadre en béton / maçonnerie (pavé) de renfort humide

Il s'agit ici d'une structure solide à appliquer dans les zones résidentielles, telles que les villes de Bou Salem, de Djedeida et ainsi de suite.

(ii) Gabion / maçonnerie en pierre (avec joints remplis)

Ceci sera appliqué durant la période de transition entre une structure solide et le matériau en terre.

(iii) Chappe Fascine / claie fascine

Ceci sera appliqué pour la protection des propriétés publiques et/ou privées qui sont proches de la rive soumise à l'érosion. Ce problème est développé à la **Section E2.5.**

Les Plans **No.E-65 à E-68 dans la Banque de Données** montrent la conception de revêtement du type de cadre en béton pour la ville de Bou Salem. Une conception typique de chape fascine / claie fascine est illustrée sur les Plans **No.E-70 et E-71 dans la Banque de Données.**

(g) Seuils noyés

Le seuil noyé est une mesure de stabiliser le lit de la rivière dans un régime de canal de rivière. Le schéma proposé de l'amélioration de la rivière exclut le canal raccourci de façon à ce que la pente du profil actuel du lit de la rivière n'est pas profondément modifiée avant et après les travaux d'amélioration. Il est prévu que le niveau du lit de la rivière va s'élever par rapport à sa situation actuelle en raison des alluvions. Par conséquent, l'on estime que le seuil noyé n'est pas nécessaire dans la rivière Mejerda à l'exception de certains cas particuliers, qui se trouvent dans les canaux de dérivation, aux structures de prise et d'évacuation des eaux du bassin de retardement d'El Mabtough.

(h) Les évacuateurs d'eau

La construction des digues interrompt le système de drainage continu existant relié à la rivière. Il est indispensable aux évacuateurs d'eau d'être correctement introduites au point de rencontre des digues et des canaux de drainage dans la rivière Mejerda. La plupart des structures sont situées dans des zones isolées. C'est ainsi que la structure devra être généralement du genre ne nécessitant pas d'intervention directe pour être activée. La vanne doit réagir à la fluctuation du niveau de l'eau à l'intérieur ainsi qu'à l'extérieur. Par conséquent, le choix d'une vanne à volets rabattables serait adapté. Le nombre, le type et la taille des évacuateurs est au départ fixé en fonction des photos aériennes disponibles. La conception type de l'évacuateur est illustrée **dans les Plans No.E-79 à E-88 dans la Banque de Données.**

(i) Les ponts

En fonction de l'analyse hydraulique des sections de travers de la rivière les plus récentes, il apparaît que quatre ponts routiers, un aqueduc avec une voie pour piétons et deux ponts à voie ferrée seraient affectés. Les ponts de ces superstructures sont plus basses que les niveaux des hautes eaux. Le pont à voie ferrée de Sidi Ismail (Zone U2) semble démontrer que les superstructures peuvent être soulevées à l'aide de grues en plaçant plus de béton sur les fondations. Les autres six ponts devront être remplacés par de nouveaux ponts. En Tunisie, les ponts de routes sont gérés par le Ministère de l'Équipement et les ponts de chemin de fer sont gérés par le ministère des transports séparément.

Un débit de crue de 100 ans devra être pris en compte lors de la conception des ponts dans l'Etude en cours. Les ponts existants prévus à la reconstruction sont énumérés ci-dessous. Les sections en travers de ces structures sont illustrées dans les Plans ci-joint **No.E-72 à E-78 présentés dans la Banque de Données.**

Liste des ponts touchés par le projet d'amélioration de l'oued

Nom de la zone	Catégorie	Emplacement		Longueur (m)
		La reconstruction	Accroît	
Zone D2	Pont-route	MD436		140
	Pont-route	MD406		160
	Pont-route	MD401		140
	Pont de chemin de fer		MD338	75
Zone D1	Aqueduc de pont à pied	MD134		110
Zone U2	Pont de chemin de fer	MU40		110
	Pont-route	MU153		100

Source: l'Equipe d'Etude

(5) Entretien du canal de la rivière

Le buisson épais prédominant dans les hautes eaux du canal consiste principalement en un type d'arbres qu'on appelle "Tamarix" et qui peut être aperçu tout le long de la Mejerda. Le Tamarix, en particulier, rétrécit la zone d'écoulement et gêne l'écoulement normal des eaux dans le canal de la rivière. Cela pose un problème de taille pour faire face à la prévention contre les inondations. Au contraire, l'on constate qu'ils contribuent en quelque sorte à la lutte contre l'érosion des rives du fleuve.

Suite aux inondations dévastatrices de Janvier à Février 2003, chaque CRDA reconnaît l'importance de dégager le Tamarix. En fait, les CRDAs sont pourvues de budget pour enlever le Tamarix du canal de la rivière qui a auparavant été abattu et ensuite brûlé. Toutefois, un problème survient lorsque les tiges et les racines se ramifient et poussent rapidement d'une hauteur de 3 à 4 dans l'espace seulement de 2 à 3 ans selon une interview avec la CRDA de Manouba. Le budget accordé était trop minime pour une éradication complète dans les parties concernées le long de la rivière.

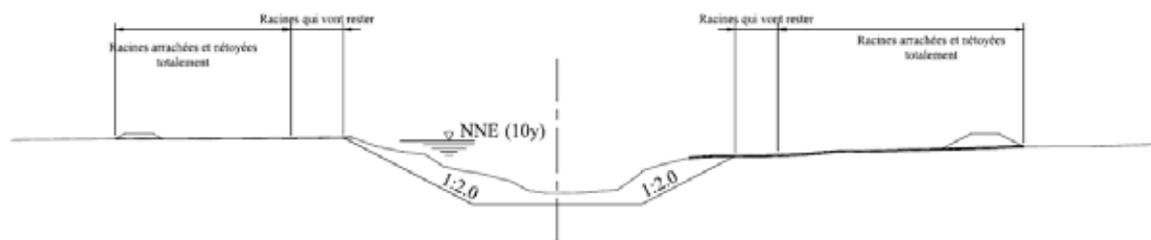
Le Tamarix peut croître à la fois par les racines ou par les tiges submergées ainsi que par ses graines. Si la racine n'est pas enlevée, il peut repousser rapidement à sa taille antérieure. La photo montre un canal à hautes eaux dont la majeure partie est recouverte de Tamarix, qui avait été dégagé seulement deux ans auparavant. Il semble avoir déjà complètement poussé à nouveau.



Situation actuelle en aval de Jedeida

Par conséquent, l'on conclut que le Tamarix doit être dégagé en le déracinant

complètement. Toutefois, les racines doivent être maintenues intentionnellement à une distance de 5.0 du bord de la section du canal dans le but de la lutte contre l'érosion de la rive tel qu'illustré dans le tableau suivant:



Méthode de déblaiement et de défrichage

Source: l'Equipe d'Etude

Zone où le Tamarix est maintenu pour la Protection de la rive (essai)

Selon les informations fournies par le CRDA, le Tamarix a commencé à pousser dans le canal à hautes eaux après la construction du barrage de Sidi Salem. Cette information prouve que le Tamarix se ramifie rapidement sur la surface envasée d'alluvions.

Le Tamarix ne convient pas à usage de charbon ou comme fagot de cheminée à cause de l'odeur qu'il dégage en brûlant. Il est en quelque sorte utilisable comme matière première de fabrication de contreplaqué, mais la demande est très limitée et il n'existe pas d'usine dans la zone du projet. Le coût d'abattage n'est pas négligeable et sa destruction par le feu semble être néfaste à l'environnement.



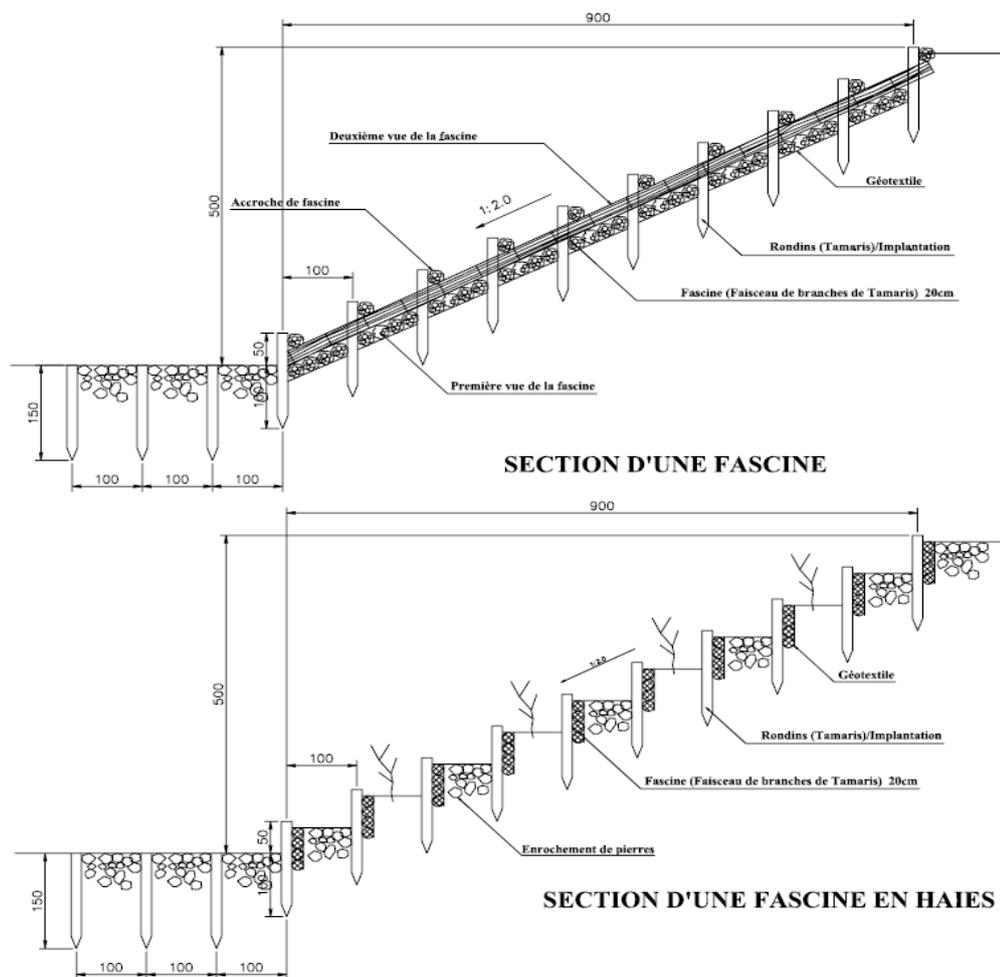
Bûches de "Tamarix"

D'autre part, il existe une méthode de construction pour la protection des talus utilisant des matériaux en bois, qui est largement pratiquée au Japon en tant que manière traditionnelle de protection des rives des rivières et des fleuves. Cette méthode de construction semble être applicable pour le cas de l'oued Mejerda en utilisant le Tamarix. Il existe beaucoup de demandes de protection des rives selon une interview sur les lieux. Si cette méthode est applicable efficacement en utilisant les morceaux découpés de Tamarix, le coût de protection des talus durant la période d'entretien de la rivière peut être réduit. Les habitants, qui veulent protéger leurs terres contre l'érosion, seront autorisés à réaliser la protection avec le Tamarix par leurs propres soins, s'ils apprendraient la technique de le faire. Il n'y a pas besoin d'équipements lourds.

Par conséquent, les travaux d'entretien du canal de la rivière seraient possibles par le biais d'une approche de participation de la part de la population locale dans une certaine mesure, si un certain mécanisme est trouvé par les CRDAs et les villes/villages concernés. La méthode contribuera à faire des économies sur le budget régional de l'entretien de la rivière. La photo ci-dessus montre les branches du Tamarix qui semblent être utilisables

comme fagot pour la stabilisation des talus.

Toutefois et à tout prix, tant que l'efficacité et l'applicabilité de cette méthode auront été confirmés à travers un Projet Pilote, cette méthode ne peut pas être directement introduite dans la construction. Une conception typique Japonaise traditionnelle des travaux de protection des pentes consistant en bûches de bois et de branches est illustrée dans la figure présentée ci-dessous. Les Plans sont aussi attachés aux **Feuilles No. E-70 et E-71 dans la Banque de Données.**



Source: l'Equipe d'Etude

Coupe en Travers Typique de Protection des Talus (Type traditionnel au Japon)

(6) Caractéristiques Saillantes des Structures Proposées

Sur la base des Plans de Conception tel que présentés dans les sections précédentes, les caractéristiques saillantes des structures majeures proposées dans le Plan Directeur sont résumées par zone dans le tableau suivant. Des dimensions détaillées supplémentaires de chaque structure sont rapportées au **Tableau 9.1.1.**

Caractéristiques Saillantes des Structures majeures (Travaux d'amélioration de l'oued)

Zone D2

I. Oued Mejerda			
1) Endiguement		60,310	m
	(Surélévation de la digue existante)	20,280	m
	Longueur de construction réelle	55,843	m
		(Rive gauche)	29,365 m
		(Rive droite)	26,478 m
2) Excavation du lit de l'oued		63,838	m
3) Vanne murale		47	Nos.
4) Protection des talus	revêtement en béton	2,200	m
	perré	500	m
	Protection par fagots	2,400	m
5) Renovation de ponts existants		3	Location
6) Réhaussement du pont existant de voie ferrée		1	Location
7) Réhaussement de routes existantes		4,600	m
II. Bassin de retardement d'El Babtouh			
1) A l'entrée	Amélioration de la structure existante	9,130	m
	Nouvelle construction	2,770	m
2) A la sortie		7,780	m
3) Digue de ceinture		10,100	m
4) Capacité nominale de stockage		50 million	m ³ /s
5) Débit entrant		Q=200	m ³ /s
6) Débit sortant		Q=50	m ³ /s max
7) Digue de déversement avec batardeaux		80	m

Zone D1

I. Oued Mejerda			
1) Endiguement			
	Construction de la zone de planification	79,552	m
	Longueur de construction réelle	70,580	m
		(Rive gauche)	36,671 m
		(Rive droite)	33,909 m
2) Excavation du lit de l'oued		81,224	m
3) Vanne murale		72	Nos.
4) Protection des talus	revêtement en béton	1,000	m
	perré	500	m
	Protection par fagots	2,700	m
5) Renovation de ponts existants		1	Location
II. Majez El Bab bypass			
1) Longueur		4,512	m
2) Largeur du fond de canal		15	m
3) Débit	Rivière Mejerda	Q = 450	m ³ /s
	Canal de dérivation	Q = 250	m ³ /s

Zone U2

I. Oued Mejerda			
1) Endiguement			
Construction de la zone de planification	54,971		m
Longueur de construction réelle	67,499		m
		(Rive gauche)	34,833 m
		(Rive droite)	32,666 m
2) Excavation du lit de l'oued	42,726		m
3) Vanne murale	42		Nos.
4) Protection des talus	revêtement en béton	1,000	m
	perré	500	m
	Protection par fagots	3,300	m
5) Rénovation de l'aqueduc existant avec passage pour piétons	1		Location
II. Bou Salem Bypass Channel			
1) Longueur	7,736		m
2) Largeur du fond de canal	25		m
3) Débit	Rivière Mejerda	Q = 1140	m ³ /s
	Canal de dérivation	Q = 700	m ³ /s

Zone U1

I. Oued Mejerda			
1) Endiguement			m
Construction de la zone de planification	5,124		m
Longueur de construction réelle		(Rive gauche)	2,264 m
		(Rive droite)	2,860 m
2) Excavation du lit de l'oued	48,217		m
3) Vanne murale	3		Nos.
4) Protection des talus	perré	250	m
	Protection par fagots	1,500	m

Zone M

I. Oued Mejerda			
1) Endiguement			
Construction de la zone de planification	8,895		m
Longueur de construction réelle	7,405		m
		(Rive gauche)	4,195 m
		(Rive droite)	3,210 m
2) Excavation du lit de l'oued	12,871		m
3) Vanne murale	3		Nos.

9.1.2 Projet de renforcement des fonctions des réservoirs en matière de régulation des inondations

Tous les réservoirs du Bassin de la Mejerda sur le Territoire Tunisien doivent fonctionner en tant que système bien coordonné afin de développer leurs fonctions de régulation des inondations, en accordant une attention particulière à 7 importants réservoirs de régulation des inondations (4 réservoirs existants : Sidi Salem, Mellègue, Bou Heurtma et Siliana et 3 réservoirs en construction ou au stade de conception/Projet: Sarrath, Mellègue 2 et Tessa). Pour cette raison, il y a lieu de prévoir un système avec des règles fondamentales pour une opération bien coordonnée et un suivi des règles à tout moment afin de réaliser une coordination optimale de fonctionnement du Barrage pour une régulation efficace des inondations ainsi que pour une parfaite alimentation en eau.

Dans les conditions spécifiques énoncées ci-dessus et relatives au fonctionnement des réservoirs dans le bassin de la Mejerda, les secrets véritables de renforcer l'opération de régulation des inondations résident dans l'utilisation d'un stockage disponible pour la régulation des inondations calé au dessus du niveau normal des eaux (Normal Water Level=NWL) aussi efficacement que possible et pour minimiser les pointes des crues en aval des barrages, à travers les recommandations suivantes pour l'exploitation future des réservoirs durant les inondations:

- Maintenir le niveau d'eau dans les réservoirs convenablement à un niveau d'eau normal notamment dans la saison pluvieuse.
- Donner la priorité à la sécurité du barrage dans toutes les opérations.
- Dégager au préalable l'eau de réservoir, dès que l'alarme annonçant des inondations éventuelles est déclenchée, en libérant un débit égal à la capacité d'écoulement des eaux dans les canaux se trouvant en aval de la rivière, et
- Coordonner les écoulements à partir des réservoirs en fonction des connaissances acquises (préalablement) concernant les temps de propagation des crues en aval des barrages dans le but d'éviter la rencontre des pointes de débits à partir de deux ou plusieurs sous-bassins et de façon à minimiser l'écoulement vers l'aval de la rivière.

Afin de réaliser efficacement les tâches précitées, ce projet est incorporé dans le plan directeur. Les principaux programmes et les activités du projet sont présentés ci-dessous :

Principaux Programmes et Activités
1. Amélioration du modèle de simulation pour une exploitation coordonnée des barrages
2. Rédiger des Règles d'exploitation améliorées des 7 réservoirs sélectionnés pour la régulation des inondations
3. Application d'essais (2 saisons pluviales), révision et amélioration du projet de règles d'exploitation améliorées du réservoir pour la régulation des inondations
4. Coordination des arrangements institutionnels relatifs aux règles d'exploitation améliorées du réservoir pour la régulation des inondations
5. Renforcer les fonctions de collecte, de stockage, d'analyse et de dissémination des données/informations
6. Elaboration du plan de surveillance (veille de suivi) pour garantir un impact durable du projet.

Le **Tableau 9.1.2** présente le plan d'action de ce projet. Dans ce plan, la durée du projet est de 2 ans et demi, et sept experts étrangers sont à pourvoir dans ce projet.

9.2 Les mesures non-structurelles

- (1) Projet de renforcement de la Prévision des Inondations et l'instauration d'un Système d'Alerte (PISA)

Dans l'Etude, le plan de développement et d'amélioration pour le renforcement du PISA est recommandé en prenant en compte les critères suivants :

- Comme mesures immédiates pour minimiser le risque d'inondations, atténuer les dégâts dus aux inondations avant l'achèvement des mesures structurelles programmées.
- Comme mesures pour minimiser le risque et l'atténuation des dégâts dus aux inondations extraordinaires dépassant le niveau de planification/conception des mesures structurelles, et

- Comme mesures pour contribuer à l'exploitation coordonnée des barrages en fournissant des informations hydrologiques à temps et avec précision.

Par conséquent, les objectifs du PISA pour le bassin de la Mejerda sont les suivants:

- Produire des informations hydrologiques afin de conduire une gestion intégrée des structures de la rivière y compris une exploitation coordonnée des barrages, qui contribuerait à l'atténuation des dégâts dans les zones inondables, et
- Produire des informations hydrologiques afin de prendre les décisions appropriées concernant les actions d'évacuation / système de lutte contre les inondations.

Afin de réaliser le renforcement de PISA, les propositions suivantes sont présentées dans le cadre de ce projet en tant que principaux programmes et activités. Le plan d'action de ce projet est formulé comme suit dans le **Tableau 9.2.1**.

Principaux Programmes et Activités
1. Examiner la question concernant l'introduction de nouvelles installations de télémètres de pluviométrie et des jauges de mesure du niveau d'eau dans le système de télémétrie existant.
2. Nouvelles installations de télémètres pluviométriques et des jauges de mesure du niveau de l'eau
3. Etude de méthodes et de modèles de prévision des inondations
4. Développement de modèle de prévision des inondations
5. Installation de dispositifs de mesure de libération de débits des barrages
6. Amélioration de PISA en fonction de l'application d'essai et révision de l'avant-projet des règles d'exploitation améliorées des réservoirs pour la régulation des inondations.
7. Elaboration d'un Manuel d'Exploitation du système.
8. Elaboration d'un plan de surveillance pour garantir l'impact durable du projet.

La durée du projet est de 3 ans et 7 experts étrangers sont à pourvoir pour ce projet.

Dans le programme 3/4, un modèle de prévision de crue par "la méthode de corrélation de niveau d'eau de la rivière" est proposé en premier lieu pour être étudié et développé. En ce qui concerne le modèle de prévision de crue par une méthode d'analyse de ruissellement utilisant les données de précipitation télémétrique, un modèle prototype doit être étudié et développé parallèlement parce que, pour le cas du dernier modèle, le développement a nécessité un temps considérable pour l'améliorer et le rectifier à travers un procédé d'essais et d'erreurs se basant sur une variété de crues avec différentes distributions temporelles et spatiales, et des magnitudes différents, ce qui est inévitable pour le développement d'un modèle de prévision de crue du dernier type.

(2) Projet de renforcement de l'évacuation et du système de lutte contre les inondations

L'évacuation actuelle / système de lutte contre les inondations pour le bassin de la Mejerda devrait être revu pour renforcer ses fonctions des deux points de vues suivants :

- (a) Afin de décider à temps de l'évacuation / activités de lutte contre les inondations, il est important de clarifier avec précision les critères de commencement (des actions à prendre).
- (b) développer la prise de conscience des gens en matière d'atténuation des dégâts est essentiel, puisque la compréhension et la coopération du public et des communautés sont indispensables pour les activités d'évacuation.

Par conséquent, il est proposé la mise en œuvre des activités suivantes dans le projet.

Principaux Programmes et Activités
1. Amélioration du système d'échange de l'information entre les agences officielles et les communautés concernant la gestion des désastres émanant des inondations et le plan d'évacuation.
2. Etude et détermination des niveaux d'alerte aux stations de mesure du niveau des eaux pour évacuation/ activités de lutte contre les inondations
3. Formulation de critères précises pour commencer l'évacuation/ activités de lutte contre les inondations
4. Développement de procédures compréhensibles (faciles à comprendre) d'évacuation et mener des exercices de simulations dans des régions pilotes
5. Elaboration d'un plan de surveillance pour garantir l'impact durable du projet

Le **Tableau 9.2.2** présente le plan d'action de ce projet. La durée du projet est d'Un An, et 4 experts étrangers sont à pourvoir dans ce plan.

(3) Le projet de développement de la capacité organisationnelle.

Les problèmes et les questions d'ordre institutionnels et organisationnels concernant la planification et la gestion de la vallée axée sur la régulation des inondations dans le bassin de la Mejerda sont identifiés tels qu'illustrés ci-après :

- (a) il n'existe pas de département ou de service permanent pour les activités de régulation et de gestion des inondations aux directions centrales et régionales excepté des services d'annonce de risques et d'inondations.
- (b) il n'existe pas de directives techniques documentées ou de standards pour la régulation, la planification, et la conception d'approvisionnement en eau ni de règles d'exploitation des réservoirs.
- (c) Les attributions en matière d'activités de lutte contre les inondations sont séparées: le MARH pour les zones rurales et agricoles, et le MEHAT pour les zones urbaines.
- (d) Les attributions en matière d'activités de lutte contre les inondations sont séparées: les prévisions et les annonces par le MARH, et les alertes, la lutte et les activités d'évacuation par la Protection Civile, le Ministère de l'Intérieur.
- (e) Le contrôle des alluvions au niveau des lignes de partage des eaux est insuffisant: les alluvions dans les canaux de la rivière et dans les réservoirs deviennent un facteur significatif de la cause des inondations.
- (f) La coopération avec l'Algérie pour la gestion du bassin de la rivière est insuffisante: en particulier les données de pluviométrie et de débits nécessaires à la prévision et à l'alerte des inondations.

Un plan de développement des capacités organisationnelles pour institution et organisation dans le bassin de Mejerda est élaboré pour matérialiser les mesures nécessaires quant aux problèmes/questions précités. Ce projet de plan consiste en onze (11) programmes suivants, classifiant ceux-ci en trois domaines d'intégration institutionnelle de l'administration de l'oued comprenant (i) l'administration intégrée, (ii) la planification et exécution intégrées et (iii) l'exploitation et la maintenance intégrées,

comme mentionné en détail dans la **sous-section 8.8.3**.

- (i) Administration Intégrée
 - Programme 1: Une unité organisationnelle pour un bassin versant (l'oued Mejerda)
 - Programme 2: Organisation permanente pour la Gestion Intégrée des Inondations (GII)
 - Programme 3: GII supplémentaire à la mission du Conseil National des Eaux
 - Programme 4: Gestion et surveillance (veille) environnementale s'étalant sur tout le bassin versant
- (ii) Planification Intégrée et mise en oeuvre
 - Programme 5: Planification intégrée des mesures structurelles et non-structurelles y compris le zonage et l'assurance contre les inondations
 - Programme 6: Coordination par le Comité de pilotage du projet sous la direction DGBGTH
 - Programme 7: Coordination et mise en œuvre par l'Unité de Gestion du Projet, UGP, sous la tutelle de la DGBGTH
 - Programme 8: Guides (lignes directrices) techniques, normes et règles documentés
 - Programme 9: Dispositions concernant l'assurance contre les inondations
- (iii) Exploitation et Entretien Intégrés (E&E)
 - Programme 10: Renforcement de l'E&E du système actuel d'alimentation en eau et des grands barrages
 - Programme 11: Création d'une nouvelle agence d'E&E du cours de la rivière et des ouvrages de la Mejerda

Il est réaliste de matérialiser le plan élaboré par étape, notamment en trois étapes tel qu'illustré ci-après car l'expérience et les pratiques en matière de gestion des inondations et de l'E&E des ouvrages des rivières en Tunisie sont limités.

Principaux Programmes et Activités
Première phase
1. Examen et création d'un département permanent ou d'une direction chargée du bassin de la Mejerda au sein de la DGBGTH
2. Une étude détaillée des 11 programmes proposés pour le développement des capacités organisationnelles.
3. Lancement des programmes proposés
4. La sélection d'un projet pilote à réaliser durant la deuxième phase
5. La disponibilité des lignes directrices d'ordre technique, des normes et des règles documentés
Deuxième phase
8. Mise en œuvre d'un projet pilote au sein du projet proposé d'amélioration de la rivière Mejerda
Troisième phase
1. Etude concernant la création d'une agence qui sera chargée de l'E&E du bassin de Mejerda, si le projet pilote justifie la viabilité de la création de cette agence

2. Élaborer un plan de surveillance pour garantir l'effet durable du projet

Le **Tableau 9.2.3** démontre le plan d'action des programmes et des activités. Le projet aura une durée de 2 ans et demie à l'exception de la deuxième phase, et sept experts étrangers sont à pourvoir.

(4) Projet de régulation/gestion des inondations.

Sur la base de la conception du planning tel qu'il a été décrit à la Section 8.7, il y a lieu de se concentrer sur les quatre aspects suivants en vue d'élaborer un plan d'action et les activités en relation avec ce plan:

- Délimiter les zones inondables (carte de risques d'inondations) en fonction des analyses des inondations, les informations les plus récentes concernant les données démographiques, et celles relatives à l'utilisation des terres, qui sont soutenus par le système GIS établi à travers l'Etude en cours avec une mise à jour ultérieure qui s'impose.
- Pour étudier l'utilisation future du plan d'utilisation des terrains en relation avec la carte de risques d'inondations afin d'atténuer la vulnérabilité aux inondations et pour mettre en valeur la productivité du développement agricole
- Elaborer les directives (les lignes directrices) à travers les activités précitées en vue de permettre une gestion durable des inondations y compris le maintien des mesures structurelles comme proposées dans la présente Etude
- Disséminer et promouvoir le concept de régulation/gestion des plaines inondables se trouvant dans le bassin versant de la Mejerda (les CRDAs et autres institutions régionales) par voie de formation et de séminaires pendant la mise en œuvre du programme.

Afin de réaliser le concept du programme, les activités suivantes devront être envisagées:

Principaux Programmes et Activités
1. Délimitation de la zone sujette à l'inondation par une révision finale et l'analyse des inondations dans le bassin de Mejerda
2. Mise à jour des données de base du GIS avec des informations actualisées concernant les cultures agricoles
3. Elaboration d'une carte de risques d'inondations avec zonage par niveau de risque
4. Analyse de la tendance améliorée des cultures agricoles en se basant sur l'utilisation actuelle des terres.
5. Elaboration de principes de base pour une cartographie de risques d'inondations
6. Elaboration de directives pour la mise en valeur du contrôle des terres utilisées dans les zones urbaines et rurales
7. Dissémination, application, évaluation et validation des lignes directrices ciblant les CRDAs et les institutions (régionales) locales
8. Formation et séminaires

La durée du projet est de 3 ans, et huit experts étrangers sont à envisager dans le Plan d'Action des activités proposées tel qu'illustré au **Tableau 9.2.4**.

CHAPITRE 10 ESTIMATION DES COÛTS

10.1 Présentation générale

En fonction des plans de conception préliminaires des travaux d'amélioration de la rivière, un état quantitatif a été établi pour chaque article. Les coûts unitaires des travaux correspondants ont été calculés sur la base des prix d'appels d'offres de projets antérieurs réalisés par le MARH ainsi que par les prix en vigueur des marchés de construction domestiques nationaux et internationaux. Le coût direct de construction des travaux d'amélioration de l'oued a été estimé et réparti par zone.

D'autres coûts y associés tels que ceux relatifs à l'acquisition du terrain, les services de génie civil, les imprévus et les taxes, etc. sont discutés au Chapitre 12.

10.2 Etat quantitatif des travaux de terrassement

Les quantités des travaux de terrassement d'amélioration de l'oued proposés est résumé comme suit:

Sommaire de l'état quantitatif des principaux articles

N°.	Rubrique de Travail	Unité	Zone				
			D2	D1	U2	U1	M
A Travaux de Terrassement							
(1)	Déblaiement et défrichement	1,000 m ²	1 921	2 115	3 078	88	18
(2)	Décapage	1,000 m ²	1 951	2 115	3 563	206	18
(3)	Excavation	1,000 m ³	10 138	12 121	12 848	4 234	655
(4)	Endiguement	1,000 m ³	1 735	848	3 395	88	128
(5)	Enlèvement des matériaux excav	1,000 m ³	8 958	11 288	8 671	4 155	410
B Travaux de Béton							
(1)	Béton	1,000 m ³	30	14	24	0,2	0,2
(2)	Renforcement de barres	ton	2 132	724	1 442	13	13
(3)	Pierres de maçonnerie	1,000 m ³	16	0,0	8	0,0	0,0
C Travaux de Pierres							
(1)	Clayonnage de gabion	1,000 m ³	9	11	18	0,2	0,2
(2)	Enrochement de pierres	1,000 m ³	47	74	103	10	0,5
(3)	Claionnage de Fascine	1,000 m ²	72	81	99	45	0,0
D Autres Grands Travaux							
(1)	Poutres de béton précontraint (L=20m, 25m, 30m)	Unit	120	48	72	0	0
(2)	Pieu en Béton	Unit	140	30	72	0	0
(3)	Palplanches en acier	m ²	6 500	3 010	2 560	150	150
(4)	Surrélévation et enlèvement des voies ferrées existantes	m	1 200	0	3 000	0	0
E Travaux Métallique							
(1)	Vanne à glissières (Max grandeur W=1.5m, H=1.5m)	ton	34,5	24,7	19,2	0,4	0,4
(2)	Vanne à glissières/ Vanne stone (Plus grand que W=2.0m, H=2.0m)	ton	10,8	2,0	0,0	0,0	0,0

Source: L'Equipe d'Etude

10.3 Prix unitaires

Les prix unitaires de chaque quantité des travaux ont été calculés principalement sur la base des prix d'appel d'offre des projets antérieurs réalisés par MARH. Les rubriques des principaux travaux ont été préalablement choisies pour simplifier l'estimation du coût de construction compte tenu des exigences du niveau d'étude du plan directeur. Tous les prix unitaires ont été convertis et ajustés au niveau de prix de Juin 2008. Un total de 41 rubriques de travail de prix unitaires a été étudié et élaboré selon le tableau présenté ci-dessous. Une décomposition des rubriques des principaux unitaires des travaux majeurs figurent dans la Banque de Données.

Sommaire du coût unitaire pour estimation du coût

No.	Rubrique de travail	Description	Unité	Prix Unitaire (DTN)
<u>TRAVAUX DE TERRASSEMENT</u>				
A1	Déblaiement et déracinement (Buisson dense)	Distance moyenne de transport 1.00 km	m ²	2.267
A2	Déblaiement et déracinement (Buisson léger)	Distance moyenne de transport 1.00 km	m ²	1.491
A3	Deforestation (déboisement)	Distance moyenne de transport 1.00 km	m ²	0.267
A4	Excavation du cours de la rivière, Sol ordinaire	Distance moyenne de transport 0.50 km	m ³	2.300
A5	Excavation du cours de la rivière, sol dur	Distance moyenne de transport 0.50 km	m ³	3.840
A6	Excavation du cours de la rivière, sol rocheux	Distance moyenne de transport 0.50 km	m ³	8.180
A7	Excavation pour canal de dérivation, sol ordinaire	Distance moyenne de transport 1.00 km	m ³	2.414
A8	Excavation pour structures		m ³	3.580
A9	Endiguement	Distance moyenne de transport 2.00 km	m ³	3.759
A10	Endiguement	Directement du site d'excavation	m ³	2.039
A11	Remblayage des structures w/o (avec/s transport)		m ³	4.160
A12	Empierrement avec du gravier pour routes d'inspection		m ³	27.310
A13	Distance de transport en sens unique 1.00 km		m ³	0.477
A14	Enlèvement des matériaux d'excavation	Directement du site d'excavation	m ³	0.250
A15	Enlèvement des matériaux d'excavation	Distance moyenne de transport 2.00 km	m ³	1.220
<u>TRAVAUX DE BETON</u>				
B1	Béton souple (32/10)	Y compris moule 0.1 m ²	m ³	82.000
B2	Béton Type A (63/17), béton simple	Y compris moule 0.5 m ²	m ³	114.000
B3	Béton Type B (32/26), Béton armé	Y compris moule 2.5 m ²	m ³	173.545
B4	Béton Type C (16/26), Béton armé	Y compris moule 4.0 m ²	m ³	215.846
B5	Moyen de renforcement – Barres de fer rond		kg	1.791
B6	Moyen de renforcement – barres déformées		kg	1.791
B7	Pierre de maçonnerie Type A, avec 1:3 mortier		m ³	75.386
<u>TRAVAUX DE PIERRE</u>				
C1	Dallage en gabion		m ³	94.225
C2	Etalage de pierres (finition brute)		m ³	26.822
C3	Etalage de pierre (finition soignée)		m ³	42.862
C4	Dalle Fascine		m ²	17.907
C5	Remplissage en caillasse		m ³	16.360
C6	Sable fin et filtre de gravier		m ³	16.360
C7	Démolition et enlèvement des produits de maçonnerie et de béton existants		m ³	155.720
C8	Béton asphalte			250.000
<u>AUTRES GRANDS TRAVAUX</u>				
D1	Poutres en béton précontraint L=30m		Unit	26,300.000
D2	Poutres en béton précontraint L=25m		Unit	20,300.000
D3	Poutres en béton précontraint L=20m		Unit	12,700.000
D4	Dalle en béton coulé sur place avec revêtement en tuyaux d'acier		Unit	6,900.000
D5	Panneaux de tôle (découpe permanente)		m ²	46.610
D6	Relèvement et enlèvement des voies ferrées existantes.		m	400.000
<u>TRAVAUX MÉTALLIQUES</u>				
E1	Porte coulissante (Palan Manuel), Dimension Max W = 1.50m, H = 1.50m		kg	4.680
E2	Porte coulissante/Porte enroulée (Palan électrique), supérieur à W = 2.00m, H = 2.00m		kg	6.240
E3	Autres travaux métalliques		kg	3.230
<u>Divers</u>				
F1	Restauration des structures existantes affectées, etc.		%	3.000
F2	Travaux divers tel que la traverse de drainage, les routes d'inspection, accessoires de ponts, travaux de gazonnage, etc.		%	7.000

Source: l'Equipe d'Etude

10.4 Coût direct de construction des travaux d'amélioration de la rivière

Le sommaire du coût direct de la construction en fonction des coûts du volume de travail est récapitulé dans le tableau suivant:

Sommaire du Coût Direct de Construction

Rubrique de travail	Zone (Unité: 1,000 DTN)				
	Zone D2	Zone	Zone U2	Zone	Zone M
Terrassement	43 244	49 203	54 093	15 427	2 352
Travaux de béton	9 937	641	7 038	52	52
Travaux de pierres	4 656	5 524	7 160	1 182	28
Autres travaux majeurs	4 273	1 466	3 553	7	7
Travaux Métalliques	229	128	90	2	2
Divers	6 234	5 996	7 193	1 667	244
Total	68 572	65 958	79 127	18 337	2 685
Total de toutes les zones = 234 679					

Source: l'Equipe d'Etude

Les quantités des travaux et les coûts directs d'exécution pour chaque zone sont illustrés dans le Rapport Complémentaire E, **tableaux E3.4.1 à E3.4.5**.

CHAPITRE 11 EVALUATION PRELIMINIAIRE ENVIRONNEMENTALE

11.1 Présentation générale

L'Evaluation de l'Impact Environnemental (EIE) au stade du planning n'est pas légalement requise en Tunisie. Toutefois l'étude, est requise d'étaler une évaluation préliminaire environnementale au stade de planning conformément à la position de JICA à propos de « l'Evaluation Stratégique Environnementale » et aux directives de JICA à propos des Considérations Sociales et Environnementales. L'EIE est le premier examen des effets prévisibles proposés des aménagements futurs de régulation des inondations sur l'environnement naturel et social du projet. Il existe une possibilité que les mesures structurelles et non structurelles proposées puissent comporter un risque de causer des impacts négatifs sur la population locale et dans une autre mesure sur l'environnement. L'EIE s'est attelé à identifier les problèmes majeurs nécessitant une enquête et de relever les questions non susceptibles de s'aggraver en fonction de ces mesures. L'Etude a donc suivi le concept de base et les procédures établies par les lois et les décrets sur l'Etude d'impact sur environnemental en Tunisie. Les principaux objectifs de l'EIE sont les suivants:

- (1) Etudier les conditions physiques actuelles, naturelles et socio-économiques dans le bassin de Medjerda et les régions voisines.
- (2) Examiner les impacts environnementaux et sociaux éventuels qui puissent être provoqués par l'exécution des travaux d'aménagement pour l'écoulement de l'eau dans l'oued envisagés comme des mesures structurelles du plan directeur de régulation des inondations, et
- (3) Développer un plan de gestion environnementale, y compris les mesures d'atténuation et un plan de surveillance (monitoring), pour être intégré dans le plan directeur.

Les travaux d'aménagement envisagés dans le plan directeur pour l'EIE sont répartis en quatre catégories, y compris "Pas d'action considérée pour la régulation des inondations". Les quatre catégories sont les suivantes :

- Mesures dans la haute vallée de la Mejerda (Gouvernorats de Jendouba, Le Kef et une partie à l'ouest du Gouvernorat de Beja),
- Mesures pour les régions de la moyenne vallée (part Est de Bèja),
- Mesures pour les régions de la basse vallée de la Mejerda (Gouvernorats de l'Ariana, Manouba et Bizerte), et
- Pas d'action pour la régulation des inondations.

Un aperçu des travaux de régulation des inondations projetés pour chacune des régions précitées y compris certains impacts concevables sont indiqués dans le **Tableau 11.1.1** et la **Figure 11.1.1**.

La description détaillée des travaux et de leurs impacts sont précisées dans le Rapport Complémentaire J, de même que le plan de gestion environnementale.

11.2 Observations sur les impacts négatifs

(1) Impacts sur l'environnement physique et biologique

Les impacts des travaux sur l'environnement physique seront faibles et surviennent essentiellement durant la construction. La perturbation du Sol surviendra durant la construction, alors que les plus grandes perturbations surviendront dans les zones où de nouvelles structures devraient être construites. Ce qui entraînera des incidences temporaires et localisés, surtout durant la saison sèche dans les cours d'eau locaux, et l'augmentation du volume de la poussière dans l'air. Une fois les travaux sont achevés, les impacts seraient négligeables pour une longue période à venir.

Des changements mineurs permanents du relief (la géomorphologie du terrain) surviendront avec la nouvelle construction des canaux de dérivation; cependant, les ponts qui sont projetés pour améliorer l'accès le long des structures allègeront les impacts négatifs.

Les impacts sur la flore et sur la faune seront limités aux régions adjacentes aux oueds ou aux régions avoisinant les nouvelles structures où la construction nécessitera l'enlèvement des plantes. Bien que ces régions soient bien fournies en végétation, il y aura des pertes minimales de végétations naturelles éparpillés à long terme, en replantant les digues et certains des sentiers, les canaux devront restaurer la végétation dégagée durant la construction.

Toute augmentation au niveau de la turbidité dans la rivière ou autres polluants (pétroles, etc.) durant la construction aura un impact temporaire sur la vie aquatique, y compris les poissons. Suite à la construction, il est prévu que les zones perturbées devront redevenir rapidement vivables.

Les travaux nécessiteront l'usage temporaire de certains terrains, ce qui posera un impact potentiel concernant l'érosion, les poussières et l'esthétique. La destruction des déchets sera nécessaire dans certains endroits où le volume d'excavation est prévu d'excéder le volume nécessaire à la construction.

(2) Impacts Socio- économiques

L'impact majeur des travaux de régulation de la rivière concernera les aspects socio économiques. La taille des structures à construire pourrait causer de l'appréhension auprès des communautés locales et un conflit et/ou une opposition avant le démarrage des travaux. En outre, il est nécessaire de se procurer les terrains où les matériaux seront déterrés et frayés par canalisation, ce qui peut nécessiter l'acquisition de terrain. La plupart des impacts devront survenir durant la période préalable à la construction.

De plus, au cours de la construction, il est bien probable de constater une rupture temporaire et des pertes sans grande importance causées à certaines communautés agricoles et occasionnées par un accès réduit aux zones de la digue et à des sections des

plaines envahies par les inondations et ordinairement utilisées pour des cultures agricoles et le pâturage. Il y aura également des ruptures locales temporaires au transport routier dans les alentours des sites de construction. A long terme, toutefois, il y aura des avantages énormes à la transportation engendrés par la protection contre les inondations.

De faibles impacts sur la santé et la sécurité sont aussi à prévoir durant la construction, en termes de bruit (nuisances) et des poussières affectant les communautés voisines aux sites des travaux, notamment lors de l'utilisation des équipements lourds.

Les mesures proposées n'affecteront aucun site historique ou archéologique.

Au stade opérationnel du canal de dérivation, le débit des eaux excédentaires provenant des eaux de crue déchargé dans la rivière de la Medjerda en aval du canal augmentera le débit d'eau davantage dans les zones en aval, ce qui pourrait causer des problèmes d'inondations aux terres agricoles ou aux habitations dans ces régions. Des mesures appropriées seront prises en considération dans le cadre de ce Projet.

Quant au bassin de retardement, il pourrait y avoir des impacts sur les terres agricoles voisines en raison des crues.

11.3 Evaluation des impacts

Les impacts concevables provoqués par la mise en œuvre des travaux de régulation de la rivière en tant que mesures structurelles sont évalués utilisant la Matrice d'Impact. Le volume des impacts est classé selon les degrés suivants: négligeable, mineur, moyen et significatif sur la base de l'échelle des structures et des conditions naturelles qui les entourent.

Les résultats de l'évaluation sont présentés dans le **Tableau 11.3.1** et sont résumés comme suit en citant des conditions naturelles et sociales dans les zones hautes, moyennes et basses.

- (1) la zone haute de la Rivière de la Medjerda comprend la Ville de Jendouba et la partie ouest du Gouvernorat de Jendouba, les bas côtés de Mellègue, la ville de Bou Salem et l'amont du Barrage de Sidi Salem couvrant toute la région entre Sidi Ismail à la ville Bou Salem. La région est généralement montagneuse dans les hauts bords de la rivière avec des zones étendues dans les hauts plateaux et forêts situés sur la rive gauche de la Rivière de la Medjerda. Les eaux souterraines sont bien développées dans la zone en amont autour du Gouvernorat de Jendouba en raison de la proximité du Réservoir de Sidi Salem et d'autres réservoirs situés en Amont du réservoir et en raison de la contribution des réserves riches de forêts que l'on remarque sur la rive gauche, y compris la Parc National de Feija qui serait sécurisé des crues de la Medjerda du moment qu'il se trouve sur les plateaux. La zone est essentiellement agricole avec quelques ruines de sites de l'époque romaine et quelques sites archéologiques autour de la ville de Jendouba, qui se trouvent éloignés du bassin de la rivière. Les mesures structurelles appliquées dans la zone haute visent à atténuer les dégâts causés par les crues tout en protégeant les habitants et les terres agricoles sur les deux rives la rivière, en réduisant au

minimum les pertes économiques et humaines. Ces mesures structurelles montrent des impacts négatifs allant de négligeable à mineur et de moyen sans impacts significatifs. Des impacts de moyenne portée à négatifs sont observés durant les travaux de construction en termes de bruits (nuisance) et de vibrations ainsi que la génération par les travaux de trop de matériaux de déchets et de rebuts dont il faudrait s'en débarrasser, à l'exception des travaux d'amélioration de Mellègue à une moindre échelle. Le canal de dérivation à Bou Salem, où son cours traverse le domaine public, marque seulement des impacts négatifs légers à l'encontre des appréhensions de la population locale. D'autre part, les impacts négatifs de moyenne portée sont anticipés au niveau de la qualité de l'eau des cours d'eau lors de la construction du canal de dérivation. Des impacts positifs de ces mesures sont attendus par la réduction de l'érosion du sol à travers la construction de digues, les travaux de régulation de la rivière et la hausse des revenus des riverains qui peuvent être embauchés durant la construction.

- (2) La zone moyenne de la rivière de Medjerda couvre des parties des étendues basses de la Medjerda, y compris essentiellement la cité Medjez El Bab à l'est du Gouvernorat de Béja. La région est marquée par un relief sinueux et dominé par des plaines et des plateaux, résultant en sa vocation agricole par excellence. Les mesures structurelles appliquées à la zone du centre vise à atténuer les dégâts des inondations à la ville de Medjez El Bab et de conserver des sites historiques (un ancien pont datant du 17^{ème} siècle) dont la destruction ou le transfert semble difficile. Ces mesures provoqueraient relativement des impacts négatifs moyens pour bruits et vibrations au cours de la construction. D'autre part, et concernant le canal de dérivation à Mejez El Bab, l'ampleur des impacts négatifs serait moyenne, comprenant les éléments suivants: déchets, qualité de l'eau, organisme aquatique, acquisition de terres et l'appréhension et conflit/opposition de la population locale. Concernant les impacts positifs, ils comprennent le contrôle de l'érosion à travers les digues, la construction de digues, les travaux de régulation de la rivière, et l'amélioration des revenus des riverains auxquels des postes d'emplois durant les travaux de construction seraient proposés.
- 3) la zone basse de la Rivière de la Medjerda comprend les étendues les plus basses de la rivière, couvrant les cités d'El Battane, de Jedeida, et les vastes plaines d'El Mabtouh jusqu'à la zone de l'estuaire. Elle couvre les plaines alluviales et inondables larges de quelques 50 km, s'étendant entre les zones moyennes et la mer Méditerranée, et couvrant les plaines côtières constituées de ruisseaux, de rivières et d'alluvions marins qui sont dominées par des couches d'argile et de boue souvent aussi profondes que 50 mètres, et qui ont rendu la plaine imperméable au passage des eaux d'inondations et rechargent les nappes souterraines. La densité de la population est particulièrement plus élevée sur les plaines près de l'embouchure de la rivière. Les mesures structurelles appliquées dans les zones basses visent essentiellement à atténuer les dégâts causés par les crues, à sauvegarder les terres agricoles vastes, étendues, et les plus basses le long de la Medjerda, y compris

particulièrement la région d' El Mabtouh, qui devrait être protégée contre les dégâts des crues, les villes d'El Battane et de Jedeida et leurs alentours, et à conserver les vestiges historiques (le barrage d'El Battane datant du 17^{ème} Siècle) dont la destruction ou le transfert semble difficile. De même pour ces deux régions, les bruits et les vibrations durant la construction provoqueraient des impacts négatifs moyens en ce qui concerne les mesures appliquées pour les zones basses, notamment les villes d'El Battane, de Jedeida et d'El Mabtouh. Quant au bassin de retardement à El Mabtouh, tous les impacts négatifs sont de faible portée. Les impacts positifs de ces mesures sont prévus et consistent notamment en la réduction de l'érosion du sol, à travers la construction de digues, les travaux de régulation de la rivière, et l'augmentation de revenu des riverains qui peuvent être embauchés au cours de la construction.

Aucune action (aucune amélioration de rivière) laisserait le problème actuel des alluvions intact tel qu'il est dans le cours de la rivière et l'incapacité de la Medjerda à résister aux grandes crues qui pourraient causer d'énormes pertes économiques.

11.4 Conclusion et recommandations

A travers l' EIE pour les travaux de régulation de la rivière envisagés en tant que mesures structurelles dans le plan directeur, chaque impact concevable d'ordre environnemental ou social a été expliqué et évalué aux étapes préalables à la construction, en cours de construction, durant l'exploitation et durant l'entretien. Il a été démontré qu'il y aurait plusieurs impacts négatifs d'une magnitude négligeable, mineure ou moyenne comme illustré dans le **Tableau 11.3.1**. Sur un autre plan, "pas d'action" pour l'érosion et les alluvions existants réduirait davantage la capacité de la Rivière Medjerda de résister aux grandes crues telles que vécues récemment, causant ainsi des pertes économiques considérables.

Tous les travaux de régulation de la rivière sont évalués des points de vue environnemental et social, les conclusions sont illustrées dans le **Tableau 11.4.1**. L'exécution de l'EIE a abouti à la conclusion et les recommandations suivantes:

Quant aux travaux de régulation de la Rivière projetés dans les zones hautes, les travaux d'amélioration de régulation de Mellègue sont recommandés parce qu'ils causent le moins d'impacts négatifs environnementaux et sociaux en raison de sa petite échelle. Tous les autres travaux sont recommandables parce que leurs impacts négatifs peuvent être maîtrisés par le biais de mesures adéquates d'atténuation et de surveillance appropriées (voir **Tableau 11.4.2**).

Quant aux travaux de régulation de la Rivière projetés dans les zones moyenne, tous les travaux sont recommandables considérant que les mesures d'atténuation et de surveillance appropriée (voir **Tableau 11.4.2**) peuvent atténuer leurs impacts de moyenne portée.

Ce qui précède peut être répété pour les travaux de régulation de la Rivière projetés dans les zones basses.

Cependant, concernant les travaux de régulation d'El Mabtouh et le bassin de retardement, seulement des impacts de faible portée sont prévus sur l'environnement naturel et social, nécessitant moins de mesures d'atténuation et de surveillance que d'autres mesures. Il est, cependant recommandé, durant la construction et le fonctionnement du bassin, d'exécuter strictement le système de contrôle de supervision, de garantir la qualité de la construction, de gérer efficacement le débit en amont des eaux usées durant la période des eaux abondantes, de patrouiller la zone du réservoir, et de détecter les problèmes à résoudre à temps.

CHAPITRE 12 PROGRAMME DE MISE EN ŒUVRE

12.1 Calendrier de mise en œuvre

12.1.1 Mesures de structuration

(1) Projet d'amélioration de l'oued

La zone de l'étude (le bassin Medjerda en Tunisie) est d'une superficie de 15.830 km², d'une importance régionale et d'un niveau de développement et de caractéristiques de crues d'une variation marquée de la région. Par conséquent, la zone de l'étude a été divisée en 5 zones (D1, D2, U1, U2 et M) et un niveau de protection des crues a été défini par zone pour les travaux d'amélioration de l'oued tel que discuté au Chapitre 9. Ensuite, la réalisation de l'amélioration de l'oued est planifiée dans l'ordre de la Zone D2, la Zone D1, la Zone U2, et la Zone (U1+M) en donnant une considération particulière aux règles essentielles suivantes concernant l'amélioration de l'oued et la viabilité économique du projet.

- (a) Depuis que le Barrage Sidi Salem contient un volume considérable pour la régulation des crues, la régulation des crues au niveau du barrage interrompt la continuité hydraulique du phénomène des crues le long de l'oued Medjerda. Ainsi, la zone de l'étude peut être largement divisée en deux sous bassins indépendants, notamment en sous bassins en amont et en aval du site du barrage du point de vue hydraulique des crues. Les sous bassins en amont et en aval forment respectivement les Zones U1, U2 et M, et les Zones D1 et D2.

Dans de pareilles conditions spécifiques de la zone de l'étude, l'amélioration de l'oued dans la zone basse devra être exécutée avant celle de la zone supérieure des sous bassins respectifs afin d'éviter une amélioration de la rivière qui comporte un risque au détriment de crues artificielles dans les régions en aval.

- (b) Afin d'évaluer l'ordre de supériorité dans la viabilité économique de l'amélioration de l'oued au niveau de chaque zone, l'indice économique concernant le taux de Rentabilité Economique Interne (TREI) a été calculé, ainsi qu'il est relevé ci-après, pour chaque zone en considérant le démarrage du projet à la même année c'est-à-dire en 2011. La Zone D2 présente l'indice EIRR le plus élevé à 33.7%, suivi par la Zone D1 (14.6%), la Zone U2 (12.2%), et la Zone U1+M (10.2%).

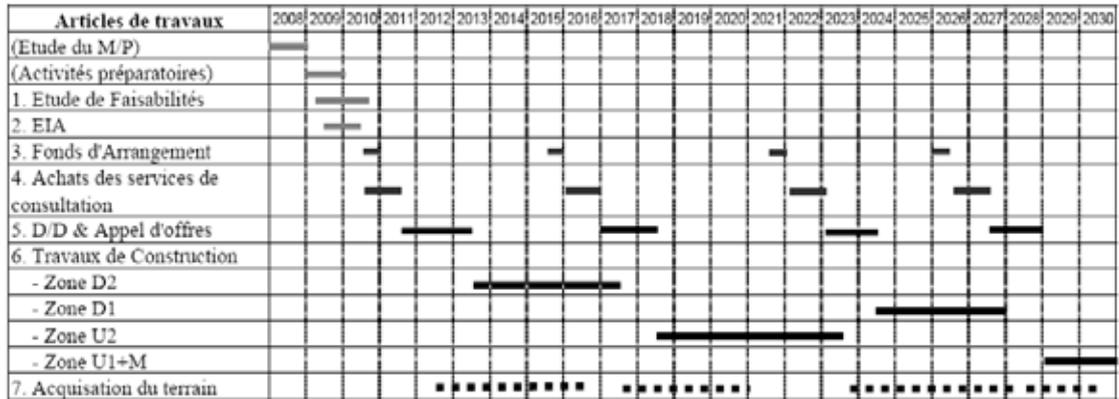
Résumé de l'Analyse Economique (les projets d'amélioration de l'oued démarreront en 2011)

	Zone D1	Zone D2	Zone (U1+M)	Zone U2
EIRR	14.6%	33.7%	10.2%	12.2%
NPV (millions TND)	31.30	323.56	-6.56	1.92
Ratio B/C	1.35	5.83	0.80	1.03

Source: Equipe d'Etude

Note: taux d'escompte à 12% pour NPV

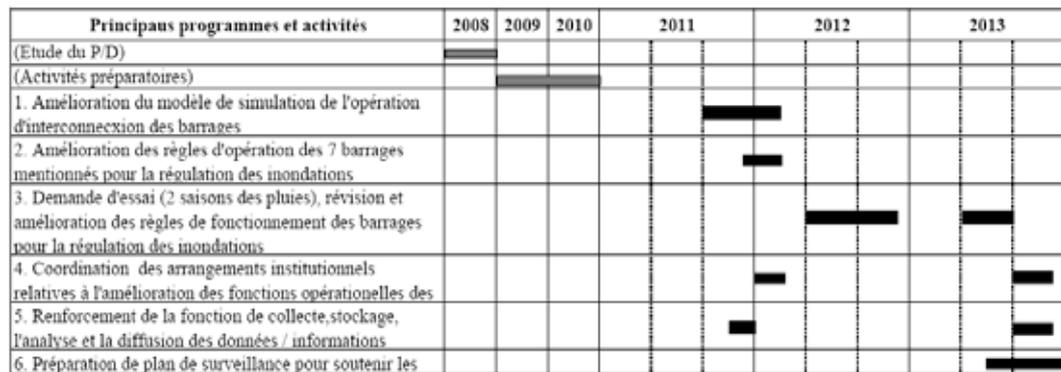
Le tableau suivant présente les délais de réalisation prévus du projet, où 2.5 ans sont alloués immédiatement après cette étude du P/D pour les activités préparatoires (étude de faisabilité, Evaluation de l'Impact sur l'Environnement -EIE-, les arrangements financiers, les arrangements en matière de services de conseil, etc.), qui sont nécessaires avant la conception détaillée (D/D – C/D) et l'appel d'offres concernant la Zone D2. La durée du projet prévue est de 20 ans de 2011 jusqu'à 2030 (l'année d'expiration de l'Etude).



(2) Projet de renforcement de la fonction de régulation des crues des réservoirs.

Le tableau suivant présente les délais de réalisation prévus de ce projet, où les 2 années 2009 et 2010 sont réservées immédiatement après cette étude du P/D pour les activités préparatoires (arrangements financiers, arrivée des experts étrangers, etc.) avant la réalisation du projet.

Comme ce projet est étroitement lié, au niveau de ses programmes et des activités y afférentes avec ceux du projet sur le renforcement du Système de Prévision des Crues et d'Alerte (SPCA), discutés dans le sous chapitre suivant, il serait souhaitable que ce projet démarrera dans la deuxième moitié de l'année 2011 après "le Programme 3. Etude de la méthode et du modèle de prévision des crues " relative au projet de renforcement du SPCA. La durée du projet est prévue à 2.5 ans.



12.1.2 Mesures non structurelles

(1) Projet de renforcement du système de prévision des crues et d'alerte

Le délai de réalisation, tel qu'il figure ci-après, propose que ce projet démarre en 2011

immédiatement après cette étude du P/D pour les activités préparatoires (arrangement financier, arrivée des experts étrangers, etc.) parce que le côté tunisien souhaite un renforcement du SPCA plutôt.

Ce projet comprend “le Programme 6. Amélioration de FFWS quant au test et à l’examen du projet de règles opérationnelles du réservoir au niveau de la régulation des crues” qui est prévu dans les années 2012 et 2013, puisque le “Programme 6.” Devra être exécuté à la suite du “Programme 3. le test (2 saisons pluviales), examen et amélioration du projet de règles opérationnelles du réservoir au niveau de la régulation des crues” dans le projet (2) dans le **sous section 12.1.1.**

Principaux programmes et activités	2008	2009	2010	2011	2012	2013
(Etude du M/P)	■					
(Activités préparatoires)		■	■			
1. Contrôle supplémentaire des installations télémétriques de mesure des précipitations et de jaugeage dans le			■			
2. Installation de stations télémétriques de mesure des précipitations et de jaugeage supplémentaires				■		
3. Etude sur une méthode et un modèle de prévision des				■		
4. Développement d'un modèle de prévision des inondations				■		
5. Installation of measuring device of dam release				■		
6. Amélioration de FFWS basée sur une demande d'essai et l'examen du projet d'amélioration des fonctions opérationnelles du barrage pour la régulation des					■	■
7. Préparation d'un système de fonctionnement manuel				■		■
8. Préparation de plan de surveillance pour soutenir les						■

(2) Projet de renforcement du système d'évacuation et de lutte contre les inondations

Ce projet est en étroite relation avec le projet (1) à la **Sous section 12.1.2.** En d'autres mots, les programmes et les activités de ce projet ont besoin d'être conduits en fonction du FFWS à être renforcés. Donc, la réalisation de ce projet est prévue à l'année 2013.

Principaux programmes et activités	2008	2009	2010	2011	2012	2013
(Etude du M/P)	■					
(Activités préparatoires)		■	■			
1. Amélioration de système de partage de l'information entre les organismes officiels et les communautés concernant la gestion des catastrophes des inondations et						■
2. Etude et fixation des niveaux d'alerte à clé du niveau d'eau dans les stations de jaugeage pour l'évacuation /						■
3. Formulation de critères précis pour commencer l'évacuation / activités de lutte contre les inondations						■
4. Développement de procédures d'évacuation et de forage compréhensibles dans des zones pilotes						■
5. Préparation de plan de surveillance pour soutenir les						■

(3) Projet de développement de la capacité organisationnelle

Ainsi qu'il est illustré dans le tableau suivant, les années 2009 et 2010 sont réservées immédiatement après cette étude du P/D pour les activités préparatoires.

Il est prévu que ce projet devra être réalisé en (3) étapes: la première étape de 2 années démarre dès la fin des activités préparatoires; la deuxième étape consiste à diriger un projet pilote de développement de la capacité organisationnelle et se propose d'être réalisée concomitant au projet de l'amélioration de la rivière, discuté dans le sous chapitre 12.1.1; quant à la troisième étape, elle est réalisée, au cas où le projet pilote en deuxième étape justifie la viabilité d'une nouvelle agence qui prendra la charge de l'E/E (exploitation et maintenance) du bassin de la rivière Medjerda, et verra le jour en 2019

successivement à la deuxième étape.

Principaux programmes et activités	2008	2009	2010	Premier Stage		Deuxième Stage	Troisième Stage
				2011	2012		
Premier Stage							
(Etude du M/P)	■						
(Activités préparatoires)		■					
1. Contrôle et mise en place de la division permanente ou de la direction en charge du bassin de la Mejerda à			■				
2. Etude détaillée du programme 11 proposé pour le développement des capacités organisationnelles				■			
3. Initialisation du programme proposé				■	■		
4. Sélection d'un projet pilote qui sera mené lors du deuxième stage						■	
5. Provision of documented technical guidelines, standards and rules					■		
Deuxième Stage							
Réalisation d'un projet pilote en vertu du projet d'aménagement de l'oued Mejerda						■	
Troisième Stage							
1. Contrôle et mise en place d'une agence en charge de l'O / M du bassin de l'oued Mejerda , si le projet pilote justifie la viabilité de l'organisme							■
2. Préparation de plan de surveillance pour soutenir les							■

(4) Projet de régulation/gestion de la plaine inondable

La réalisation des activités proposées peut être commencée aussitôt que possible en parallèle à l'exécution des travaux d'amélioration de la rivière pour assurer et promouvoir les bienfaits du projet. En particulier, la régulation/gestion de la plaine des inondations ne peut pas être séparée des mesures non- structurelles au niveau de la gestion des désastres dans la zone vulnérable de la Rivière Medjerda. L'exécution des trois étapes du programme, à commencer en 2011, est prévue compte tenu d'un avancement ferme et d'une évaluation consistante par l'agence d'exécution du côté Tunisien.

Principaux programmes et activités	2008	2009	2010	Phase 1		Phase 2		Phase 3	
				2011	2012	2013	2014	2015	
(Etude du M/P)	■								
(Activités Préparatoires)		■							
1. Contrôle des zones d'inondation à travers l'analyse des écoulements et des inondations du bassin de			■						
2. Mise à jour de la base de données SIG par les informations sur les			■	■					
3. Préparation de la carte des risques d'inondation avec zonage				■					
4. Analyse de l'amélioration du modèle de cultures basé sur l'occupation des sols qui prévaut				■	■				
5. Renforcement de la collection, amémorisation, analyse et diffusion					■				
6. Préparation de lignes directrices pour le développement de la maîtrise de l'aménagement urbain et rural						■	■		
7. Dissemnation, application, évaluation et validation des lignes directrices auprès des CRDA et autorités régionales concernées								■	■
8. Formations et séminaires									■

12.2 Coûts des projets

Le coût du projet de chaque schéma du plan directeur est estimé d'après les références des Tableaux 12.2.1 à 12.2.6 illustrés comme suit.

	(x10 ³)		
Schémas	DTN Equiv.	DUS Equiv.	Yen Equiv.
(1) Mesures Structurelles			
1.1 Projet d'amélioration de la rivière			
- Zone D2	133,574	114,968	12,181,000
- Zone D1	123,963	105,861	11,305,000
- Zone U2	158,462	135,322	14,451,000
- Zone U1+M	39,510	33,741	3,603,000
Sous total of 1-1	455,509	389,892	41,540,000
1.2 Projet de renforcement de la fonction de régulation des crues réservoirs	5,772	4,934	527,000
Total de (1)	461,281	394,826	42,067,000
(2) Mesures Non structurelles			
2.1 Projet de renforcement du SPCA	5,592	4,775	510,000
2.2 Project de renforcement de l'évacuation/ système de lutte contre les inondations	2,910	2,485	265,000
2.3 Project de développement de la capacité organisationnelle	7,135	6,093	651,000
2.4 Project de régulation/gestion de la plaine d'inondation			
Total of (2)			
Grand Total: (1)+(2)			

Source: l'Equipe d'Etude

Le coût du projet est estimé sur la base du niveau de prix de Juin 2008 et d'un taux de change de 1 DTN = JPY 91.20 = US\$ 0.854.

Le coût du projet "1.1 Projet d'amélioration de la Rivière" consiste (i) en coûts de la construction, d'acquisition de terrain, de services administratifs du gouvernement et de génie civil, (ii) imprévus d'ordre physique et de prix, et (iii) en taxes, tel que figurant au **Tableau 12.2.1**.

Le coût des services administratifs du gouvernement et celui de génie civil sont calculés respectivement au niveau de 3% du total des coûts de construction et de l'acquisition de terrain et de 10 % du coût de construction. L'imprévu d'ordre physique est calculé au taux de 10% de (i) ci-dessus. Dans le calcul des imprévus, les taux de croissance annuelle des prix de l'ordre de 2.1% et de 3.2% sont appliqués aux portions en devises en monnaie locale, respectivement, pour les composants des coûts de (i) ci-dessus et des imprévus d'ordre physique.

Les coûts du projet "1.2" et "2.1 à 2.4" consistent en (i) coûts des services de génie civil et administratifs du gouvernement, (ii) imprévus d'ordre physique et de prix, et (iii) taxes, tels qu'illustrés aux **Tableaux 12.2.2 à 12.2.6**. Le coût des services de génie civil est estimé en fonction du l'emploi du personnel expatrié prévu au **Tableau 9.1.2** et aux **Tableaux 9.2.1 à 9.2.4**. Le coût administratif du gouvernement est calculé à 30% du coût des services de génie civil. Les imprévus d'ordre physique et de prix sont estimés de la manière que ceux employés dans "1.1".

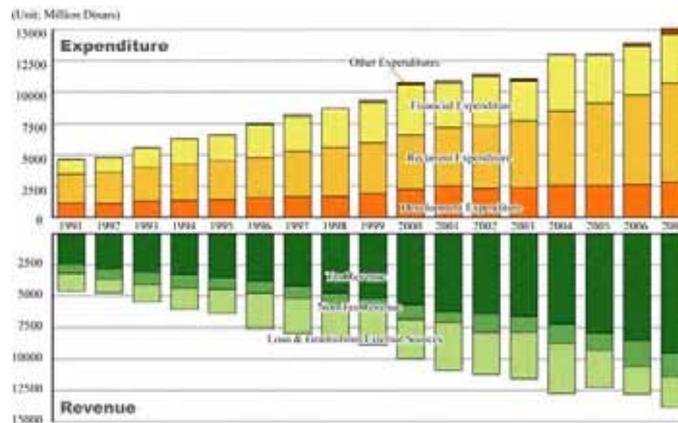
12.3 Arrangement financier du projet

12.3.1 Examen de l'allocation du budget du gouvernement Tunisien

Le tableau figurant ci-dessous illustre les revenus et les dépenses du Gouvernement Tunisien durant 1991 – 2007. Le compte général du Gouvernement Tunisien s'élevait à 15.1 Milliards de DTN en 2007. D'autre part, le revenu du Gouvernement s'élevait à 13.9 milliards de DTN, résultant ainsi en un déficit de 1.2 milliard de DTN aux termes

des dépenses. Une balance préliminaire ^{*1} de la Tunisie a été également déficitaire pour la période allant de 1991 à 2007.

Durant la décade précédente, le revenu du gouvernement consiste aux impôts (57 ~ 69%), et aux revenus Hors Taxes (7~10%), le reste, soit 17~32%, est prélevé sur les Bons du Trésor, les donations et des emprunts provenant d'agences de développement bilatérales/multilatérales. Sur un autre plan, les dépenses de développement occupaient 20 ~ 23% du total général du compte des dépenses de la Tunisie.



Source: Institut National des Statistiques, Tunisie

Revenus et Dépenses du Gouvernement Tunisien au cours des années 1991- 2007

Le pourcentage des frais financiers (tels que le paiement du principal et intérêt existant sur les dettes et le remboursement des Bons du Trésor du total général du compte du budget) a été graduellement en baisse durant la dernière décade (de 35% en 1998 à 28% en 2007). Aussi, le ratio du total des dettes extérieures (y compris à la fois les dettes à court terme et les dettes à long terme) au PNB était en baisse de 65% en 2002 à 55% en 2007^{*2}. Le Gouvernement Tunisien prévoit de réduire la dette extérieure totale jusqu'à 51% du PNB à la fin du 11^{ème} Plan. Pour atteindre cet objectif, le Gouvernement Tunisien envisage de continuer à limiter sa dépendance de l'assistance extérieure à un niveau raisonnable.

12.3.2 Montant de l'assistance financière reçue des principaux donateurs

Les Principaux Donateurs qui accordent une assistance financière et technique à la Tunisie sont la France, le Japon, l'Allemagne et l'Italie ainsi que les agences de développement multilatérales de la Banque Mondiale, l'Union Européenne et la Banque Africaine de Développement. Le Montant de l'assistance étrangère reçu se situait entre US\$ 460 million et US\$ 660 million par an durant les 5 années (2002 ~ 2006). Au cours des dernières années, le montant d'assistance reçue sous forme d'emprunt était presque égal au montant d'assistance sous forme de donation.

Le Gouvernement Français est le plus grand donateur à la Tunisie aux termes d'un montant d'aide à la fois sous forme de donation que sous forme d'emprunt. Le montant de l'aide sous forme d'emprunts du gouvernement atteignait US\$ 61 ~ 131 millions par an

¹

Source: Fonds monétaire International

durant les 5 dernières années, et avait occupé 25 ~ 41% de l'assistance reçue sous forme d'emprunts reçus. Aussi le montant d'assistance sous forme de donations du Gouvernement Français était d'US \$ 63 – 103 millions, et représentait 27-38% du total de l'assistance reçue sous forme de donations.

Dans le cas du Gouvernement Japonais, durant les 5 dernières années, le montant d'assistance sous forme de donation représentait seulement 3 ~ 7% de l'assistance totale sous forme des donations reçues par la Tunisie, celui relatif à l'assistance sous forme d'emprunts représentait 17 ~ 41%.

Comme le total de l'assistance sous forme d'emprunts provenant à la fois du Gouvernement Français et du Gouvernement Japonais représente 53% ~74% du total de l'assistance reçue sous forme d'emprunts durant 2002 ~ 2006, les emprunts de l'ensemble des deux pays sont considérés comme une source importante pour la Tunisie de l'exécution des grands projets d'infrastructure,

12.3.3 Stratégie de l'assistance des donateurs à la Tunisie

(1) Agences multilatérales de développement

L'assistance financière reçue de la part des Agences Multilatérales de Développement était de US\$ 100 ~ 175 millions par an durant les 5 dernières années. La plupart de l'Assistance financière des Agences Multilatérales de Développement est accordée sous forme de donations. Comme le montant d'assistance sous forme d'emprunts est relativement minime (US\$ 8 ~ 49 millions durant les 5 dernières années), il y a peu d'espoir de recevoir une assistance financière aux grands projets d'infrastructure.

(2) La France

Suivant le DCP (Document cadre de Partenariat 2006-2010) élaboré par le comité Interministériel pour la coopération internationale et le développement (CICID), les domaines de leur assistance stratégique pour la Tunisie sont; 1) la modernisation des industries et le renforcement de leur compétitivité (y compris l'assistance sous forme d'emprunts pour les participants dans le programme de modernisation, la modernisation des programmes de formation professionnelle pour l'industrie, le tourisme, les secteurs agricoles, le développement de l'infrastructure), 2) L'amélioration du niveau de vie (le développement urbain essentiellement par l'amélioration des projets d'assainissement, et le développement rural essentiellement à travers les projets d'alimentation en eau), et 3) l'environnement durable (préservation des ressources naturelles, conservation des ressources énergétiques).

(3) L'Allemagne

Le montant d'assistance sous forme d'emprunts accordés à la Tunisie a suivi une courbe ascendante, et se situe entre US\$ 14 millions et 25 millions par an pendant les dernières 5 années.

En 2001 deux zones de priorité pour une future coopération ont été convenues entre le gouvernement allemand et le gouvernement Tunisien, notamment:

1) la protection de l'Environnement et la conservation des ressources : y compris la construction de dépôts terrestres et d'usines d'assainissement, établissement de système de surveillance et de contrôle de zone de dépôt de produits dangereux, attribution de financement aux sociétés privées pratiquant des mesures de contrôle de la pollution de l'air et aussi aux usines de destruction et de recyclage des déchets, ainsi que l'assistance dans les mesures anti-érosion et le développement de la capacité de stockage des eaux à travers le boisement et l'encouragement de l'usage durable des terres agricoles.

2) le Développement Economique consiste à accorder des prêts à deux étapes destinés aux sociétés appliquant les mesures de modernisation, et de donner conseil à un nombre restreint de petites et moyennes entreprises.

Des zones de priorité complémentaires ayant pour activité la coopération financière pour le développement rural, notamment eu égard à l'agriculture par irrigation et l'alimentation en eau des zones rurales.

(4) Le Japon

Le gouvernement Japonais a accordé une assistance sous forme d'emprunts notamment pour l'irrigation, les communications, le transport, et les secteurs d'alimentation en eau. Le montant total de l'assistance à la Tunisie sous forme d'emprunts s'élevait à 224 milliards de yens Japonais ou environ US\$ 2 milliards (à la fin de 2006). Au cours des 5 dernières années, l'assistance à la Tunisie sous forme d'emprunts est située entre US\$ 65 millions et US\$119 millions par an.

Selon la stratégie d'assistance des pays pour la Tunisie tel qu'annoncée par le ministre des Affaires Etrangères du Japon, les 6 questions suivantes ont été choisies comme les principaux problèmes à traiter; 1) renforcement de la compétitivité des industries, 2) gestion/développement des ressources en eau, 3) modernisation des industries agro-alimentaires et de la pêche, 4) le développement du secteur du tourisme, 5) la sauvegarde de l'environnement, et 6) allègement des écarts entre les régions.

Parmi lesquels, 1) le renforcement de la compétitivité des industries, 2) la gestion/développement des ressources en eaux, 3) la conservation de l'environnement, ont été choisis comme zones de priorité pour les perspectives de l'assistance Japonaise à moyen et à long terme.

“2) La gestion/développement des ressources en eau ” prévoit de fournir non seulement des projets de développement des ressources hydrauliques mais des projets de gestion du côté de la demande, et des projets intégrés de gestion des ressources en eau avec l'utilisation intégrale des technologies et des expériences Japonaises sur le terrain.

Le Produit National Brut (PNB) de la Tunisie par tête d'habitant s'est accru d'US \$ 2,090 en 2000 à US \$ 2,970 en 2006. Par conséquent, la Tunisie sera classifiée parmi les pays à revenu élevé - moyen dans un proche avenir.

Les secteurs et les domaines d'assistance pour les pays à Revenu Elevé – Moyen sont en principe limités à l'environnement, au développement des ressources humaines, aux

mesures anti-séismes et aux mesures visant à réduire les disparités entre les régions déshéritées. A cet effet, “les mesures anti-séisme” comprennent la protection des désastres et les mesures de rétablissement, qui sont estimées parmi les projets de régulation des crues.

12.3.4 Arrangement de financement prévu du projet

(1) Coût-Capital des Travaux d'Amélioration de la Rivière

Le coût-capital total des projets de régulation des crues à travers des travaux d'amélioration de la rivière dans ce plan directeur est d'environ 456 millions de DTN. Desquels, la zone D2 et la zone D1, avec un degré plus élevé de priorité pour la réalisation, nécessitent un coût-capital de 134 millions DTN et de 124 millions de DTN respectivement. Les besoins de fonds annuels sont prévus de varier entre 15 et 37 millions DTN durant la période de construction.

Comme les projets d'amélioration de rivières nécessitent un investissement énorme de capital, il est souhaitable qu'une partie du coût du projet soit couverte par une assistance sous forme d'emprunt des agences donatrices. D'autre part, suite à un examen général des stratégies d'assistance ainsi que du montant de l'assistance sous forme d'emprunts antérieurs des principaux donateurs, l'on estime qu'exception faite des gouvernements français et Japonais, une assistance d'envergure au projet de régulation des crues n'est pas à prévoir.

Même si le Gouvernement Tunisien réussit à obtenir une assistance sous forme d'emprunts des agences de développement international, il aura besoin de réserver environ 20 ~ 30% du coût du projet (3 millions ~ 11 millions de DTN par an).

(2) Projet de Composants Légers de Régulation des Crues.

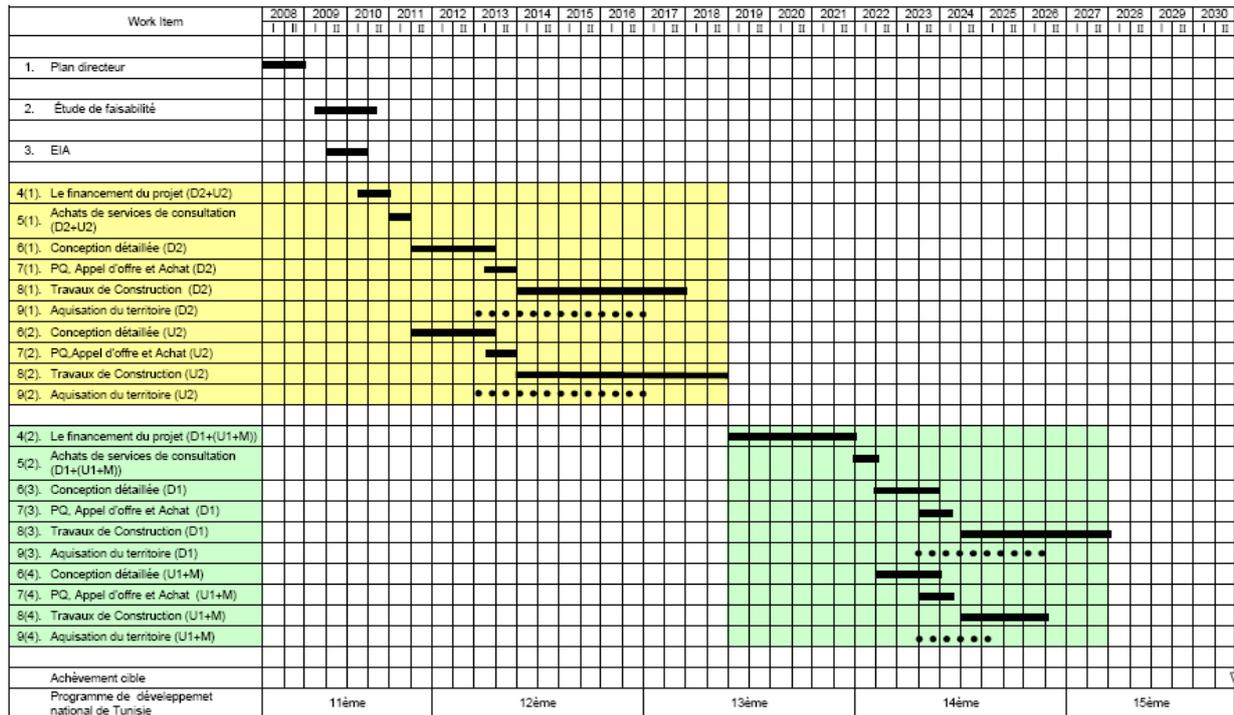
Le coût des composants légers des projets proposés dans ce plan directeur, qui consistent au renforcement de la fonction de régulation des crues des réservoirs, au système de prévision des inondations et d'alerte, au développement de la capacité organisationnelle, au renforcement du système d'évacuation et de lutte contre les inondations, et à la régulation/gestion de la plaine d'inondation, est d'environ 27 millions de DTN an total.

Les composant légers consistent essentiellement en activités d'assistance technique, et donc nécessitent relativement peu de dépenses de capital. Par Conséquent, les projets de composants légers sont considérés convenables pour les projets à base d'assistance technique sous forme de donations au vu des activités du projet ainsi que des coûts-capital plus réduits.

(3) Budget pour les Activités d'Entretien (de la rivière)

Afin de maintenir la fonction de régulation des inondations d'une manière adéquate et de réaliser des effets durables du projet de régulation des inondations, un financement adéquat pour le coût d'entretien sera nécessaire. Le coût d'entretien – tel que le coût d'entretien des structures civiles, enlèvement d'arbres/de végétation, dégagement des alluvions – pour chaque zone est estimé à 0.3 ~ 1.1 million DTN par an. En outre, 0.01 ~

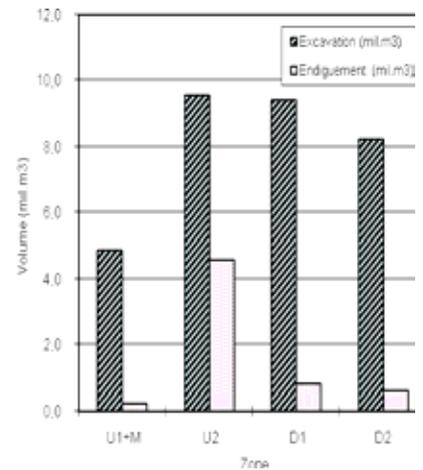
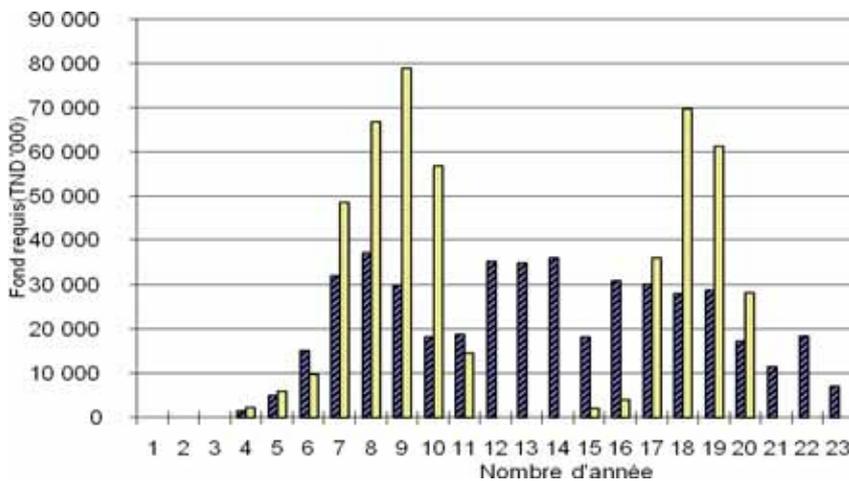
Calendrier d'exécution du plan combiné (Amélioration de l'oued)



Conformément au calendrier, le déboursement annuel du coût financier pour 23 ans de l'exécution est expliqué en comparaison avec ceux pour le plan directeur proposé comme suit :

Déboursement annuel du budget (Coût financier)

Travaux de terre de chaque zone



Comme montre ci-dessus, les dépenses maximales par an (approx. TND 80 million/an au maximum) du plan alternatif seront à peu près doubles de la somme du plan proposé. Même si le montant sera sécurisé par le prêt financier par des donateurs, le gouvernement tunisien doit préparer le budget équivalent pour l'exécution du projet.

En outre, l'importance des travaux de terre tels que l'excavation du canal et le

remblayage du digue deviendra deux fois du volume pour une zone comme montre la figure ci-dessus. Le déplacement et le démontage des matériaux de construction tels que la matière de terre colossal (ex. 18 million m³ of excavation) donneron des effets négatifs dans les environnements social et environnemental dans la zone de projet.

En outre, la viabilité du plan alternatif a été évaluée par l'analyse économique pour comparer les EIRRs de l'ensemble du projet (mesures structurelles et non structurelles) et les résultats suivants ont été obtenus. Du point de vue économique, l'exécution du plan avisé de stade proposé est plus avantageuse.

Article	Ensemble des projets	
	IP proposé (plan avisé de stade)	IP alternatif (plan combiné)
EIRR	25,6%	23,1%

Source: Equipe d'étude

En conclusion, le plan avisé de stade d'exécution des travaux d'amélioration de l'oued recommandé dans le plan directeur a été finalement sélectionné.

CHAPITRE 13 EVALUATION GLOBALE DU PLAN DIRECTEUR

13.1 Evaluation économique

(1) Analyse Economique du projet de Régulation des Inondations

Le calendrier de mise en œuvre du projet de régulation des inondations dans chaque zone a été déterminé en prenant en considération les résultats de l'analyse économique mentionnée ci-dessus ainsi que la règle de base des travaux d'amélioration des rivières, dont les détails sont mentionnés dans le Rapport Justificatif D.

L'analyse économique pour chaque zone ainsi que celle de tout le projet a été effectuée en fonction du calendrier de mise en œuvre. Les coûts et les bénéfices économiques de la période d'évaluation sont présentés sur une base annuelle dans le **tableau13.1.1** (pour tout le projet seulement). Le TREI de l'ensemble du projet ainsi que pour les projets individuels dans chaque zone ont été calculés, variant entre 12% et 33.7%, et sont au-dessus du taux d'escompte économique de 12%. En plus, la Valeur Nette Economique Actuelle (VNEA) et le ratio B/C adoptant un taux d'escompte dépasse "0" et "1" respectivement.

Résumé de l'Analyse Economique

(Le projet d'amélioration de la rivière commence avec le calendrier de mise en œuvre)

	Zone D1	Zone D2	Zone U1+M	Zone U2	Tout le Projet
TREI	21.5%	33.7%	12.0%	15.9%	25.6%
VNEA (millions TND)	86.37	323.56	0.0	18.38	283.55
Ratio B/C	2.61	5.83	1.00	1.44	3.14

Source: L'Equipe d'Etude

Note: Le taux d'escompte utilisé était de 12%

Ces résultats ont prouvé que tous les projets de régulation des inondations proposés sont faisables du point de vue économique.

(2) Analyse de sensibilité

Les valeurs des variables utilisées dans l'analyse économique ont été estimées en se basant sur les prévisions les plus probables, couvrant une longue période de temps. Ces variables pour les résultats des scénarios les plus probables sont souvent influencées par un grand nombre de facteurs, et les valeurs actuelles peuvent différer considérablement des valeurs prévues, en fonction des développements/changements futurs.

La sensibilité de TREI et VNAE à plusieurs mouvements adverses dans le cout du projet a été calculée pour accéder à la robustesse de la viabilité économique du projet. Une analyse de la valeur de permutation a aussi été adoptée afin de déterminer le cout requis pour réduire la VNAE à 0 et les bénéfices en moins afin de rendre le TREI égal au cout d'opportunité économique qui est de 12%.

Résumé de l'Analyse de Sensibilité

	Scénarios défavorables	TREI	VNAE (million TND)	Valeur de permutation
Zone D1	Cas de Base	21.5%	86.4	-
	Augmentation du coût du Capital de 20%	19.2%	75.8	+ 144%
	Effets de régulation des Inondations de -20%	18.6%	58.4	- 59%
	Croissance du PNB - 1% points	19.0%	57.2	-
Zone D2	Cas de Base	33.7%	323.6	-
	Augmentation du coût du Capital de 20%	30.7%	310.3	+ 486%
	Effets de régulation des Inondations de -20%	30.1%	245.5	- 83%
	Croissance du PNB - 1% points	31.9%	260.4	-
Zone U1+M	Cas de Base	12.0%	0.0	-
	Augmentation du coût du Capital de 20%	10.5%	-4.3	0%
	Effets de régulation des Inondations de -20%	10.2%	-4.3	0%
	Croissance du PNB - 1% points	10.3%	-3.7	-
Zone U2	Cas de Base	15.9%	18.4	-
	Augmentation du coût du Capital de 20%	13.8%	10.0	+ 44%
	Effets de régulation des Inondations de -20%	13.4%	6.3	- 31%
	Croissance du PNB - 1% points	13.7%	6.9	-
Project Global	Cas de Base	25.6%	283.5	-
	Augmentation du coût du Capital de 20%	23.0%	257.0	+ 213%
	Effets de régulation des Inondations de -20%	22.4%	200.3	- 68%
	Croissance du PNB - 1% points	23.7%	211.7	-

Source: L'Equipe d'Etude

Comme le tableau présenté ci-dessous, l'analyse de sensibilité prouve que la viabilité économique des projets de régulation des inondations propose pour les zones D1 et D2, ainsi que pour tout le projet sont robustes contre la variété des assumptions adverses.

D'autre part, la viabilité économique de la zone U2 est suffisamment robuste en cas où le cout du capital est dépassé aux alentours de 44% jusqu'au cas de base ou de baisse de bénéfice économique de moins de 31% jusqu'au cas de base, la viabilité économique du projet est maintenue.

Cependant, dans le cas des zones U1+M, si une seule assumption se déplace vers une direction opposée, le projet perd facilement sa viabilité économique.

(3) Conclusion

La totalité du projet de régulation des inondations ainsi que les projets individuels dans

chaque zone ont été estimés d'être économiquement viables, et ainsi tous les projets de régulation des inondations proposés valent la peine d'être implémentés.

La viabilité économique de tout le projet ainsi que celle des projets individuels est aussi suffisamment robuste, à l'exception des zones U1+M. Dans le cas du projet dans la zone U1+M, et puisque le projet est prévu d'être mis en œuvre en 2026, il est recommandé d'établir une analyse économique supplémentaire avant son implémentation, en prenant en considération les changements dans le processus de développement économique qui pourrait se produire dans cette zone ainsi que la valeur des actifs dans la probable zone inondable.

13.2 Evaluation environnementale

Les impacts concevables provoqués par la mise en œuvre des travaux de régulation de la rivière en tant que mesures structurelles sont évalués dans l'EIE. Les résultats de l'évaluation sont résumés comme suit en citant des conditions naturelles et sociales dans les zones hautes, moyennes et basses.

(1) la zone haute de la rivière de la Mejerda

Les mesures structurelles appliquées dans la zone haute visent à atténuer les dégâts causés par les crues tout en protégeant les habitants et les terres agricoles sur les deux rives la rivière, en réduisant au minimum les pertes économiques et humaines. Ces mesures structurelles montrent des impacts négatifs allant de négligeable à mineur et de moyen sans impacts significatifs. Des impacts de moyenne portée à négatifs sont observés durant les travaux de construction en termes de bruits (nuisance) et de vibrations ainsi que la génération par les travaux de trop de matériaux de déchets et de rebuts dont il faudrait s'en débarrasser, à l'exception des travaux d'amélioration de Mellègue à une moindre échelle. Le canal de dérivation à Bou Salem, où son cours traverse le domaine public, marque seulement des impacts négatifs légers à l'encontre des appréhensions de la population locale. D'autre part, les impacts négatifs de moyenne portée sont anticipés au niveau de la qualité de l'eau des cours d'eau lors de la construction du canal de dérivation. Des impacts positifs de ces mesures sont attendus par la réduction de l'érosion du sol à travers la construction de digues, les travaux de régulation de la rivière et la hausse des revenus des riverains qui peuvent être embauchés durant la construction.

(2) La zone moyenne de la rivière de Mejerda

Les mesures structurelles appliquées à la zone du centre visent à atténuer les dégâts des inondations à la ville de Medjez El Bab et de conserver des sites historiques (un ancien pont datant du 17^{ème} siècle) dont la destruction ou le transfert semble difficile. Ces mesures provoqueraient relativement des impacts négatifs moyens pour bruits et vibrations au cours de la construction. Concernant les impacts positifs, ils concerneront l'amélioration des revenus des riverains auxquels des postes d'emplois durant les travaux de construction seraient proposés.

3) la zone basse de la rivière de la Mejerda

Les mesures structurelles appliquées dans les zones basses visent essentiellement à

atténuer les dégâts causés par les crues, à sauvegarder les terres agricoles vastes, étendues, et les plus basses le long de la Mejerda, et à conserver les vestiges historiques (le barrage d'El Battane datant du 17^{ème} Siècle) dont la destruction ou le transfert semble difficile. De même pour ces deux régions, les bruits et les vibrations durant la construction provoqueraient des impacts négatifs moyens en ce qui concerne les mesures appliquées pour les zones basses, notamment les villes d'El Battane, de Jedeida et d'El Mabtough. Quant au bassin de retardement à El Mabtough, tous les impacts négatifs sont de faible portée. Les impacts positifs de ces mesures concerneront l'augmentation de revenu des riverains qui peuvent être embauchés au cours de la construction.

Les résultats de l'EIE a abouti à la conclusion et les recommandations suivantes :

- (a) Concernant travaux de régulation de la Rivière projetés dans les zones hautes, les travaux d'amélioration de régulation de Mellègue sont recommandés parce qu'ils causent le moins d'impacts négatifs environnementaux et sociaux en raison de sa petite échelle. Tous les autres travaux sont recommandables parce que leurs impacts négatifs peuvent être maîtrisés par le biais de mesures adéquates d'atténuation et de surveillance appropriées.
- (b) Quant aux travaux de régulation de la Rivière projetés dans la zone moyenne, tous les travaux sont recommandables considérant que les mesures d'atténuation et de surveillance appropriée peuvent atténuer leurs impacts de moyenne portée.
- (c) Ce qui précède peut être répété pour les travaux de régulation de la Rivière projetés dans les zones basses.

13.3 Evaluation technique

- (1) L'eau est une ressource précieuse et limitée en Tunisie et il n'y a même pas de goutte d'eau à gaspiller. Par conséquent, l'Etat a développé un plan national de gestion des eaux, en mettant l'accent sur l'utilisation des eaux. Dans ce contexte, pour le plan directeur de la maîtrise des crues élaboré dans l'étude, on a recherché une harmonie avec le plan d'utilisation des eaux à l'oued Mejerda ayant pour priorité la réalisation de l'alimentation en eau, en respectant la sécurité requise. Parce que les risques dus à l'alimentation en eau et ceux causés par le maîtrise des crues sont en position de compromis.
- (2) Comme une protection absolue contre les crues n'est faisable ni techniquement ni économiquement ni environnementalement, le plan directeur de maîtrise des crues proposé a intégré non seulement les mesures structurelle mais aussi celles non structurelle d'une manière appropriée, ayant pour but de minimiser les dommages causés par les crues. Les mesures structurelles visent à prévenir l'inondation jusqu'au niveau de crue de projet des mesures, tandis que les mesures non structurelles cible ont pour objectif de réduire les dommages des crues à cause de l'excès de celles-ci dépassant la crue de projet. En outre, les mesures non structurelles sont planifiés pour assumer les tâches afin de renforcer les effets de prévention des crues dans les mesures structurelles. Autrement dit, le plan de maîtrise des crues proposé a dûment envisagé que les mesures structurelles et non structurelles devaient être

réciroquement complémentaires d'une manière effective pour leur accomplissement parfaite et permanente.

- (3) Les mesures de maîtrise des crues avec un plan directeur ont été en principe élaborées en utilisant de préférence les connaissances et les approches des techniques conventionnelles appliquées communément dans les projets de maîtrise des crues normales. Par conséquent, il n'y a pas de difficultés unsurmontables au point de vue technique pendant l'exécution du projet et ses stades de fonctionnement et de maintenance.
- (4) Les mesures de maîtrise des crues ci-dessus, particulièrement les projets d'amélioration des rivières et de renforcement du FFWS existant, ont reflété de façon satisfaisant les opinions et les souhaits des techniques, obtenus grâce à l'enquête par interviews sur l'acceptation publique des risques de crues et à deux réunions des parties prenantes organisées dans le cadre de l'étude, avec la participation des habitants ayant subi réellement les dommages graves causés par les dernières crues.
- (5) Dans l'étude du projet d'amélioration des rivières, on a proposé une méthode de construction de protection des rives, confectionnée avec le bois, ce qui est répandu très largement au Japon comme une façon de protection traditionnelle des rives. Cette méthode de construction peut être applicable à l'oued Mejerda avec des bois appelés 'Tamarix' qui poussent avec un gros tronc dans les canaux supérieurs de l'oued Mejerda.

Si cette méthode est réellement utilisable avec Tamarix, le coût de la protection des rives peut être considérablement réduit pendant la période de maintenance. De plus, les habitants souhaitant protéger leur propre terre de l'érosion des rives seront capables de fabriquer eux-mêmes la protection avec Tamarix, s'ils apprennent le savoir-faire de sa confection. Par conséquent, les travaux de maintenance des canaux de rivière pourront être effectués avec une approche participative des habitants locaux dans certains cas, si un mécanisme d'exécution est créé entre les CRDAs et les villes/villages concernés.

13.4 Conclusion et recommandations

Les projets proposés dans le plan directeur ont été élaborés pour résoudre d'une manière efficace les problèmes relatifs aux inondations dans la rivière Mejerda, dont les thèmes majeurs sont repris ci-dessous et leur réalisation prendra fin vers l'année cible de 2030. Ce plan directeur est attesté d'alléger les dégâts considérables qui ont été vécus durant les années récentes et d'être réalisable sur les plans technique, économique et environnemental.

- (1) Les mesures structurelles
 - 1-1 Projet concernant les fonctionnalités de de régulation des inondations des réservoirs,
 - 1-2 Projet d'amélioration de la rivière,
- (2) Les mesures non-structurelles
 - 2-1 Projet concernant le renforcement de prévision des crues et du système d'alarme,

2-2 Projet pour le renforcement les opérations d'évacuation et du système de lutte contre les inondations,

2-3 Projet de développement des capacités organisationnelles, et

2-4 Projet de régulation/gestion de la plaine inondable.

En prenant en considération les conditions dévastatrices dans la zone d'étude qui a souffert des méfaits des inondations causés par la faiblesse actuelle de la capacité d'écoulement dans les canaux de la rivière, il est vivement recommandé de mettre en œuvre sans tarder les projets recommandés pour les principaux impacts positifs qui s'en découleront et qui sont les suivants :

- Atténuation des pertes dues à la stagnation des eaux des inondations pendant de longues périodes dans la zone du projet,
- Revigoration de l'économie locale,
- Amélioration des conditions de vie environnantes,
- Décongestion des conditions de circulation, et
- Eviter les inondations de longue durée et les dangers sur la santé.

Tableaus

Tableau 1.5.1 Liste des membres de l'équipe d'étude de la JICA et le personnel homologue Tunisien

Positions		Membres de l'équipe d'étude de la JICA	Personnel Homologue Tunisien
1	Chef d'équipe/Gestion intégrée des bassins	Koji KAWAMURA	Dr. Louati M.H.
2	Chef d'équipe adjoint/Mesures de contrôle des inondations	Yoshihiro MOTOKI	
3	Hydraulique/hydrologie/analyse des débits et des sédiments	Natsuko TOTSUKA	Dr. Bergaoui M. et Mme Abid
4	Fonctionnement des systèmes de fourniture d'eau	Robert DESPAULT	Dr. Louati et un représentant de I INAT
5	Planification des rivières/Fonctionnement des réservoirs	Petr JIRINEC	Mr. Bel Haj et un représentant de I INAT
6	Prévisions des inondations et évacuation/Plan de protection contre les inondations	Hikaru SUGIMOTO	Mr. Saadaoui et Dr. Mahjoub
7	Conception des infrastructures/Estimations des coûts	Atsuro TAKAOKA	Mr. Belgaied T.
8	Organisation/Institution/Fonctionnement & Maintenance	Yukihiro MIZUTANI	Mr. Daoud A.
9	Economie/Finance	Takeshi YAMASHITA	Mr. El Euch M.L.
10	Considérations environnementales et sociales	Massamba GUEYE	Mme Messai
11	Coordinatrice/Conservation des bassins	Yukari NAGATA/Syunsaku OKAMOTO / Masahito MIYAGAWA	Un représentant de la DGAFTA

Tableau 3.3.1 Résumé de l'enquête sur de l'exploitation et de la maintenance (1/2)

Item	Total Number In The Inventory	O&M Data Sheets Collected	O&M Responsibility
Rain gauging	183	20 main stations	CRDA/MARH
O&M Budget	O&M Schedule	Typical Problems	Recent Upgrades
<ul style="list-style-type: none"> 500 TDN per station/year 	<ul style="list-style-type: none"> inspected at 2 month intervals power supply maintained at 6 month intervals 	<ul style="list-style-type: none"> rainwater collection system plugged with dirt power supply system and solar panel damaged serious lack of maintenance caused by shortage of manpower and funds 	<ul style="list-style-type: none"> automation and GSM telemetry in 2003/2004 for improved data acquisition and early flood warning 3000 TDN/station

Item	Total Number In The Inventory	O&M Data Sheets Collected	O&M Responsibility
Stream gauging	71	22 main stations	CRDA/MARH
O&M Budget	O&M Schedule	Typical Problems	Recent Upgrades
<ul style="list-style-type: none"> 1200 TDN per station/year 	<ul style="list-style-type: none"> inspected at 2 month intervals by CRDA inspected at 6 month intervals by DGRE power supply maintained at 6 month intervals 	<ul style="list-style-type: none"> water level probes and data loggers damaged by floodwater power outages resulting in loss of data acquisition insufficient storage space when data loggers are not downloaded at the required interval resulting in loss of data acquisition 	<ul style="list-style-type: none"> automation and GSM telemetry in 2003/2004 for improved data acquisition and early flood warning 5000 TDN/station

Item	Total Number In The Inventory	O&M Data Sheets Collected	O&M Responsibility
Large dams	8 existing	8	6 dams DGBGTH/MARH and 2 dams SONEDE
O&M Budget	O&M Schedule	Typical Problems	Recent Upgrades
<ul style="list-style-type: none"> dam monitoring approx. 10000 TDN per year per dam bathymetric survey: 50,000 TDN per dam operating budget unreported 	<ul style="list-style-type: none"> yearly monitoring program for dam safety bathymetric surveys at 5 year intervals no information on scheduled preventive maintenance 	<ul style="list-style-type: none"> leaking gates and valves corrosion failure of motorized valve operators and controls damaged concrete on spillways and abutments 	<ul style="list-style-type: none"> planned repair/replacement of gates, valves and electrical control equipment as required planned repairs to concrete and hydraulic structures as required budget for planned repair activities varies from year to year 10,000 to 60,000 TDN per dam

Tableau 3.3.1 Résumé de l'enquête sur de l'exploitation et de la maintenance (2/2)

Item	Total Number In The Inventory	O&M Data Sheets Collected	O&M Responsibility
Control structures	13	2: Laroussia and Tobias	CRDA/ SECADENORD
O&M Budget	O&M Schedule	Typical Problems	Recent Upgrades
<ul style="list-style-type: none"> unreported 	<ul style="list-style-type: none"> no information on scheduled preventive maintenance 	<ul style="list-style-type: none"> sedimentation corrosion failure of motorized valve operators and controls 	<ul style="list-style-type: none"> planned repair/replacement of gates, valves and electrical control equipment as required planned repairs to concrete and hydraulic structures as required dredging corrosion protection for dam sheet piles budget for planned repair activities varies from year to year 10,000 to 60,000 TDN per dam

Item	Total Number In The Inventory	O&M Data Sheets Collected	O&M Responsibility
Levees	5 locations	1 at Pont Bizerte	CRDA/MARH
O&M Budget	O&M Schedule	Typical Problems	Recent Upgrades
<ul style="list-style-type: none"> unreported 	<ul style="list-style-type: none"> inspected about 5 times per year based on flow conditions in river 	<ul style="list-style-type: none"> erosion overtopping man-made breach 	<ul style="list-style-type: none"> repairs to existing levee at Kalaat Andalous in 3 successive years: <ul style="list-style-type: none"> 2005: 5km : 50000 TDN 2006: 7km : 60000 TDN 2007: 10km : 80000 TDN

Item	Total Number In The Inventory	O&M Data Sheets Collected	O&M Responsibility
Small hill dams	68	35	CRDA/CES/MARH
Check dams	496	16	
O&M Budget	O&M Schedule	Typical Problems	Recent Upgrades
<ul style="list-style-type: none"> unreported 	<ul style="list-style-type: none"> inspected monthly and after every large rainfall bottom outlet opened to discharge sediment during peak inflows 	<ul style="list-style-type: none"> erosion of spillway and reservoir embankment sedimentation deposits in the bottom outlet pipe 	<ul style="list-style-type: none"> planned repairs to gates, outlet piping and surrounding earth embankments

Tableau 4.1.1 Hauteur des précipitations Annual, 2 ans et 3 ans (dans le bassin de la Medjerda)

(1) Annual Rainfall

Year	Annual Rainfall* (mm/y)	% to Average	Rainfall deficit	% to Average	Meterological Droughts						
					a	b (a/Ave.)	c (a-Ave.)	d (c/Ave.)	-50%<d<-30%		d<-50%
									dry	very dry	
1968/1969	389.9	77.6	-112.4	-0.22							
1969/1970	691.4	137.6	189.1	0.38							
1970/1971	563.2	112.1	60.9	0.12							
1971/1972	603.0	120.0	100.7	0.20							
1972/1973	721.1	143.6	218.8	0.44							
1973/1974	390.1	77.7	-112.2	-0.22							
1974/1975	482.5	96.1	-19.8	-0.04							
1975/1976	565.0	112.5	62.7	0.12							
1976/1977	470.5	93.7	-31.8	-0.06							
1977/1978	429.0	85.4	-73.3	-0.15							
1978/1979	419.1	83.4	-83.2	-0.17							
1979/1980	484.6	96.5	-17.7	-0.04							
1980/1981	510.5	101.6	8.2	0.02							
1981/1982	512.5	102.0	10.2	0.02							
1982/1983	460.1	91.6	-42.2	-0.08							
1983/1984	452.8	90.1	-49.5	-0.10							
1984/1985	515.8	102.7	13.5	0.03							
1985/1986	378.8	75.4	-123.5	-0.25							
1986/1987	635.5	126.5	133.2	0.27							
1987/1988	347.0	69.1	-155.3	-0.31	dry						
1988/1989	352.8	70.2	-149.5	-0.30							
1989/1990	412.9	82.2	-89.4	-0.18							
1990/1991	637.5	126.9	135.2	0.27							
1991/1992	569.2	113.3	66.9	0.13							
1992/1993	417.3	83.1	-85.0	-0.17							
1993/1994	316.3	63.0	-186.0	-0.37	dry						
1994/1995	358.6	71.4	-143.7	-0.29							
1995/1996	676.1	134.6	173.8	0.35							
1996/1997	376.7	75.0	-125.6	-0.25							
1997/1998	569.5	113.4	67.2	0.13							
1998/1999	515.3	102.6	13.0	0.03							
1999/2000	412.8	82.2	-89.5	-0.18							
2000/2001	464.9	92.6	-37.4	-0.07							
2001/2002	350.2	69.7	-152.1	-0.30	dry						
2002/2003	779.9	155.3	277.6	0.55							
2003/2004	701.0	139.6	198.7	0.40							
2004/2005	628.2	125.1	125.9	0.25							
2005/2006	526.5	104.8	24.2	0.05							
Ave.	502.3	100.0									
Max.	779.9	155.3									
Min.	316.3	63.0									

(2) 2 and 3 Year Rainfall

Year	2 year	3 year
	Rain (mm)	Rain (mm)
1968/1969		
1969/1970	1081.3	
1970/1971	1254.6	1644.5
1971/1972	1166.2	1857.6
1972/1973	1324.1	1887.3
1973/1974	1111.2	1714.2
1974/1975	872.6	1593.7
1975/1976	1047.5	1437.6
1976/1977	1035.5	1518.0
1977/1978	899.5	1464.5
1978/1979	848.1	1318.6
1979/1980	903.7	1332.7
1980/1981	995.1	1414.2
1981/1982	1023.0	1507.6
1982/1983	972.6	1483.1
1983/1984	912.9	1425.4
1984/1985	968.6	1428.7
1985/1986	894.6	1347.4
1986/1987	1014.3	1530.1
1987/1988	982.5	1361.3
1988/1989	699.8	1335.3
1989/1990	765.7	1112.7
1990/1991	1050.4	1403.2
1991/1992	1206.7	1619.6
1992/1993	986.5	1624.0
1993/1994	733.6	1302.8
1994/1995	674.9	1092.2
1995/1996	1034.7	1351.0
1996/1997	1052.8	1411.4
1997/1998	946.2	1622.3
1998/1999	1084.8	1461.5
1999/2000	928.1	1497.6
2000/2001	877.7	1393.0
2001/2002	815.1	1227.9
2002/2003	1130.1	1595.0
2003/2004	1480.9	1831.1
2004/2005	1329.2	2109.1
2005/2006	1154.7	1855.7
Ave.	1007.0	1503.1
Max.	1480.9	2109.1
Min.	674.9	1092.2

(3) Ranking of Annual, 2 Year and 3 Year Rainfall

from 1968/1969 to 2005/2006

Order	Annual Rain*		2 years Rain		3 years Rain	
	Year	mm/year	Year	mm in 2 years	Year	mm in 3 years
1	1993/1994	316.3	1994/1995	674.9	1994/1995	1092.2
2	1987/1988	347.0	1988/1989	699.8	1989/1990	1112.7
3	2001/2002	350.2	1993/1994	733.6	2001/2002	1227.9
4	1988/1989	352.8	1989/1990	765.7	1993/1994	1302.8
5	1994/1995	358.6	2001/2002	815.1	1978/1979	1318.6
6	1996/1997	376.7	1978/1979	848.1	1979/1980	1332.7
7	1985/1986	378.8	1974/1975	872.6	1988/1989	1335.3
8	1968/1969	389.9	2000/2001	877.7	1985/1986	1347.4
9	1973/1974	390.1	1985/1986	894.6	1995/1996	1351.0
10	1999/2000	412.8	1977/1978	899.5	1987/1988	1361.3
11	1989/1990	412.9	1979/1980	903.7	2000/2001	1393.0
12	1992/1993	417.3	1983/1984	912.9	1990/1991	1403.2
13	1978/1979	419.1	1999/2000	928.1	1996/1997	1411.4
14	1977/1978	429.0	1997/1998	946.2	1980/1981	1414.2
15	1983/1984	452.8	1984/1985	968.6	1983/1984	1425.4
16	1982/1983	460.1	1982/1983	972.6	1984/1985	1428.7
17	2000/2001	464.9	1987/1988	982.5	1975/1976	1437.6
18	1976/1977	470.5	1992/1993	986.5	1998/1999	1461.5
19	1974/1975	482.5	1980/1981	995.1	1977/1978	1464.5
20	1979/1980	484.6	1986/1987	1014.3	1982/1983	1483.1
21	1980/1981	510.5	1981/1982	1023.0	1999/2000	1497.6
22	1981/1982	512.5	1995/1996	1034.7	1981/1982	1507.6
23	1998/1999	515.3	1976/1977	1035.5	1976/1977	1518.0
24	1984/1985	515.8	1975/1976	1047.5	1986/1987	1530.1
25	2005/2006	526.5	1990/1991	1050.4	1974/1975	1593.7
26	1970/1971	563.2	1996/1997	1052.8	2002/2003	1595.0
27	1975/1976	565.0	1969/1970	1081.3	1991/1992	1619.6
28	1991/1992	569.2	1998/1999	1084.8	1997/1998	1622.3
29	1997/1998	569.5	1973/1974	1111.2	1992/1993	1624.0
30	1971/1972	603.0	2002/2003	1130.1	1970/1971	1644.5
31	2004/2005	628.2	2005/2006	1154.7	1973/1974	1714.2
32	1986/1987	635.5	1971/1972	1166.2	2003/2004	1831.1
33	1990/1991	637.5	1991/1992	1206.7	2005/2006	1855.7
34	1995/1996	676.1	1970/1971	1254.6	1971/1972	1857.6
35	1969/1970	691.4	1972/1973	1324.1	1972/1973	1887.3
36	2003/2004	701.0	2004/2005	1329.2	2004/2005	2109.1
37	1972/1973	721.1	2003/2004	1480.9		
38	2002/2003	779.9				

Note : * Arithmetic mean of 82 stations in the Mejerda Basin

Tableau 4.1.2 Débit annuelle maximale

Station		Ghardimaou (1 490 km2)			Jendouba (2 414 km2)			Bou Salem (16 483 km2)			Mejez El Bab (21 185 km2)			K13 (9 000 km2)				
Year (Année)	Dam started Operation (installation des barrages)	Date	Q annual max (instant.) m3/s	Source	Date	Q annual max (instant.) m3/s	Source	Date	Q annual max (instant.) m3/s	Source	Date	Q annual max (instant.) m3/s	Source	Date	Q annual max (instant.) m3/s	Source		
1897/1898					1898/3/8	724	1											
1898/1899					1899/3/14	88.4	1											
1899/1900					1900/1/21	521	1											
1900/1901					1900/1/13	275	1											
1901/1902					1902/4/24	142	1											
1902/1903					1903/3/31	136	1											
1903/1904					1904/1/28	184	1											
1904/1905					1905/2/19	94.3	1											
1905/1906					1906/2/8	508	1											
1906/1907					1907/2/17	1610	1											
1907/1908					1908/3/23	639	1											
1908/1909					1908/12/22	508	1											
1909/1910					1910/2/12	355	1											
1910/1911					1910/2/12	159	1											
1911/1912					1911/11/13	105	1											
1912/1913					1913/2/23	617	1											
1913/1914					1914/2/15	171	1											
1914/1915					1915/4/13	199	1											
1915/1916					1915/12/16	203	1											
1916/1917					1916/11/27	405	1											
1917/1918					1917/11/29	191	1											
1918/1919					1919/1/28	292	1											
1919/1920					1920/2/4	159	1											
1920/1921					1921/4/8	125	1											
1921/1922					1922/2/25	381	1											
1922/1923																		
1923/1924					1924/1/3	123	1								80	8		
1924/1925					1924/12/10	168	1							1925/8/16	118	1		
1925/1926					1926/2/12	251	1		1925/9/29	452	1			1926/8/28	253	1		
1926/1927					1927/1/11	342	1		1927/1/10	431	1			1927/5/6	388	1		
1927/1928					1928/4/4	285	1		1928/4/4	1220	1			1928/5/3	1270	1		
1928/1929					1929/2/18	488	1		1929/3/27	1760	1			1928/9/15	460	1		
1929/1930					1930/2/17	114	1							1930/2/16	317	1		
1930/1931					1931/2/10	311	1		1931/2/10	578	1			1931/4/14	1030	1		
1931/1932					1931/12/14	488	1		1931/12/14	2060	1			1931/12/13	341	1		
1932/1933					1933/1/23	177	1		1933/1/23	496	1			1932/9/28	371	1		
1933/1934					1934/3/5	206	1		1934/3/6	307	1			1934/4/25	277	1		
1934/1935					1935/1/3	709	1		1935/1/3	894	1			1934/11/26	186	1		
1935/1936					1936/2/15	168	1		1935/9/15	150	1			1935/9/15	425	1		
1936/1937					1936/11/16	342	1		1936/11/16	1420	1			1936/11/15	520	1		
1937/1938					1938/2/5	140	1		1938/2/5	310	1			1938/8/27	939	1		
1938/1939					1939/2/28	268	1		1939/2/5	566	1			1939/4/16	559	1		
1939/1940					1940/1/26	1400	1		1940/1/26	1780	1			1940/1/26	98.4	1		
1940/1941					1941/2/9	140	1		1941/5/24	231	1			1941/5/23	283	1		
1941/1942					1942/3/1	1130	1		1942/3/1	943	1			1941/10/3	1060	1		
1942/1943					1944/2/17	91.6	1		1943/4/25	150	1			1942/9/18	127	1		
1943/1944									1943/1/6	351	1			1943/11/5	825	1		
1944/1945					1945/2/7	209	1		1944/9/10	196	1			1944/9/9	431	1		
1945/1946					1946/3/18	342	1		1946/1/27	743	1			1946/1/27	863	1		
1946/1947					1946/12/17	626	1		1946/12/17	911	1			1947/8/25	412	1		
1947/1948					1947/10/12	80.8	1		1947/10/11	1700	1		1947/10/12	1280	1	1948/2/28	2000	1
1948/1949					1949/1/16	331	1		1949/1/7	718	1		1948/11/13	891	1	1949/1/8	923	1
1949/1950		1950/3/4	185	1	1950/3/5	162	1		1950/3/5	383	1		1950/3/5	310	1	1950/4/16	398	1
1950/1951		1951/1/30	82.9	1					1951/5/6	191	1		1951/5/7	158	1	1951/6/2	569	1
1951/1952		1951/12/30	372	1					1951/12/31	651	1		1951/10/6	561	1	1951/10/5	1000	1
1952/1953		1953/1/28	504	1					1952/12/7	904	1		1952/12/8	981	1	1953/8/5	493	1
1953/1954		1953/11/5	324	1					1954/2/22	478	1		1954/2/22	496	1	1953/10/21	244	1
1954/1955		1955/2/8	350	1					1954/12/15	322	1		1954/12/15	298	1	1955/8/25	548	1
1955/1956		1956/2/8	226	1					1956/2/8	465	1		1956/2/8	612	1	1955/10/24	1060	1
1956/1957		1957/1/27	150	1					1957/2/3	255	1		1957/1/24	241	1	1957/5/2	446	1
1957/1958		1958/1/18	330	1					1958/1/15	515	1		1957/11/17	632	1	1957/10/6	3340	1
1958/1959		1959/4/2	660	1					1959/3/14	1140	1		1959/3/15	1490	1	1959/6/7	1070	1
1959/1960		1960/5/5	210	1					1960/5/6	254	1		1960/5/7	202	1	1960/5/5	336	1
1960/1961		1961/1/27	112	1					1961/1/28	337	1		1961/1/28	255	1	1960/10/5	297	1
1961/1962		1962/2/19	412	1					1962/2/13	603	1		1962/2/13	675	1	1962/2/13	300	1
1962/1963		1963/4/20	529	1					1963/4/21	672	1		1963/4/21	746	1	1963/6/24	418	1
1963/1964		1964/1/30	266	1					1964/1/30	587	1		1964/1/31	756	1	1963/9/6	720	1
1964/1965		1965/1/22	282	1					1965/1/22	449	1		1964/10/31	686	1	1964/10/31	1230	1
1965/1966		1966/4/23	188	1					1966/4/23	685	1		1966/4/24	768	1	1966/5/14	392	1
1966/1967		1967/3/21	93.5	1					1967/3/9	119	1		1967/2/10	186	1	1967/4/22	627	1
1967/1968		1967/12/13	165	1					1968/1/23	167	1		1968/1/22	348	1	1967/9/12	950	1
1968/1969		1969/1/4	58.2	1	1969/1/4	106	1		1969/1/4	118	1		1969/1/5	268	1	1969/3/26	130	1
1969/1970		1969/12/25	650	1	1969/12/25	508	1		1969/9/28	1490	1		1969/9/28	1440	1	1969/9/27	4480	1
1970/1971			236	1		220	1			381	1			545	1	199	1	
1971/1972			185	1		314	1			174	1			296	1	190	1	
1972/1973			2370	1		2420	1			3180	1			3500	1	1280	1	
1973/1974			48	1		61	1			86	1			212	1	315	1	
1974/1975			518	1		724	1			620	1			689	1	1350	1	
1975/1976			167	1		221	1			210	1			428	1	775	1	
1976/1977			1013	1		970	1			743	1			880	1	519	8	
1977/1978																472	8	
1978/1979									1979/4/18	410	2,3					1350	8	
1979/1980									1979/1/14	484	2,3					487	8	
1980/1981									1981/2/7	145	2,3					381	8	
1981/1982									1982/3/23	211	2,3					544	8	
1982/1983									1982/12/27	327	2,3					1120	8	
1983/1984									1984/2/5	583	2,3					415	8	
1984/1985									1985/1/1	917	2,3					485	8	
1985/1986									1986/3/16	81	2,3					365	8	
1986/1987		1987/4/14	350	3	1987/2/14	415	3		1987/2/14	788	2,3					441	8	
1987/1988		1988/3/9	51.3	3	1988/3/7	123	3		1988/3/7	152	2,3					881	8	
1988/1989		1989/2/16	51.3	3	1989/2/16	31	3		1988/10/7	321	2,3					1240	8	
1989/1990		1989/10/8	10.8	3	1990/3/24	16.2	2		1989/9/3	320	2,3							
1990/1991		1991/3/19	382	3	1990/11/17	425	3		1990/11/17	595	2,3	1991/1/29	304	3	1990/11/16	971	3	
1991/1992		1992/5/25	300	3	1992/4/11	653	3		1992/5/26	776	2,3					1300	8	
1992/1993		1993/1/1	123	2,3	1993													

Tableau A4.4.1 Apport annuel, deux année consécutive et trois année consécutive

(a) Chronicled Inflow

year	Inflow					
	1 year	% of ave	Consecutive years		Interval 2 years	Interval 3 years
	Year	%	2 years	3 years	M m3	M m3
	M m3		M m3	M m3		
1946	2631.3	137.6				
1947	1690.7	88.4	4322.0			
1948	3351.5	175.3	5042.2	7673.5	5042.2	
1949	1950.6	102.0	5302.0	6992.7		6992.7
1950	1228.6	64.3	3179.2	6530.7	3179.2	
1951	3051.8	159.6	4280.5	6231.0		
1952	3093.2	161.8	6145.0	7373.7	6145.0	7373.7
1953	3114.0	162.9	6207.1	9259.0		
1954	1189.4	62.2	4303.3	7396.5	4303.3	
1955	2824.6	147.7	4013.9	7127.9		7127.9
1956	1840.5	96.3	4665.1	5854.5	4665.1	
1957	2783.1	145.6	4623.6	7448.2		
1958	2885.2	150.9	5668.2	7508.8	5668.2	7508.8
1959	1849.5	96.7	4734.7	7517.8		
1960	1044.0	54.6	2893.6	5778.7	2893.6	
1961	1336.9	69.9	2381.0	4230.5		4230.5
1962	2328.1	121.8	3665.1	4709.1	3665.1	
1963	1754.1	91.7	4082.2	5419.2		
1964	2528.3	132.2	4282.4	6610.5	4282.4	6610.5
1965	1531.0	80.1	4059.2	5813.3		
1966	1327.3	69.4	2858.3	5386.5	2858.3	
1967	1261.0	65.9	2588.3	4119.2		4119.2
1968	853.9	44.7	2114.9	3442.1	2114.9	
1969	4208.5	220.1	5062.3	6323.3		
1970	2150.7	112.5	6359.1	7213.0	6359.1	7213.0
1971	1950.8	102.0	4101.4	8309.9		
1972	5212.8	272.6	7163.6	9314.2	7163.6	
1973	1059.6	55.4	6272.4	8223.1		8223.1
1974	1653.8	86.5	2713.3	7926.2	2713.3	
1975	1657.6	86.7	3311.4	4371.0		
1976	1609.0	84.2	3266.7	4920.5	3266.7	4920.5
1977	1648.5	86.2	3257.6	4915.2		
1978	1502.3	78.6	3150.8	4759.9	3150.8	
1979	1641.5	85.8	3143.8	4792.3		4792.3
1980	2570.4	134.4	4211.9	5714.2	4211.9	
1981	2030.5	106.2	4600.9	6242.4		
1982	2012.6	105.3	4043.0	6613.4	4043.0	6613.4
1983	1804.6	94.4	3817.2	5847.7		
1984	2355.3	123.2	4160.0	6172.5	4160.0	
1985	1004.3	52.5	3359.7	5164.3		5164.3
1986	2713.6	141.9	3717.9	6073.2	3717.9	
1987	965.2	50.5	3678.7	4683.1		
1988	616.9	32.3	1582.1	4295.7	1582.1	4295.7
1989	789.1	41.3	1406.0	2371.2		
1990	2670.4	139.7	3459.5	4076.4	3459.5	
1991	1066.0	55.8	3736.4	4525.5		4525.5
1992	985.9	51.6	2051.9	4722.3	2051.9	
1993	504.4	26.4	1490.3	2556.3		
1994	714.2	37.4	1218.6	2204.5	1218.6	2204.5
1995	2446.6	128.0	3160.8	3665.2		
1996	649.6	34.0	3096.2	3810.5	3096.2	
1997	1785.1	93.4	2434.8	4881.4		4881.4

Max 5212.81
Min 504.43
Mean 1912.08
Media 1769.61

(b) Ranking

Rank	1 year						2 years (interval)						**One cycle once in N years
	N=	52	Thomas		% of ave	N=	25	Thomas		interval (2 yrs)			
	Year	Inflow	T	F	%	Year	Inflow	T	F	*			
	M m3					M m3							
1	1993	504.43	0.9811	0.0189	26.4	1994	1218.6	0.9615	0.0385	1/26.0	52.0		
2	1988	616.93	0.9623	0.0377	32.3	1988	1582.1	0.9231	0.0769	1/13.0	26.0		
3	1996	649.65	0.9434	0.0566	34.0	1992	2051.9	0.8846	0.1154	1/8.7	17.3		
4	1994	714.21	0.9245	0.0755	37.4	1968	2114.9	0.8462	0.1538	1/6.5	13.0		
5	1989	789.09	0.9057	0.0943	41.3	1974	2713.3	0.8077	0.1923	1/5.2	10.4		
6	1968	853.88	0.8868	0.1132	44.7	1966	2858.3	0.7692	0.2308	1/4.3	8.7		
7	1987	965.16	0.8679	0.1321	50.5	1960	2893.6	0.7308	0.2692	1/3.7	7.4		
8	1992	985.85	0.8491	0.1509	51.6	1996	3096.2	0.6923	0.3077	1/3.3	6.5		
9	1985	1004.34	0.8302	0.1698	52.5	1978	3150.8	0.6538	0.3462	1/2.9	5.8		
10	1960	1044.04	0.8113	0.1887	54.6	1950	3179.2	0.6154	0.3846	1/2.6	5.2		
11	1973	1059.56	0.7925	0.2075	55.4	1976	3266.7	0.5769	0.4231	1/2.4	4.7		
12	1991	1066.03	0.7736	0.2264	55.8	1990	3459.5	0.5385	0.4615	1/2.2	4.3		
13	1954	1189.39	0.7547	0.2453	62.2	1962	3665.1	0.5000	0.5000	1/2.0	4.0		
14	1950	1228.63	0.7358	0.2642	64.3	1986	3717.9	0.4615	0.5385	1/1.9	3.7		
15	1967	1260.97	0.7170	0.2830	65.9	1982	4043.0	0.4231	0.5769	1/1.7	3.5		
16	1966	1327.29	0.6981	0.3019	69.4	1984	4160.0	0.3846	0.6154	1/1.6	3.3		
17	1961	1336.94	0.6792	0.3208	69.9	1980	4211.9	0.3462	0.6538	1/1.5	3.1		
18	1978	1502.29	0.6604	0.3396	78.6	1964	4282.4	0.3077	0.6923	1/1.4	2.9		
19	1965	1530.99	0.6415	0.3585	80.1	1954	4303.3	0.2692	0.7308	1/1.4	2.7		
20	1976	1609.05	0.6226	0.3774	84.2	1956	4665.1	0.2308	0.7692	1/1.3	2.6		
21	1979	1641.50	0.6038	0.3962	85.8	1948	5042.2	0.1923	0.8077	1/1.2	2.5		
22	1977	1648.53	0.5849	0.4151	86.2	1958	5668.2	0.1538	0.8462	1/1.2	2.4		
23	1974	1653.79	0.5660	0.4340	86.5	1952	6145.0	0.1154	0.8846	1/1.1	2.3		
24	1975	1657.62	0.5472	0.4528	86.7	1970	6359.1	0.0769	0.9231	1/1.1	2.2		
25	1947	1690.69	0.5283	0.4717	88.4	1972	7163.6	0.0385	0.9615	1/1.0	2.1		
26	1963	1754.11	0.5094	0.4906	91.7								
27	1997	1785.12	0.4906	0.5094	93.4								
28	1983	1804.64	0.4717	0.5283	94.4	Typica	2088.1	0.115	1/8.7	17.4			
29	1956	1840.54	0.4528	0.5472	96.3								
30	1959	1849.52	0.4340	0.5660	96.7								
31	1949	1950.55	0.4151	0.5849	102.0								
32	1971	1950.75	0.3962	0.6038	102.0								
33	1982	2012.56	0.3774	0.6226	105.3								
34	1981	2030.46	0.3585	0.6415	106.2								
35	1970	2150.67	0.3396	0.6604	112.5								
36	1962	2328.13	0.3208	0.6792	121.8								
37	1984	2355.34	0.3019	0.6981	123.2								
38	1995	2446.60	0.2830	0.7170	128.0								
39	1964	2528.25	0.2642	0.7358	132.2								
40	1980	2570.40	0.2453	0.7547	134.4								
41	1946	2631.33	0.2264	0.7736	137.6								
42	1990	2670.37	0.2075	0.7925	139.7								
43	1986	2713.57	0.1887	0.8113	141.9								
44	1957	2783.07	0.1698	0.8302	145.6								
45	1955	2824.55	0.1509	0.8491	147.7								
46	1958	2885.17	0.1321	0.8679	150.9								
47	1951	3051.84	0.1132	0.8868	159.6								
48	1952	3093.18	0.0943	0.9057	161.8								
49	1953	3113.96	0.0755	0.9245	162.9								
50	1948	3351.47	0.0566	0.9434	175.3								
51	1969	4208.47	0.0377	0.9623	220.1								
52	1972	5212.81	0.0189	0.9811	272.6								

Max 5212.81
Min 504.43
Mean 1912.08
Median 1769.61

Typical drought 1960	1044.0	Million m3
% of average	54.6	%

Rank	3 years (interval)						**One cycle once in N years
	N=	17	Thomas		interval (3 yrs)	++One	
	Year	Inflow	T	F	+	cycle once	
	M m3					in N years	
1994	2204.5	0.9444	0.0556	1/18.0	54.0		
1967	4119.2	0.8889	0.1111	1/9.0	27.0		
1961	4230.5	0.8333	0.1667	1/6.0	18.0		
1988	4295.7	0.7778	0.2222	1/4.5	13.5		
1991	4525.5	0.7222	0.2778	1/3.6	10.8		
1979	4792.3	0.6667	0.3333	1/3.0	9.0		
1997	4881.4	0.6111	0.3889	1/2.6	7.7		
1976	4920.5	0.5556	0.4444	1/2.3	6.8		
1985	5164.3	0.5000	0.5000	1/2.0	6.0		
1964	6610.5	0.4444	0.5556	1/1.8	5.4		
1982	6613.4	0.3889	0.6111	1/1.6	4.9		
1949	6992.7	0.3333	0.6667	1/1.5	4.5		
1955	7127.9	0.2778	0.7222	1/1.4	4.2		
1970	7213.0	0.2222	0.7778	1/1.3	3.9		
1952	7373.7	0.1667	0.8333	1/1.2	3.6		
1958	7508.8	0.1111	0.8889	1/1.1	3.4		
1973	8223.1	0.0556	0.9444	1/1.1	3.2		

Typical	3132.1	0.09	1/11.1	33.3
---------	--------	------	--------	------

approximate
+ The amount might not exceeds once in X cycles of 2 years
++This 3 year cycle could occur in average once in N years

Tableau 5.1.1 Rendement de réservoir et échancier de mise en oeuvre

Barrage	Rendement de réservoir 10 ⁶ m ³	Présence (+) ou absence (-) du barrage			
		2005	2010	2015-20	2025-30
1. Extrême Nord					
Zerga	19	+	+	+	+
Sidi El Barrak	167	+	+	+	+
Sejnane	80	+	+	+	+
Joumine	74	+	+	+	+
Ghezala	5.6	+	+	+	+
Kebir	24	-	+	+	+
El Moula	17	-	+	+	+
Ziatine	16	-	+	+	+
Gamgoum	6	-	-	+	+
Harka	7	-	-	+	+
Douimis	5	-	-	+	+
Melah	12	-	-	+	+
Tine	13	-	-	+	+
Total Yield 10 ⁶ m ³		345.6	402.6	445.6	445.6
2. Ben M'Tir et Kasseb					
Ben Metir	38	+	+	+	+
Kasseb	34	+	+	+	+
Total Yield 10 ⁶ m ³		72	72	72	72
3. Haute Medjerda					
Zouitina	80	+	+	+	+
Bou Heurtma	75	+	+	+	+
Mellegue	127	+	+	-	-
Mellila	25	-	-	+	+
Mellegue II	107	-	-	+	+
Sub-total 10 ⁶ m ³		282	282	287	287
4. Basse Medjerda					
Sidi Salem	348	+	+	+	+
Lakhmes	4.6	+	+	+	+
Siliana	26	+	+	+	+
R'Mil	7	+	+	+	+
Sarrath	13	-	-	+	+
Tessa	24	-	-	-	+
Beja	14	-	-	-	+
Khaled	13	-	-	-	+
Sous-total 10 ⁶ m ³		385.6	385.6	398.6	449.6
Total Mejerda 10 ⁶ m ³		739.6	739.6	757.6	808.6
Grand Total 10 ⁶ m ³		1085.2	1142.2	1203.2	1254.2

Source: Rendements fournis par le MARH. Le rendement représente la quantité d'eau qui peut être prélevée annuellement d'un réservoir avec 20% de risque de déficit (i.e. 80% de garantie d'approvisionnement en eau)

Table 5.1.2 Calcul de l'actif volumes de stockage

Region	Name of dam	Year	2010			2020			2030			Siltation rate (10 ⁶ m ³ per year)	
		Storage Volume at HWL (Mm3)	Storage Volume at NWL (Mm3)	Dead Storage (Mm3)	Active Storage (Mm3)	Storage Volume at NWL (Mm3)	Dead Storage (Mm3)	Active Storage (Mm3)	Storage Volume at NWL (Mm3)	Dead Storage (Mm3)	Active Storage (Mm3)		
Extreme North	Kebir	65.7	64.40	10.60	53.80	64.40	12.70	51.70	64.40	14.80	49.60	0.21	Eau2000
	Zerga	34.8	22.00	2.00	20.00	22.00	3.28	18.72	22.00	4.56	17.44	0.13	Eau2000
	El Moula	26.3	26.30	7.40	18.90	26.30	9.40	16.90	26.30	11.40	14.90	0.20	Eau2000
	Sidi Barrak	325.0	264.50	39.16	225.34	264.50	57.66	206.84	264.50	76.16	188.34	1.85	Eau2000
	Ziatine	42.0	33.00	9.60	23.40	33.00	11.50	21.50	33.00	13.40	19.60	0.19	Eau2000
	Gangoum	21.2	-	-	-	18.30	4.90	13.40	18.30	5.07	13.23	0.02	Eau2000
	Harka	45.5	-	-	-	30.30	10.00	20.30	30.30	11.20	19.10	0.12	Eau2000
	Sejnane	165.7	137.50	23.92	113.58	137.50	34.42	103.08	137.50	44.92	92.58	1.05	Eau2000
	Douimis	58.0	-	-	-	45.60	4.60	41.00	45.60	5.52	40.08	0.09	Eau2000
	Melah	43.0	-	-	-	41.00	8.70	32.30	41.00	10.40	30.60	0.17	Eau2000
	Joumine	165.8	129.90	8.39	121.51	129.90	11.99	117.91	129.90	15.59	114.31	0.36	DBGTH actual
	Ghezala	16.5	11.70	0.97	10.73	11.70	1.17	10.53	11.70	1.37	10.33	0.02	DBGTH actual
Tine	54.5	-	-	-	34.00	3.20	30.80	34.00	3.84	30.16	0.06	Eau2000	
Mejerda River Basin Study Area	Zouitina	132.7	74.82	15.64	59.18	74.82	16.84	57.98	74.82	18.04	56.78	0.12	Eau2000
	Sarrath	48.53	20.95	0.47	20.48	20.95	4.57	16.38	20.95	8.67	12.28	0.41	study report DGB
	Mellegue	147.5	44.40	16.87	27.53	44.40	44.40	-	44.40	44.40	-	2.81	DBGTH actual
	Mellegue2	334.0	-	-	-	195.00	34.00	161.00	195.00	68.00	127.00	3.40	Eau2000
	Tessa	125.0	-	-	-	44.43	10.10	34.33	44.43	15.30	29.13	0.52	Eau2000
	Ben Metir	73.4	57.20	5.92	51.28	57.20	7.32	49.88	57.20	8.72	48.48	0.14	DBGTH actual
	Bou Heurtma	164.0	117.50	7.70	109.80	117.50	8.90	108.60	117.50	10.10	107.40	0.12	DBGTH actual
	Kasseb	92.6	81.88	19.86	62.02	81.88	21.86	60.02	81.88	23.86	58.02	0.20	DBGTH actual
	Beja	46.0	-	-	-	26.40	3.70	22.70	26.40	7.40	19.00	0.37	Eau2000
	Sidi Salem	959.5	814.00	170.90	643.10	814.00	215.90	598.10	814.00	260.90	553.10	4.50	Eau2000
	Khalled	37.0	-	-	-	34.00	9.50	24.50	34.00	12.70	21.30	0.32	Eau2000
	Lakhmes	8.4	7.22	0.18	7.04	7.22	1.30	5.92	7.22	1.60	5.62	0.03	Eau2000
Siliana	125.1	70.00	20.14	49.86	70.00	30.74	39.26	70.00	41.34	28.66	1.06	DBGTH actual	
Rmil	6.0	4.00	-	4.00	4.00	0.50	3.50	4.00	1.00	3.00	0.35	Note 1	

Note 1: The sedimentation rate reported by Eau2000 would fill the complete reservoir shortly after 2020.

R'Mil does not contribute to downstream demands therefore sedimentation rate has been assumed for clarity of presentation.

Tableau 5.1.3 Salinité cible des centres de demande

Code	Description	Nome	Salinité max g/litre
BA01	Agricultural demand	Mornag CMCB	1.50
BE01	Agricultural demand	Testour	2.00
BE02	Agricultural demand	Tebourba Mjez	2.00
BE05	Agricultural demand	Goubellat	2.00
BE07	Agricultural demand	Sidi Ismail	2.00
BE08	Agricultural demand	Nefza Ouechtata	2.00
BE10	Agricultural demand	Skhira	2.00
BE11	Agricultural demand	El-Herri	2.00
BI02	Agricultural demand	Utique	2.00
BI03	Agricultural demand	Tobias Bizerte	2.00
BI04	Agricultural demand	El Aalia Menzel Jmil	2.00
BI05	Agricultural demand	Cap Serrat	2.00
BI06	Agricultural demand	Ghezela	2.00
BI07	Agricultural demand	Teskraya	2.00
BI09	Agricultural demand	Sejenane (Sidi Barak)	2.00
BI10	Agricultural demand	Mateur	1.00
BI11	Agricultural demand	Ras Jebel - Ousja	1.00
BI12	Agricultural demand	Zouaouine	1.00
JE01	Agricultural demand	Bouhertma sect I et II	1.50
JE03	Agricultural demand	Bouhertma sect IV	1.50
JE04	Agricultural demand	Badrouna	2.00
JE07	Agricultural demand	Bouhertma sect VI	2.00
JE08	Agricultural demand	Sidi Shili	2.00
JE09	Agricultural demand	Tabarka Mekna	2.00
JE11	Agricultural demand	Bouhertma phase III	2.00
JE12	Agricultural demand	Hammam Bourguiba Fernana	2.00
KF02	Agricultural demand	Sidi Khiar	2.00
KF10	Agricultural demand	Nebeur	2.00
LA03	Agricultural demand	Kalaat Landlous	3.00
LA09	Agricultural demand	Borj Toumi Nouveau	3.00
LA34	Agricultural demand	Basse Vallée (ancien)	3.00
LA35	Agricultural demand	Tobias Ariana	3.00
NA03	Agricultural demand	Grombalia	1.50
NA04	Agricultural demand	Nouvelle Sauvegarde	1.50
NA06	Agricultural demand	Soliman-MI Bouzelfa	1.50
NA07	Agricultural demand	Korba Menzel Temim	1.50
NA08	Agricultural demand	Ancienne Sauvegarde	1.50
SL01	Agricultural demand	Lakhmes	1.00
SL02	Agricultural demand	Gaafour-Laroussia	1.00
SL09	Agricultural demand	Rmil	1.00
UBER	Urban water demand	Ville longeant le pipeline (Ben M'Tir)	1.50
UBIZ	Urban water demand	Bizerte	1.50
UCTU	Urban water demand	Tunis	1.50
UNAB	Urban water demand	Cap Bon (Nabeul)	2.50
USFA	Urban water demand	Sfax & Sidi Bouzid	1.50
USAK	Urban water demand	Sahel & Kairouan	1.50
EN02	Environmental demand	Lac Ichkeul	2.00

Tableau 5.5.1 Calcul du taux de Denudation

1	Nom du Barrage	Sidi Salem					
	Capacité au niveau normal d'eau (Mm ³)	814.0	Date des Mesures	Jun-87	Aug-89	Mar-91	Oct-98
	Surface du Bassin Versant en (km ²)	18191	Periode de temps t(année)	6.0	8.0	10.0	17.0
	Date de mise en Service	1981	Volume des Sédiments (Mm ³)	30.6	47.0	52.0	87.5
	Source de Données	① ②	Volume Annuel des Sédiments Md'(Mm ³ /yr)	5.1	5.9	5.2	5.1
			Volume Annuel Net des sédiments Md(Mm ³ /an)	3.3	3.8	3.4	3.3
			Taux de Dénudation (mm/an)	0.2	0.2	0.2	0.2
2	Nom du Barrage	Mellegue					
	Capacité au niveau normal d'eau (Mm ³)	270.0	Date des Mesures	Jun-75	May-80	Dec-91	Jun-00
	Surface du Bassin Versant en (km ²)	10309	Periode de temps t(année)	21.0	26.0	37.5	46.0
	Date de mise en Service	1954	Volume des Sédiments (Mm ³)	54.5	90.0	142.0	179.0
	Source de Données	① ②	Volume Annuel des Sédiments Md'(Mm ³ /yr)	2.6	3.5	3.8	3.9
			Volume Annuel Net des sédiments Md(Mm ³ /an)	1.7	2.3	2.5	2.5
			Taux de Dénudation (mm/an)	0.2	0.2	0.2	0.2
3	Nom du Barrage	Bou Heurtma					
	Capacité au niveau normal d'eau (Mm ³)	117.5	Date des Mesures	Mar-93			
	Surface du Bassin Versant en (km ²)	390	Periode de temps t(année)	16.0			
	Date de mise en Service	1976	Volume des Sédiments (Mm ³)	2.0			
	Source de Données	① ②	Volume Annuel des Sédiments Md'(Mm ³ /yr)	0.1			
			Volume Annuel Net des sédiments Md(Mm ³ /an)	0.1			
Taux de Dénudation (mm/an)			0.2				
4	Nom du Barrage	Ben Metir					
	Capacité au niveau normal d'eau (Mm ³)	62.0	Date des Mesures	1986			
	Surface du Bassin Versant en (km ²)	103	Periode de temps t(année)	32.0			
	Date de mise en Service	1954	Volume des Sédiments (Mm ³)	4.0			
	Data Source	① ②	Volume Annuel des Sédiments Md'(Mm ³ /yr)	0.1			
			Volume Annuel Net des sédiments Md(Mm ³ /an)	0.1			
Taux de Dénudation (mm/an)			0.8				
5	Nom du Barrage	Kasseb					
	Capacité au niveau normal d'eau (Mm ³)	82.0	Date des Mesures	1986			
	Surface du Bassin Versant en (km ²)	101	Periode de temps t(année)	18.0			
	Date de mise en Service	1968	Volume des Sédiments (Mm ³)	2.8			
	Source de Données	① ②	Volume Annuel des Sédiments Md'(Mm ³ /yr)	0.2			
			Volume Annuel Net des sédiments Md(Mm ³ /an)	0.1			
Taux de Dénudation (mm/an)			1.0				
6	Nom du Barrage	Lakhmes					
	Capacité au niveau normal d'eau (Mm ³)	8	Date des Mesures	1975	1991	Jun-00	
	Surface du Bassin Versant en (km ²)	127	Periode de temps t(année)	9.0	25.0	34.0	
	Date de mise en Service	Apr-66	Volume des Sédiments (Mm ³)	2.0	1.2	1.0	
	Source de Données	① ②	Volume Annuel Net des sédiments Md(Mm ³ /an)	0.2	0.0	0.0	
			Annual Net Swdiment Volume Md(Mm ³ /yr)	0.1	0.0	0.0	
Taux de Dénudation (mm/an)			1.1	0.2	0.2		
7	Nom du Barrage	Siliana					
	Capacité au niveau normal d'eau (Mm ³)	70.0	Date des Mesures	May-94			
	Surface du Bassin Versant en (km ²)	1,040	Periode de temps t(année)	7.0			
	Date de mise en Service	Dec-87	Volume des Sédiments (Mm ³)	4.1			
	Source de Données	① ②	Volume Annuel des Sédiments Md'(Mm ³ /yr)	0.6			
			Volume Annuel Net des sédiments Md(Mm ³ /an)	0.4			
Taux de Dénudation (mm/an)			0.4				

Source des Données

① Le Transport Solide des Oueds en Tunisie, Apr 2001 (The Strong Transportation of the Wadis in Tunisia, Apr 2001)

② Données mensuelles des Barrages

■ : Les données originales sont discutables.

Tableau 5.9.1 Appendice 1 du Décret No.1991-2005 relatif à l'étude EIA (1/2)

APPENDICE 1

Unités soumises obligatoirement à l'étude d'impact sur l'environnement

Catégorie A : Unités faisant l'objet d'un avis ne dépassant pas le délai de vingt et un jours (21 jours) ouvrables

- 1) Unités de gestion des déchets ménagers et assimilés d'une capacité ne dépassant pas vingt tonnes par jour (20T/j).
- 2) Unités de traitement et fabrication des matériaux de construction, de céramique et de verre.
- 3) Unités de fabrication des médicaments
- 4) Unités de fabrication des métaux non ferreux.
- 5) Unités de traitement des métaux et de traitement de surface.
- 6) Projets d'exploration et d'extraction du pétrole et du gaz naturel.
- 7) Les carrières industrielles des granulats et du sable dont la capacité de production ne dépassant pas trois cent mille tonnes /an (300000 tonnes /an), et les carrières industrielles d'argile et des pierres marbrières.
- 8) Unités de fabrication de sucreries et de levure.
- 9) Unités de teinture du textile, du fil et des vêtements, de tricotage et de délavage de jeans et de finition.
- 10) Projets d'aménagement des zones industrielles dont la superficie ne dépassant pas les cinq (5) hectares.
- 11) Projets de lotissements urbains dont la superficie est comprise entre cinq (5) et vingt (20) hectares.
- 12) Projets d'aménagement des zones touristiques dont la superficie est comprise entre dix (10) et trente (30) hectares.
- 13) Unités de fabrication de fibres minérales.
- 14) Unités de fabrication, de transformation, de conditionnement et de conservation des produits alimentaires.
- 15) Les abattoirs.
- 16) Unités de fabrication ou de construction des automobiles, camions ou leurs moteurs.
- 17) Projets de chantiers navals.
- 18) Unités de fabrication et d'entretien d'aéronefs.
- 19) Unités de conchyliculture.
- 20) Unités de dessalement de l'eau dans les Unités industrielles et touristiques.
- 21) Unités de thalassothérapie et de thermalisme.
- 22) Unités d'Hôtels d'une capacité supérieure à trois cent lits (300 lits).
- 23) Unités de fabrication de papier et de carton.
- 24) Unités de fabrication d'élastomère et de peroxydes.

Source: ANPE, MEDD

Tableau 5.9.1 Appendice 1 du Décret No.1991-2005 relatif à l'étude EIA (2/2)

Catégorie B : Unités faisant l'objet d'un avis ne dépassant pas le délai de trois mois (3 mois) ouvrables.

- 1) Unités de raffineries de pétrole brut et installations de gazéification et de liquéfaction d'au moins cinq cent tonnes (500 tonnes/jour) de charbon ou de schistes bitumineux par jour.
- 2) Unités de production d'électricité d'une puissance d'au moins trois cent MW (300 MW).
- 3) Unités de gestion des déchets ménagers et assimilés d'une capacité d'au moins vingt tonnes par jour (20 tonnes / jour).
- 4) Unités de gestion des déchets dangereux.
- 5) Unités de fabrication du ciment, chaux et du gypse.
- 6) Unités de fabrication de produits chimiques, des pesticides, de peintures, de cirage et de l'eau de javel catégorie 2 selon la nomenclature des établissements classes dangereux, insalubres et incommodes.
- 7) Unités sidérurgiques.
- 8) Les carrières industrielles des granulats et du sable dont la capacité de production dépassant trois cent milles tonnes /an (300000 tonnes / an), et les projets d'extraction des ressources minérales.
- 9) Unités de fabrication de pâte à papier et de traitement de cellulose.
- 10) Projets de construction de voies ferrées, d'autoroutes, des routes expresses, des ponts et des échangeurs.
- 11) Projets de construction d'aéroports dont la piste de décollage et d'atterrissage ayant une longueur supérieure à deux milles cent mètres (2100 mètres).
- 12) Projets de ports de commerce, de pêche et de plaisance.
- 13) Projets d'aménagement des zones industrielles dont la superficie dépassant les cinq hectares (5 hectares).
- 14) Projets de lotissements urbains dont la superficie dépassant les vingt hectares (20 hectares).
- 15) Projets d'aménagement des zones touristiques dont la superficie dépassant les trente hectares (30 hectares).
- 16) Equipements de transport du pétrole brut et du gaz.
- 17) Unités de traitement des eaux usées urbaines.
- 18) Unités collectives de traitement des eaux usées industrielles
- 19) Unités de tannerie et de mégisserie.
- 20) Projets de périmètres irrigues par les eaux usées traitées à des fins agricoles.
- 21) Projets de grands barrages.
- 22) Projets d'aquaculture non énumérés dans la catégorie A de l'annexe 1.
- 23) Unités de dessalement pour l'approvisionnement en eau potable des villes.
- 24) Projets de villages de vacances d'une capacité supérieure à mille lits (1000 lits).
- 25) Unités d'extraction, de traitement ou de lavage des produits minéraux et non minéraux.
- 26) Unités de transformation de phosphate et de ses dérivés.

Source: ANPE, MEDD

Tableau 5.9.2 Appendice 2 du Décret No.1991-2005 relatif à l'étude EIA

APPENDICE II

Unités soumises au cahier des charges

- 1) Les projets de lotissement urbain dont la superficie ne dépassant pas les cinq (5) hectares et les projets d'aménagement des zones touristiques dont la superficie ne dépassant pas les dix (10) hectares
- 2) Les projets de réalisation des établissements scolaires et d'enseignement.
- 3) Les projets d'installation des canaux de transport ou de transfert des eaux.
- 4) Les projets de transport d'énergie non énumérés à l'annexe 1 et qui ne traversent pas par les zones naturelles ou sensibles (les zones bénéficiant d'une protection juridique).
- 5) Les projets d'aménagement côtier non énumérés à l'annexe 1.
- 6) Les Unités de trituration d'olive (huileries).
- 7) Les Unités d'extraction des huiles végétales et animales.
- 8) Les Unités classées d'élevage d'animaux.
- 9) Les Unités d'industrie textile non énumérés à l'annexe 1.
- 10) Les Unités d'emboutissage, découpage de grosses pièces métalliques.
- 11) Les Unités de stockage, de distribution des hydrocarbures ou les stations de lavage et graissage des véhicules.
- 12) Les Unités de fabrication de féculents.
- 13) Les carrières traditionnelles.
- 14) Les Unités de stockage de gaz ou de produits chimiques.
- 15) Chaudronnerie, construction de réservoirs et d'autres pièces de tôlerie.
- 16) Buanderies utilisant l'eau pour le lavage des vêtements et des couvertures.
- 17) Les Lacs collinaires.
- 18) Les Unités de fabrication de produits parapharmaceutiques.

Source: ANPE, MEDD

Tableau 7.2.1 La pluviométrie moyenne probable du bassin en 6 jours et la pluviométrie moyenne probable du bassin en 6 jours durant les crues majeurs enregistrées

(1) La pluviométrie moyenne probable du bassin en 6 jours (1968/69 - 2005/06) (mm)

(2) Débit de pointe au niveau de K13 et Ghardimaou(m3/s)

Bassin Période de	HY-M Conf Mellgue, Mejerda	HY-U1 Conf Mellgue, Mejerda	HY-U2 Sidi Salem	HY-D1 Barrage Larrouisia	HY-D2 Estuaire	HYd-Bh Barrage BouHeurtma	K13	Ghardimaou
	4561 km2	1154 km2	10414 km2	14172 km2	15968 km2	390 km2		
2	55	75	60	56	55	143	9000	1480
5	82	101	84	80	79	185	470	250
10	104	121	100	98	96	215	940	520
20	128	141	118	116	113	246	1430	790
30	143	155	129	127	124	264	2080	1150
50	164	171	143	141	137	289	2200	1410
100	195	196	163	162	156	324	3340	1830
200	230	224	184	184	175	361	4710	2550
Disribution	LP3	LP3	LP3	LP3	LP3	LP3	GEV	GEV

Note : la pluviométrie moyenne du bassin HY-U2 seras appliquée en HY-D1 et HY-D2 à cause de leurs valeurs similaires

LP3 : Log Pearson Type III, GEV : Valeur Extrême Généralisée

(4)Débit de pointe au niveau de K13 et Ghardimaou (m3/s)

date	6Jours pluvieux Période de reaur	HY-M Conf Mellgue, Mejerda	HY-U1 Jendouba	HY-U2 Sidi Salem	HY-D1 Barrage Larrouisia	HY-D2 Estuaire	Barrage Bou Heurtma	K13	Ghardimaou
	1973/3/30 au 1973/3/29	mm/6Jours	115	130	121	120	111		
	année	15	15	22	25	20	10	8	80
2000/5/28 au 2000/5/27	mm/6Jours	74	121	70	62	64	32	4480	737
	année	4	10	3	2.5	3	<1.01	90	10
2003/1/8 au 2003/1/13	mm/6Jours	110	89	98	100	94	112	2600	1090
	année	12	4	10	12	10	1.01-2	30	18
2003/1/16 au 2003/1/21	mm/6Jours	27	88	46	41	41	155	692	334
	année	1.01-2	4	1.01-2	1.01-2	1.01-2	3	3	3
2003/1/22 au 2003/1/27	mm/6Jours	41	72	62	56	51	121	154	419
	année	1.01-2	1.01-2	2	2	1.01-2	1.01-2	<1.01	4
2003/1/31 au 2003/2/5	mm/6Jours	16	61	37	32	31	118	80	131
	année	<1.01	1.01-2	1.01-2	1.01-2	1.01-2	1.01-2	<1.01	1.01-2
2003/12/8 au 2003/12/13	mm/6Jours	139	175	139	142	140	223	2480	938
	année	28	50	40	50	60	13	28	15
2003/12/19 au 2003/12/24	mm/6Jours	28	54	40	32	35	116	-	-
	année	1.01-2	1.01-2	1.01-2	1.01-2	1.01-2	1.01-2		
2003/12/29 au 2004/1/3	mm/6Jours	42	51	51	40	43	146	645	1470
	année	1.01-2	1.01-2	1.01-2	1.01-2	1.01-2	2	3	32
2004/1/20 au 2004/1/25	mm/6Jours	14	24	30	23	23	127	-	190
	année	<1.01	<1.01	1.01	1.01	1.01	1.01-2		<1.01

Note : - : Négligeable

Tableau 7.2.2 Crues probables

(1) Résultat d'analyse de l'écoulement: débit de pointe à partir des sous bassins *1

Zone d'écoulement	CA	Débit de pointe (m3/s)						
	km2	2-a	5-a	10-a	20-a	50-a	100-a	200-a
Site du barrage								
Barrage Bou Heurtma	390	240	490	745	1083	1731	2427	3391
Barrage Siliana	1040	164	334	508	738	1180	1654	2312
Barrage Tessa	1420	213	434	660	960	1535	2151	3006
Barrage Sarrath (HY-M)	1850	278	567	863	1255	2005	2811	3927
Barrage Sarrath (HY-U2)	1850	270	551	838	1220	1950	2733	3818
Écoulement à partir du sous bassin								
HY-U1 (HY-U1)	1154	189	386	587	854	1365	1913	2673
HY-Mp1 (HY-M)	2306	304	621	944	1374	2196	3078	4300
HY-Mp1 (HY-U2)	2306	296	603	918	1335	2134	2991	4180
HY-Mp2	405	63	129	196	284	455	637	890
HY-U2p11 (U2)	1154	158	323	492	715	1143	1602	2239
HY-U2p12	1664	234	478	727	1057	1690	2368	3309
HY-U2p13	1630	195	398	606	881	1409	1974	2759
HY-D2p11	1626	240	490	746	1085	1734	2430	3396
HY-D2p12	1092	134	273	415	604	966	1353	1891
HY-D2p13	1473	188	383	582	847	1354	1898	2652

(2) résultat du calcul du crue probable (sans Barrage, résultat simulation par MIKE BASIN)

Zone d'écoulement	CA	Débit de pointe (m3/s)						
	km2	2-a	5-a	10-a	20-a	50-a	100-a	200-a
Bou Salem (conf. Mej et BH)	16500		733	1501	2252	3339	5267	7107
Site du Barrage Sidi Salem	18150		675	1376	2066	3035	4820	6547
Estuaire	23397		546	1092	1638	2397	3790	5201

Note : () La pluviométrie moyenne du bassin appliquée

(3) Débits de projet (Apport de l' Algérie)

Station	CA	Débit de pointe (m3/s)						
	km2	2-a	5-a	10-a	20-a	50-a	100-a	200-a
BP-AM (Mellegue) *1	6224	470	940	1430	2080	3340	4710	6620
BP-AU2 (Ghardimaou) *1	1507	250	520	790	1150	1830	2550	3540

(4) Débits de pointe probables dans les études existantes

Station	CA	Débit de pointe (m3/s)							Crue de projet	
	km2	2-a	5-a	10-a	20-a	50-a	100-a	200-a		1000-a
Site du barrage										
Barrage Bou Heurtma *3	390								(Période de retour inconnue)	3300
Barrage Tessa *3	1420			1250			2500		3500	5500
Barrage Sarrath *3	1850						3800		8000	8000
Barrage Mellegue *3	10309						4500		11300	6000
Barrage Siliana *3	1040								(Période de retour inconnue)	5100
Barrage Sidi Salem *3	18150								(Période de retour inconnue)	6700
Mellegue 2 *3	10100				1700			5000	11000	25500
Limite supérieurs estimée *3	10100				3100			8000	16500	35000
Site de station de jaugeage										
K13 *1	9000	470	940	1430	2080	3340	4710	6620		
K13 *3	9000			1600			4700		10400	24000
Limite supérieurs estimée*3	9000			2900			7600		15500	33000
Bou Salem (w/o Mellegue)*1	16330	530	1080	1560	2110	2970	3720	4580		
Bou Salem (w/o Mellegue)*2	16330	556		1625			4050			
Mejez El bab (w/oMellegue) *	21008	650		1790			4000			

Source : *1 : Calcul par l'équipe d'étude

*2 : Monographies

*3 : Différentes données des barrages et les rapports des études existantes

Tableau 8.1.1 Résultats de l'enquête par interview concernant l'acceptation publique des risques de crues et ceux des réunions des parties prenantes (1/4)

(1) Enquête par interviews concernant l'acceptation publique des risques de crues

L'enquête sur l'acceptation des risques de crues a été menée dans le bassin de l'oued Méjerda (en aval, au milieu et en amont) avec un échantillon de 400 personnes interrogées. Les résultats de l'enquête principale sont mentionnés ci-dessus.

- (a) Le gouvernement a fourni une assistance à des victimes des crues (973, 2003, etc.). Cette aide étant variée, elle comprenait une compensation en espèce pour les dommages subis et également des aliments, des vêtements et une mobilisation du personnel de soutien. Cependant, la plupart des personnes interrogées estime que cette aide était insuffisante et ne les a pas satisfaits parce qu'elle ne pouvait pas couvrir le total des dommages qu'elles avaient subi.
- (b) Presque toutes les personnes interrogées sauf 3 personnes, ont dit qu'elles avaient peur du retour des crues. Les raisons absolues de cette peur sont expliquées par une crainte que les mesures nécessaires n'ont pas été prises pour les protéger. Les peurs concernent la destruction des maisons et la perte des vies humaines. Cette crainte vient d'une croyance très répandue (plus de 84% des cas), mais les crues graves seront prévisibles dans le future.
- (c) En effet, 88,3% des personnes interrogées pense qu'il y aura des risques causés par les crues futures. Seule une minorité de 5 % restait tranquille parce qu'elle est persuadée que les mesures nécessaires seront prises pour faire face aux crues futures.
- (d) En ce qui concerne les causes des risques de crues à venir, les personnes interrogées s'inquiètent de ce que les mesures nécessaires ne soient pas prises (40,7% des personnes interrogées) ou de ce que leur maisons et les terres de culture se trouvent dans les zone en aval. On a tendance à croire que la future crue sera plus catastrophique, en pensant que les mesures indispensables ne sont pas prises.
- (e) On leur a demandé s'ils cohabitaient avec un certain niveau de risque. Une grande majorité de gens rejète cette possibilité, en pensant que le niveau de tolérance est égal à crue zéro. Cependant, une minorité de plus de 20% se doute qu'elle peut vivre avec un minimum de risque. Par conséquent, très peu de gens acceptant les risques de crues. La peur des crues et les risques qu'elles causent sont extrêmement présents auprès de la population.
- (f) Les gens connaissent la plupart des mesures structurelle, tout particulièrement l'amélioration des lits de rivière, des barrages et des levées. Cependant, ils ne savent pas bien le bassin de retardement.
- (g) La plupart des gens pensent que ces mesures doivent être prises. La minorité ne croyant pas à cette nécessité, elle n'a pas été convaincue des effets des mesures prises dans le passé.
- (h) Ceux qui croient au contraire, c'est-à-dire la nécessité de ces mesures, souhaitent vivre en sécurité, en réduisant les dommages causés par les crues pour préserver leur ressources de revenus.
- (i) Les gens savent très bien quelques mesures non-structurelles moins d'autres mesures. Ils connaissent bien les systèmes d'alarme mais moins la gestion de l'utilisation des terres selon les lois. Ils connaissent très peu le système de lutttes contre les crues avec une participation de la population et l'assurance contre les crues.
- (j) Une majorité importante un peu plus élevée que celle pour les mesures structurelles considère qu'il est nécessaire d'appliquer les mesures non structurelles, tandis que 23 % des personnes interrogées ne voit pas leur nécessité, étant sûr de leur inefficacité.

Tableau 8.1.1 Résultats de l'enquête par interview concernant l'acceptation publique des risques de crues et ceux des réunions des parties prenantes (2/4)

- (k) On leur a demandé également si le gouvernement prendrait les dispositions nécessaires pour protéger la population pendant les crues futures. Une majorité simple croit que le gouvernement feront le nécessaire. Mais, ils sont persuadés que le gouvernement aura des contraintes budgétaires, ce qui l'empêchera de prendre telles mesures.
- (l) Les mesures structurelles et non structurelles mentionnées dans l'enquête sont en harmonie avec l'attente de deux tiers des personnes interrogées, tandis que le reste d'un tiers estime que ces mesures ne sont pas tout à fait en harmonie avec son attente et propose les mesures supplémentaires, tout particulièrement une surveillance plus vigilante des niveaux d'eau du réservoir et une meilleure aide à l'évacuation.
- (m) Les gens comptent énormément sur l'assistance du gouvernement, c'est-à-dire qu'ils nourrissent de grandes espérances à l'égard du gouvernement, bien qu'ils ne fassent pas de confiance totale à la manière dont le gouvernement prend la décision ferme pour prendre des mesures nécessaires au moment approprié.
- (n) La moitié des personnes interrogées tente d'assumer une part de responsabilité, en tenant compte du danger des crues futures, tandis qu'une autre moitié ne veut pas partager cette responsabilité. En ce qui concerne les raisons pour lesquelles ils ne veulent pas assumer la responsabilité, plus de la moitié des gens pense que la gestion des crues concerne uniquement le gouvernement, tandis que les autres estiment que les individus ne peuvent rien faire contre le phénomène de crue.
- (o) La plupart de gens ne veulent pas aboutir à une conclusion pour la somme d'argent qu'ils acceptent de payer et estiment qu'ils prendront la décision au moment de l'apparition de la crue et une minorité de gens compte payer moins de 100 DT, une autre minorité plus de 100 Dinars.
- (p) En ce qui concerne les mesures structurelles à appliquer, les personnes faisant l'objet de l'enquête, donnent une priorité absolue à l'amélioration du lit d'oued et à la construction des routes de ferme afin d'éviter d'être entourés par les crues. Ils apprécient également que l'élaboration des règles plus strictes de la gestion des niveaux d'eau du réservoir est souhaitable.
- (q) Concernant les mesures non structurelles, les personnes interrogées accordent une priorité à un règlement qui peut interdire la construction dans les zones en aval pour éviter le danger des crues. Ils sont aussi persuadés de l'importance du système d'alarme pour l'évacuation au moment des crues.

Il semble que les gens ne sont pas habitués à des éléments suivants : la carte de risques, la maison résistante aux crues, le système de lutte contre les crues avec la participation communautaire et particulièrement un système d'assurance contre les crues.

(2) Première réunion des parties prenantes

La réunion des parties prenantes a été organisée avec 138 participants venant des régions supérieure, centrale et inférieure de l'oued Mejerda. Les résultats principaux des discussions sont les suivants.

- (a) A propos des mesures non structurelles
 - 1) La population a signalé l'insuffisance des mesures contre les crues et a suggéré que la gestion appropriée du dévasement du réservoir ne doit pas être cumulée avec de grandes crues ou des précipitations fortes, tenant compte que la capacité diminuée de l'oued Mejerda ne pouvait plus s'adapter aux dévasements importants, ce qui provoque une sédimentation.
 - 2) Ils ont mis l'accent sur la défaillance des mesures de protection civile démarrant trop tard à agir. Par conséquent, il faut un renforcement et une bonne coordination pour aider la réduction de l'élargissement des dommages de crues.

Tableau 8.1.1 Résultats de l'enquête par interview concernant l'acceptation publique des risques de crues et ceux des réunions des parties prenantes (3/4)

- 3) D'autres mesures non structurelles devant être effectuées comprennent le développement de la coordination d'un niveau optimal entre les administrations diverses pour éviter des actions désordonnées et non productives telles que les autorisations émises par les gouvernements locaux permettant la construction des maisons, des usines ou projets dans les domaines publics en eau. Ces mesures comprennent également l'interdiction du boisement dans les canaux de rivière sous prétexte de la fixation du sol et la défense de la construction en désordre du barrage dans les canaux, ce qui encombre l'écoulement et détériore la fonction correcte des jauges de niveaux d'eau automatiques.
- 4) Les mesures de suivi telles que l'information publique et les campagnes de sensibilisation seraient nécessaires lors des décisions principales pour créer la confiance entre l'administration et la population.

Toutes ces questions posées rappellent qu'un programme approprié pour le renforcement des organisations et institutions et la formation de la capacité est nécessaire dans le cadre de l'élaboration du plan avant que les mesures durables ne soient exécutées.

(b) À propos des mesures structurelles

- 1) Les mesures les plus urgentes ont été proposées comme suit : l'élargissement de la rivière, le nettoyage du cours de la rivière pour enlever le sédiment et la végétation anarchique poussant dans le cours de la rivière. La construction des routes de ferme ou la réhabilitation des routes existantes est suggérée pour empêcher des gens d'être entourés d'eau pendant les crues. Ces mesures représentaient des opinions largement partagées au cours de l'enquête par interviews et de la consultation publique.
- 2) La construction d'un canal de raccourcissement pour rectifier la route de l'oued Mejerda a été proposée pour éviter le méandre de la rivière envahissant les terres cultivées et les rendant facilement inondées.
- 3) La construction d'un canal en déviation pour maîtriser une grande évacuation pendant les crues a été aussi fort recommandée.
- 4) La population est unanime à préserver les monuments historiques et à trouver des solutions bienveillantes pour ne pas mettre l'héritage historique tunisien en péril. The populations are unanimous to preserve the historical monuments and to find a friendly solution so as not to put in danger the historical inheritance of Tunisia, tout particulièrement le pont Muradi bridge (construit en 1088; 11ème siècle 1088) de Medjez el Bab. La construction d'un canal en déviation ou d'une voie de crue à l'extérieur de la ville a été proposée.
- 5) La plupart des habitants ont reproché le comportement anarchique des gens qui construisaient dans les zones susceptibles d'être inondées, détruisaient les digues au long des canaux et jetaient des déchets dans les rivières. Chaque exécution des mesures structurelles doit être démarrée avec les habitants concernés et trouver une voie grâce à la sensibilisation ou à d'autres moyens pour résoudre ces problèmes, dont la construction des maisons dans le domaine public en eau est très complexe dans le domaine public en eau, d'autant plus que les autorités locales s'y mêlent.

(3) Deuxième réunion des parties prenantes

La réunion des parties prenantes a été organisée avec 138 participants venant des régions supérieure, centrale et inférieure de l'oued Mejerda. Les résultats principaux des discussions sont les suivants.

- (a) La plupart des gens ont manifesté leur inquiétude à l'impact des mesures sur la vie sociale et économique. En effet, les cultivateurs et les éleveurs habitant au bord de l'oued

Tableau 8.1.1 Résultats de l'enquête par interview concernant l'acceptation publique des risques de crues et ceux des réunions des parties prenantes (4/4)

Mejerda s'inquiètent de ce que les ouvrages de construction concernant les mesures prennent trop de temps, ce qui pourrait affecter leur sources de revenus dépendant de l'eau de l'oued Mejerda : irrigation des terres de culture et eau pour les animaux domestiques.

- (b) La peur de la pollution en eau est la source principale de l'inquiétude, particulièrement dans les zones centrale et inférieure du bassin de l'oued Mejerda.
- (c) La plupart des gens ont approuvé aux présentes mesures structurelles (85%), mais 17,7% d'entre eux leur a consenti s'il n'en y a aucun impact sérieux.
- (d) Il est aussi important de tenir compte du fait que 15% des gens refusent les mesures ou ne les comprennent pas très bien. En principe, leur refus viennent de l'inquiétude dont la compensation ne pourrait pas être faite impartialement.
- (e) A l'échelle régionale, la compréhension des mesures structurelles et leur soutien ne sont pas homogènes : il y a des niveaux différents en fonction des situations des réunions. A Bou Salem, le niveau de compréhension et son soutien sont très satisfaisants, ils sont satisfaisants à Sidi Thabet et tout à fait satisfaisants à Testour. Ces résultats sont exprimés par les trois raisons suivants :
 - 1) Première raison: A Testour et à Sidi Thabet, il est à noter qu'il y a de nombreux cultivateurs et éleveurs qui vivent principalement d'eau de l'oued Merjerda pour l'agriculture irriguée et les animaux domestiques. Ces gens sont inquiètes de leur sources de revenus qui pourront être affectées si les travaux de construction prennent du temps. A Bou Salem, il est à noter qu'il y a de nombreux habitants (employés, ou fonctionnaires etc) qui ont subi les crues urbaines détruisant ainsi leurs maisons.
 - 2) Deuxième raison: A Bou Salem, les participants pensent que les mesures structurelles pourront répondre à leur attente. Au contraire de Testour et de Sidi Thabet, il y a la différence selon les zones; Slouguia, Mastouta, Sidi Thabet et Kalat Landalous considèrent que les mesures n'ont pas pris en compte de leur situations géographiques.
 - 3) Troisième raison: A Testour, plusieurs participants ont pensé que dans le passé, ils n'avaient pas été correctement compensés pour la construction du barrage Sidi Salem. Ils sont peur que leur mauvaise expérience se répète dans le futur.

Tableau 8.2.1 Règles de base pour le fonctionnement coordonné du réservoir pendant les crues (1/3)

Désignation du barrage	Barrage Sidi Salem (Existant)
Barrage devant être coordonné	Barrages Mellegue (Mellegue2), Bou Heurtma et Siliana.
Points de référence de débits	Ghardimaou, Jendouba, Bou Salem, Jebel Laoudj, Stations de jaugeage (SJs)
Exploitation du réservoir	<ul style="list-style-type: none"> - Si le niveau d'eau réel dans le réservoir Sidi Salem (le Réservoir) est au niveau normal d'eau (ou proche à ce niveau) et le débit en amont du réservoir (c'est-à-dire, le débit sortant du barrage Mellegue à Jendoub ou des SJs de Bou Salem) est supérieur à la capacité de canal de rivière maximale en aval du Réservoir, il est recommandé de lâcher préalablement le Réservoir en déversant au maximum la capacité de canal de rivière. - Le déversement préalable du Réservoir est limité par le débit entrant de l'oued Khalled et de l'oued Siliana. Le déversement préalable doit être coordonné avec le débit à la SJ Jebel Laoudj. - Si le débit sortant du barrage Mellegue ou le débit aux SJs Ghardimaou, Jendouba ou Bou Salem augmente 3.000 m³/s, il est recommandé d'ouvrir immédiatement et complètement toutes les deux vidanges de fond et une vanne de l'évacuateur de crue principal. - Si le débit sortant du barrage Mellegue ou le débit aux SJs Ghardimaou, Jendouba ou Bou Salem augmente 5.000 m³/s et le débit à un tel point de vérification augmente toujours, il est recommandé d'ouvrir immédiatement et complètement toutes les deux vidanges de fond et toutes les 3 vannes de l'évacuateur de crue principal et ensuite lâcher le débit sortant du Réservoir autant que possible. - Dès que le niveau d'eau dans le Réservoir atteint le niveau supérieur maximal d'eau (NSPE) = 119,50 m, il faut immédiatement ouvrir un grand nombre de vannes ou de vannes de l'évacuateur de crue autant que possible pour stopper l'augmentation du niveau d'eau.
Désignation du barrage	Barrage Mellegue (Existant)
Barrage devant être coordonné	Barrages de Bou Heurtma et de Tessa
Points de référence de débits	Frontière avec l'Algérie, la Rivière Sarrath River, la SJ K 13, la SJ Jendouba
Exploitation du Réservoir	<ul style="list-style-type: none"> - Si le niveau d'eau réel dans le réservoir Mellegue (le Réservoir) est au niveau normal d'eau (ou proche à ce niveau) et le débit en amont du Réservoir (c'est-à-dire, le débit entrant de l'Algérie, débit mesuré dans la rivière Sarrath ou dans la SJ K13) est supérieur à la capacité de canal de rivière maximale en aval du Réservoir, il est recommandé de lâcher préalablement le Réservoir en déversant au maximum la capacité de canal de rivière. - Le déversement préalable du Réservoir est coordonné avec le débit réel à la SJ Jendouba et conformément à la situation des crues aux oueds Bou Heurtma et Tessa, pour que la capacité maximale de canal de rivière dans les cours de l'oued Mejerda depuis Jendouba au réservoir Sidi Salem ne soit pas dépassée. - Si le déversement en amont du réservoir (oued Mellegue à la frontière algérienne, oued Sarrath, etc) dépasse 1.500 m³/s, il est recommandé d'ouvrir immédiatement et complètement toutes les deux vidanges de fond, c'est-à-dire de faire évacuer jusqu'à 600 m³/s. - Dès que le niveau d'eau dans le Réservoir atteint le niveau supérieur maximal d'eau NSPE (269,00 m), il faut immédiatement ouvrir un grand nombre de vannes ou de vannes de l'évacuateur de crue autant que possible pour stopper l'augmentation du niveau d'eau.
Désignation du barrage	Barrage Bou Heurtma (Existant)
Barrages devant être coordonné	Barrages de Mellegue (Mellegue2), de Tessa, de Ben Metir et de Mellegue
Points de référence de débits	SJs Fernana et Jendouba
Exploitation du réservoir	<ul style="list-style-type: none"> - Si le niveau d'eau réel dans le réservoir Bou Heurtma (le Réservoir) est au niveau normal d'eau (ou proche à ce niveau) et le débit en amont du réservoir (c'est-à-dire, le débit sortant du Réservoir Ben Metir ou à la GJ Fernana) est supérieur à la capacité de canal de rivière maximale en aval du Réservoir, il est recommandé de lâcher préalablement le Réservoir en déversant au maximum la capacité de canal de rivière par la vidange de fond. - Le déversement préalable du Réservoir est coordonné avec le débit réel à la SJ Jendouba, en déversant le Réservoir Mellegue et conformément à la situation des crues à l'oueds Tessa, pour que la capacité maximale de canal de rivière dans les cours de l'oued Mejerda depuis Jendouba au réservoir Sidi Salem ne soit pas dépassée. - Dès que le niveau d'eau dans le Réservoir atteint la crête de l'évacuateur de crue (221, 00 m) non maîtrisée, la vidange de fond du barrage Bou Heurtma est graduellement fermée pour déverser un

Tableau 8.2.1 Règles de base pour le fonctionnement coordonné du réservoir pendant les crues (2/3)

	<p>niveau supérieur maximal d'eau NSPE (269,00 m), il faut immédiatement ouvrir un grand nombre de vannes ou de vannes de l'évacuateur de crue autant que possible pour stopper l'augmentation du niveau d'eau. As soon as water level in Reservoir reaches the uncontrolled spillway crest (221.00 m), the bottom outlet of the Bou Heurtma Dam is gradually closed to release a constant outflow (equal to the maximum river channel capacity downstream of the Reservoir) as long as possible. The bottom outlet is completely closed during culmination of flood wave.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dès que le niveau d'eau dans le Réservoir atteint MHWL (226.00 m), il faut immédiatement ouvrir les vidanges de fond (partiellement ou complètement) pour stopper l'augmentation du niveau d'eau. - Après la pointe de niveau d'eau dans le réservoir, il est nécessaire de lâcher le stockage de contrôle de crue. Pendant la première période de déversement, l'eau déborde automatiquement l'évacuateur de crue non maîtrisé. Après la diminution du stockage par l'intermédiaire de l'évacuateur, l'eau dans le Réservoir est évacuée avec une capacité maximale de canal de rivière dans l'oued Bou Heurtma en aval. Pendant la deuxième période, la vidange de fond est graduellement ouverte en continuant à déverser jusqu'à ce que le niveau d'eau normal dans le Réservoir soit atteint (c'est-à-dire le stockage de contrôle de crue du Réservoir est vide).
Désignation du barrage	Barrage Siliana Dam (Existant)
Barrages devant être coordonné	Barrages Sidi Salem et Lakhmes
Points de référence de débits	SJs Jendouba, Bou Salem, Oussafa et Slouguia
Exploitation du réservoir	<ul style="list-style-type: none"> - Si le niveau d'eau réel dans le réservoir Siliana (le Réservoir) est au niveau normal d'eau (ou proche à ce niveau) et le débit en amont du réservoir (c'est-à-dire, le débit sortant du réservoir Lakhmes ou à la SJ Oussafa) est supérieur à la capacité de canal de rivière maximale en aval du Réservoir, il est recommandé de lâcher préalablement le Réservoir en déversant au maximum la capacité de canal de rivière par l'intermédiaire de la vidange de fond. - Le déversement préalable du Réservoir doit être coordonné avec le débit à la SJ Slouguia et le déversement du réservoir Sidi Salem, pour que la capacité maximale de canal de rivière dans l'oued Mejerda en aval du barrage Sidi Salem ne soit pas dépassée. - Dès que le niveau d'eau dans le Réservoir atteint la pointe de l'évacuateur de crue non maîtrisée (388.50 m), la vidange de fond du barrage de Siliana est graduellement fermée pour lâcher un débit sortant constant (égal à la capacité maximale de canal de rivière en avant du réservoir) tant que possible. La vidange de fond est complètement fermée pendant la pointe des ondes de crues. - Dès que le niveau d'eau dans le Réservoir atteint le MHWL (395,50 m), il faut immédiatement ouvrir un grand nombre de vannes ou de vannes de l'évacuateur de crue autant que possible pour stopper l'augmentation du niveau d'eau. - Après la pointe de niveau d'eau dans le réservoir, il est nécessaire de lâcher le stockage de contrôle de crue. Pendant la première période de déversement, l'eau déborde automatiquement l'évacuateur de crue non maîtrisé. Après la diminution du stockage par l'intermédiaire de l'évacuateur, l'eau dans le Réservoir est évacuée avec une capacité maximale de canal de rivière dans l'oued Siliana en aval du réservoir. Pendant la deuxième période, la vidange de fond est graduellement ouverte en continuant à déverser jusqu'à ce que le niveau d'eau normal dans le Réservoir soit atteint (c'est-à-dire le stockage de contrôle de crue du Réservoir est vide).
Désignatio du barrage	Barrage Mellegue2 (sous une conception détaillée)
Barrages devant être coordonné	Barrages Mellegue, Bou Heurtma et Tessa
Points de référence de débits	Frontière avec l'Algérie, l'oued Sarrath, SJ K 13, SJ Jendouba
Exploitation du réservoir	<ul style="list-style-type: none"> - Les réservoirs de Mellegue 2 et de Mellegue Reservoirs fonctionnent comme réservoir de cascade. Il est recommandé de d'abord remplir le réservoir et pendant la période de descente de crue et de vider le réservoir supérieur en même temps. - S'il est nécessaire de lâcher un gros débit sortant du réservoir Mellegue (dans le cas d'une grande inondation au réserve de l'oued Mellegue), la vidange de fond du réservoir Mellegue2(le réservoir) peut être ouverte (jusqu'à la capacité maximale) pendant la période de montée de crue pour soutenir un déversement plus important du réservoir Mellegue. Dans ce cas, il est recommandé de fermer complètement la vindage de fond du réservoir de nouveau au moment de la pointe de débit entrant. Cette opération permet d'utiliser le volume maximal du stockage de contrôle de crue, de réduire et de retarder une pointe de débordement du réservoir. - As soon as the water level in the Reservoir reaches MHWL (304.00 m), it is needed to immediately open bottom outlets (partly or completely) as necessary for stopping increase of the water level. During this operation, it is needed to consider safety risk of both dams as well. - After water level culmination in the reservoir, it is necessary to release flood control storage.

Tableau 8.2.1 Règles de base pour le fonctionnement coordonné du réservoir pendant les crues (3/3)

	<p>During the first releasing period, water in the Reservoir automatically spills over the uncontrolled spillway into the Mellegue Reservoir and the Mellegue Reservoir is used as a buffer reservoir. After storage decreasing through the spillway, the water level in the Reservoir is released with the maximum river channel capacity in the Mellegue River downstream of the Mellegue Dam. During this second period, water level in the Mellegue Reservoir remains stable: only the Reservoir is released. Releasing of the Mellegue Reservoir continues after the Reservoir reaches the normal water level (i.e. the flood control storage of the Reservoir is empty).</p>
Désignatio du barrage	Barrage Sarrath (en cours de construction)
Barrages devant être coordonné	Barrages Mellegue (Mellegue 2), Tessa et Ben Metir
Points de référence de débits	SJs Sidi Abdelkader, Sarrath Pont Route, et K 13
Exploitation du réservoir	<ul style="list-style-type: none"> - If the actual water level in the Sarrath Reservoir (the Reservoir) is at the normal water level (or close to this level) and the discharge upstream of the Reservoir (e.g. at Sidi Abdelkader GS or Sarrath Pont Route GS) is higher than the maximum river channel capacity downstream of the Reservoir, it is recommended to pre-release the Reservoir by releasing the maximum river channel capacity through the bottom outlet. - The pre-release must be coordinated with the actual Mellegue inflow from Algeria or according to the actual discharge or the discharge forecasted for K 13 GS and also according to actual situation of the Mellegue (Mellegue 2) Reservoir. - As soon as the water level in the Reservoir reaches the uncontrolled spillway crest (546.00 m), the bottom outlet of the Sarrath Dam is gradually closed to release a constant outflow (equal to the maximum river channel capacity downstream of the Reservoir) as long as possible. The bottom outlet is completely closed during culmination of flood wave. - As soon as the water level in the Reservoir reaches MHWL (552.00 m), it is needed to immediately open bottom outlets (partly or completely) as necessary for stopping increase of the water level. - After water level culmination in the reservoir, it is necessary to release flood control storage. During the first releasing period, water in the Reservoir automatically spills over the uncontrolled spillway. After storage decreasing through the spillway, the water in the Reservoir is released with the maximum river channel capacity in the Sarrath River downstream of the Reservoir. During this second period, the bottom outlet is gradually opened and releasing of reservoir continues until the actual normal water level in the Reservoir is reached (i.e. the flood control storage of the Reservoir is empty).
Désignatio du barrage	Barrage Tessa (sous une conception détaillée)
Barrages devant être coordonné	Barrages Mellegue (Mellegue2), Bou Heurtma
Points de référence de débits	SJs Sers Ville, Jendouba
Exploitation du réservoir	<ul style="list-style-type: none"> - If the actual water level in the Tessa Reservoir (the Reservoir) is at the normal water level (or close to this level) and the discharge upstream of the Reservoir (e.g. Sers Ville GS) is higher than the maximum river channel capacity downstream of the Reservoir, it is recommended to pre-release the Reservoir by releasing the maximum river channel capacity through the bottom outlet. - The pre-release must be coordinated with actual discharge at Jendouba GS, releasing of the Mellegue and the Bou Heurtma Reservoirs, so that the maximum river channel capacity in the Mejerda River reaches from Jendouba to the Sidi Salem Reservoir is not exceeded. - As soon as the water level in the Reservoir reaches the uncontrolled spillway crest (361.00 m), the bottom outlet of the Tessa Dam is gradually closed to release a constant outflow (equal to the maximum river channel capacity downstream of the Reservoir) as long as possible. The bottom outlet is completely closed during culmination of flood wave. - As soon as the water level in the Reservoir reaches MHWL (369.00 m), it is needed to immediately open the bottom outlets (partly or completely) as necessary for stopping increase of the water level. - After water level culmination in the Reservoir, it is necessary to release the flood control storage. During the first releasing period, water in the reservoir automatically spills over the uncontrolled spillway. After storage decreasing through the spillway, water level in the Reservoir is released with the maximum river channel capacity in the Tessa River downstream of the Reservoir. During this second period, the bottom outlet is gradually opened and releasing of reservoir water continues until the actual normal water level in the Reservoir is reached (i.e. the flood control storage of the Reservoir is empty).

Tableau 8.3.1 Configuration des travaux d'amélioration de l'oued par les debits probables (1/2)

Scale of River Improvement

Costruction Cost

Zone	Return period	Peak Discharge (m3/s)	Existing Flow Capacity (m3/s)	River Cross Section No.	Flood Retarding Basin		River Channel Excavation			Embankment				Bypass Channel			Embankment (along Bypass)		Revetment	
					Peak Q (m3/s)	Volume (mil. m3)	Discharge (m3/s)	Bottom width (m)	Length (km)	Left		Right		Discharge (m3/s)	Bottom width (m)	Depth (m)	Height (m)	Length (km)		
										Height (m)	Length (km)	Height (m)	Length (km)							
U1	5-Year	520	200	MU317-MU306	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
	5-Year	370	200	MU248-MU211	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
	5-Year	370	200	MU210-MU165	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
	10-Year	790	200	MU329-MU306	--	--	790	10	12.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
	10-Year	570	200	MU248-MU211	--	--	570	15	18.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
	10-Year	570	200	MU210-MU165	--	--	570	10	16.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
	20-Year	1,150	200	MU329-MU306	--	--	1,150	15	12.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
	20-Year	820	200	MU248-MU211	--	--	820	20	18.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
	Jendouba B																			
	20-Year	820	200	MU210-MU165	--	--	570	35	16.4	--	--	--	250	25	6.0	--	--	--	--	
	50-Year	1,830	200	MU329-MU306	--	--	1,830	25	12.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
	50-Year	1,310	200	MU248-MU211	--	--	1,310	25	18.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
	Jendouba B																			
	50-Year	1,310	200	MU210-MU165	--	--	780	50	16.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	M	5-Year	120	120	MG1-MG8	--	--	120	--	1.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10-Year		410	120	MG1-MG52	--	--	410	15	12.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
20-Year		1,100	120	MG1-MG112	--	--	1,100	25	26.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
50-Year		2,420	120	MG1-MG112	--	--	2,420	35	26.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5-Year		490	200	MU123-MU164	--	--	490	20	16.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Bou Salem B	640	400	MU80-MU122	--	--	640	30	14.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5-Year	680	250	MU36-MU79	--	--	680	35	16.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5-Year	680	200	MU1-MU35	--	--	680	--	14.3	○	--	○	--	--	--	--	--	--	--	--	
Bou Heurtma	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
10-Year	890	200	MU123-MU164	--	--	890	25	16.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Bou Salem B	1,110	400	MU80-MU122	--	--	810	50	14.9	○	--	○	--	--	--	--	--	--	--	--	
10-Year	1,140	250	MU53-MU79	--	--	1,140	50	10.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
10-Year	1,140	250	MU36-MU52	--	--	1,140	--	15.9	○	--	○	--	--	--	--	--	--	--	--	
10-Year	1,140	200	MU1-MU35	--	--	1,140	--	14.3	○	--	○	--	--	--	--	--	--	--	--	
Bou Heurtma	40	--	--	--	--	--	--	--	--	4.6	--	4.6	--	--	--	--	--	--	--	
20-Year	1,490	200	MU123-MU164	--	--	1,490	40	16.6	○	--	○	--	--	--	--	--	--	--	--	
Bou Salem B	1,800	400	MU80-MU122	--	--	1,100	50	14.9	○	--	○	700	25	8.0	--	--	--	--	--	
20-Year	1,840	250	MU52-MU79	--	--	1,840	50	10.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
20-Year	1,840	250	MU36-MU52	--	--	1,840	--	15.9	○	--	○	--	--	--	--	--	--	--	--	
20-Year	1,840	200	MU1-MU35	--	--	1,840	--	14.3	○	--	○	--	--	--	--	--	--	--	--	
Bou Heurtma	40	--	--	--	--	--	--	--	--	6.9	--	6.9	--	--	--	--	--	--	--	
50-Year	3,330	200	MU123-MU164	--	--	3,330	50	16.6	○	--	○	--	--	--	--	--	--	--	--	
Bou Salem B	3,570	400	MU80-MU122	--	--	1,970	50	14.9	○	--	○	1,600	50	8.0	○	--	--	--	--	
50-Year	3,870	250	MU53-MU79	--	--	3,870	50	10.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
50-Year	3,870	250	MU36-MU52	--	--	3,870	--	15.9	○	--	○	--	--	--	--	--	--	--	--	
50-Year	3,870	200	MU1-MU35	--	--	3,870	--	14.3	○	--	○	--	--	--	--	--	--	--	--	
Tessa	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	2.0	16.4	--	--	--	--	--	--	--	
Bou Heurtma	300	--	--	--	--	--	--	--	--	8.6	--	8.6	--	--	--	--	--	--	--	

Flood Retarding Basin	River Channel Excavation	Embankment	Bypass Channel		Revetment	Total	Economic Cost (0.82*0.88)
			Excavation	Embankment			
--	--	--	--	--	--	0.00	--
--	--	--	--	--	--	0.00	--
--	--	--	--	--	--	0.00	--
--	--	--	--	--	--	0	0.00
--	5.78	--	--	--	--	5.78	--
--	8.66	--	--	--	--	8.66	--
--	15.00	--	--	--	--	15.00	--
--	--	--	--	--	--	29.44	21.24
--	8.52	--	--	--	--	8.52	--
--	12.77	--	--	--	--	12.77	--
--	--	--	22.30	--	--	22.30	--
--	23.40	--	--	--	--	23.40	--
--	--	--	--	--	--	66.99	48.34
--	11.11	--	--	--	--	11.11	--
--	16.66	--	--	--	--	16.66	--
--	--	--	36.00	--	--	36.00	--
--	35.70	--	--	--	--	35.7	--
--	--	--	--	--	--	99.47	71.78
--	0.42	0	--	--	--	0.42	0.30
--	2.82	1.21	--	--	--	4.03	2.91
--	3.64	6.24	--	--	--	9.88	7.13
--	5.46	11.64	--	--	--	17.1	12.34
--	13.27	--	--	--	--	13.27	--
--	10.20	--	--	--	3.00	10.20	--
--	7.13	--	--	--	--	7.13	--
--	0.00	0.91	--	--	--	0.91	--
--	--	0.05	--	--	--	0.05	--
--	--	--	--	--	--	34.56	24.94
--	19.00	0.00	--	--	--	19.00	--
--	21.71	0.70	--	--	3.40	25.81	--
--	12.10	0.00	--	--	--	12.10	--
--	0.00	0.96	--	--	--	0.96	--
--	0.00	2.93	--	--	--	2.93	--
--	--	0.10	--	--	--	0.10	--
--	--	--	--	--	--	60.90	43.95
--	26.00	1.94	--	--	--	27.94	--
--	21.71	1.86	28.00	--	3.80	55.37	--
--	12.10	0.00	--	--	--	12.10	--
--	0.00	1.75	--	--	--	1.75	--
--	0.00	4.43	--	--	--	4.43	--
--	--	1.54	--	--	--	1.54	--
--	--	--	--	--	--	103.13	74.42
--	34.36	3.37	--	--	--	37.73	--
--	21.71	3.27	40.02	--	3.00	4.20	72.20
--	12.10	--	--	--	--	12.10	--
--	0.00	3.97	--	--	--	3.97	--
--	0.00	9.60	--	--	--	9.60	--
--	--	2.92	--	--	--	2.92	--
--	--	6.36	--	--	--	6.36	--
--	--	--	--	--	--	144.88	104.55

Unit:TND mil.

Tableau 8.3.1 Configuration des travaux d'amélioration de l'oued par les debits probables (2/2)

Scale of River Improvement

Costruction Cost

Zone	Return period	Peak Discharge (m3/s)	Existing Flow Capacity (m3/s)	River Cross Section No.	Flood Retarding Basin		River Channel Excavation			Embankment				Bypass Channel			Embankment (along Bypass)		Revetment
					Peak Q (m3/s)	Volume (mil. m3)	Discharge (m3/s)	Bottom width (m)	Length (km)	Left		Right		Discharge (m3/s)	Bottom width (m)	Depth (m)	Height (m)	Length (km)	
										Height (m)	Length (km)	Height (m)	Length (km)						
D1	5-Year	420	350	MD1-MD-64	-	-	420	10	20.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5-Year	420	350	MD65-MD116	-	-	420	10	17.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Mejez El Bab B	360	350	MD117-MD132	-	-	360	20	4.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5-Year	360	180	MD133-MD194	-	-	360	20	19.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5-Year	360	300	MD195-MD252	-	-	360	20	21.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	10-Year	610	350	MD1-MD-64	-	-	610	20	20.8	○	○	○	○	-	-	-	-	-	-
	10-Year	610	350	MD65-MD116	-	-	610	20	17.1	○	○	○	○	-	-	-	-	-	-
	Mejez El Bab B	540	350	MD117-MD132	-	-	360	20	4.2	○	○	○	○	190	15	-	-	-	-
	10-Year	540	180	MD133-MD194	-	-	540	25	19.3	○	○	○	○	-	-	-	-	-	-
	10-Year	540	300	MD195-MD252	-	-	540	25	21.2	○	○	○	○	-	-	-	-	-	-
	20-Year	890	350	MD1-MD-64	-	-	890	25	20.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	20-Year	890	350	MD65-MD116	-	-	890	25	17.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Mejez El Bab B	820	350	MD117-MD132	-	-	360	20	4.2	-	-	-	-	460	50	-	-	-	-
	20-Year	820	180	MD133-MD194	-	-	820	30	19.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	20-Year	820	300	MD195-MD252	-	-	820	30	21.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	50-Year	2,330	350	MD1-MD-64	-	-	2,330	30	20.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	50-Year	2,330	350	MD65-MD116	-	-	2,330	30	17.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Mejez El Bab B	2,250	350	MD117-MD132	-	-	540	20	4.2	○	○	○	○	1,710	70	-	-	-	-
	50-Year	2,250	180	MD133-MD194	-	-	2,250	40	19.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	50-Year	2,250	300	MD195-MD252	-	-	2,250	40	21.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D2	5-Year	340	800	MD253-MD281	-	-	340	Non-imp't	9.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	El Battane B	340	700	MD282-MD290	-	-	340	Non-imp't	2.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	5-Year	340	350	MD291-MD328	-	-	340	Non-imp't	10.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	5-Year	300	250	MD329-MD356	-	-	300	20	9.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	El Mabtough RB	300	250	MD357-MD410	-	-	300	20	18.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	5-Year	290	200	MD411-MD433	-	-	200	-	7.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5-Year	440	200	MD434-MD477	-	-	200	-	5.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	10-Year	490	800	MD253-MD281	-	-	490	Non-imp't	9.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	El Battane	490	700	MD282-MD290	-	-	490	Non-imp't	2.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	10-Year	490	350	MD291-MD328	-	-	490	20	10.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	10-Year	470	250	MD329-MD356	-	-	470	25	9.5	○	○	○	○	-	-	-	-	-	-
	El Mabtough RB	470	250	MD357-MD410	170	86	300	25	18.9	○	○	○	○	-	-	-	-	-	-
	10-Year	460	200	MD411-MD433	-	-	200	-	7.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	10-Year	650	200	MD434-MD477	-	-	200	-	5.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	20-Year	820	800	MD253-MD281	-	-	820	Non-imp't	9.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	El Battane	820	700	MD282-MD290	-	-	490	20	2.2	-	-	-	-	330	20	-	-	-	-
	20-Year	820	350	MD291-MD328	-	-	820	25	10.5	○	○	○	○	-	-	-	-	-	-
	20-Year	800	250	MD329-MD356	-	-	800	30	9.5	○	○	○	○	-	-	-	-	-	-
	El Mabtough RB	800	250	MD357-MD410	250	86	550	30	18.9	○	○	○	○	-	-	-	-	-	-
	20-Year	780	200	MD411-MD433	-	-	200	-	7.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20-Year	930	200	MD434-MD477	-	-	200	-	5.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
50-Year	2,190	800	MD253-MD281	-	-	2,190	20	9.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
El Battane	2,190	700	MD282-MD290	-	-	1,470	30	2.2	○	○	○	○	720	50	-	-	-	-	
50-Year	2,190	350	MD291-MD328	-	-	2,190	35	10.5	○	○	○	○	-	-	-	-	-	-	
50-Year	2,160	250	MD329-MD356	-	-	2,160	35	9.5	○	○	○	○	-	-	-	-	-	-	
El Mabtough RB	2,160	250	MD357-MD410	580	86	1,580	35	18.9	○	○	○	○	-	-	-	-	-	-	
50-Year	2,070	200	MD411-MD433	-	-	200	-	7.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
50-Year	2,250	200	MD434-MD477	-	-	200	-	5.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Flood Retarding Basin	River Channel Excavation	Embankment	Bypass Channel		Revetment	Total	Economic Cost (0.82*0.88)
			Excavation	Embankment			
			Excavation	Embankment			
-	6.00	-	-	-	-	6.00	-
-	4.00	-	-	-	-	4.00	-
-	2.57	-	-	-	-	2.57	-
-	12.70	-	-	-	-	12.70	-
-	13.80	-	-	-	-	13.80	-
-	-	-	-	-	-	39.07	28.19
-	10.30	0.48	-	-	-	10.78	-
-	7.20	0.18	-	-	-	7.38	-
-	2.57	0.12	11.50	-	-	14.19	-
-	14.00	1.12	-	-	-	15.12	-
-	14.50	0.20	-	-	-	14.70	-
-	-	-	-	-	-	62.17	44.86
-	12.20	-	-	-	-	12.20	-
-	12.00	-	-	-	-	12.00	-
-	2.60	-	17.02	-	-	19.62	-
-	19.10	-	-	-	-	19.10	-
-	19.40	-	-	-	-	19.40	-
-	-	-	-	-	-	82.32	59.40
-	15.00	-	-	-	-	15.00	-
-	14.70	-	-	-	-	14.70	-
-	2.57	2.40	19.20	-	-	24.17	-
-	26.00	-	-	-	-	26.00	-
-	26.50	-	-	-	-	26.50	-
-	-	-	-	-	-	106.37	76.76
-	-	-	-	-	-	0.00	-
-	-	-	-	-	0.50	0.50	-
-	-	-	-	-	4.00	4.00	-
-	12.60	-	-	-	-	12.60	-
-	6.00	-	-	-	-	6.00	-
-	-	-	-	-	-	0.00	-
-	-	-	-	-	-	0.00	-
-	-	-	-	-	-	23.10	16.67
-	-	-	-	-	-	0.00	-
-	-	-	-	-	0.50	0.50	-
-	6.30	-	-	-	4.70	11.00	-
-	13.80	1.10	-	-	-	14.90	-
12.90	7.00	1.42	-	-	-	21.32	-
-	-	-	-	-	-	0.00	-
-	-	-	-	-	-	0.00	-
-	-	-	-	-	-	47.72	34.43
-	-	-	-	-	-	0.00	-
-	1.70	-	8.40	-	0.60	10.70	-
-	7.20	-	-	-	5.30	12.50	-
-	15.40	0.51	-	-	-	15.91	-
16.30	8.30	5.51	-	-	-	30.11	-
-	-	-	-	-	-	0.00	-
-	-	-	-	-	-	0.00	-
-	-	-	-	-	-	69.22	49.95
-	2.00	-	-	-	-	2.00	-
-	2.40	0.24	11.40	-	1.00	15.04	-
-	8.80	2.80	-	-	6.10	17.70	-
-	17.80	1.13	-	-	-	18.93	-
35.90	9.80	9.47	-	-	-	55.17	-
-	-	-	-	-	-	0.00	-
-	-	-	-	-	-	0.00	-
-	-	-	-	-	-	108.84	78.54

Source: The Study Team

Table 9.1.1 Aspect Saillant des Structures Proposées (Travaux d'Amélioration de La Rivière) (1/3)

No.	Work Item	Sub Item (Type)	Location/Stretches/Length	Dimension	Unit
Zone U2					
I. Mejerda River					
(1)	River channel length MD447 to MD252		0.00m to 64,974.36 m	64,974	m
(2)	Scope of construction boundary of levee embankment (Left bank and right bank) MD434 to MD252		4667.73m to 64,974.36 m	60,307	m
	(Heightening of existing levee)		4667.73m to 24,943.85 m	-20,280	m
	(Actual construction length)	(Left bank)		29,365	m
		(Right bank)		26,478	m
			Total	55,843	m
(3)	Low water channel excavation MD447 to MD356, B=25 m		0.00 m to 31,306.69 m		
	MD356 to MD329, B=35 m		31,306.69 m to 40,801.18 m	31,307	m
	MD329 to MD290, B=20 m		40,801.18 m to 51912.36 m	9,494	m
	MD290 to MD285, No excavation		51912.36 m to 53,110.71 m	11,111	m
	MD285 to MD252, B=25 m		53,110.71m to 64,974.36 m	11,864	m
			Total length of channel excavation	63,776	m
(4)	Sluice gate 2.00x2.00x2 barrels to 2.50x2.50x3 barrels			9	Nos.
	2.00x2.00x1 barrel to 1.50x1.50x1 barrel			21	Nos.
	1.00x1.00x1barrel			17	Nos.
(5)	Slope protection	Concrete frame	Jedeida city (Left bank)	1,000	m
			Jedeida city (Right bank)	1,000	m
			El Battane city (Left bank)	100	m
			El Battane city (Left bank)	100	m
		Stone pitching		10,000	m ³
		Fascine mattress		72,000	m ²
(6)	Reconstruction of existing bridge MD 434		Road bridge, L=140 m	1	Site
	MD 406		Road bridge, L=160 m	1	Site
	MD 401		Road bridge, L=140 m	1	Site
(7)	Heightening of existing railway bridge MD 338		L=90 m	1	Site
(8)	Heightening of existing road Length of heightening		Bituminous pavement	4,600	m
II. El Mabtouh Retarding Basin					
(1)	Inlet channel	Construction of earth canal	Improvement of existing channel	9,130	m
			New construction	2,770	m
(2)	Outlet channel Dredging of existing canal			7,780	m
(3)	Reservoir Surrounding dike			10,100	m
	Design storage capacity			50,000,000	m ³ /s
(4)	Outlet structure Sluice, roller gate	Design discharge		Q=50	1 set m ³ /s max
		Size	3.00x3.00x3nos		
(5)	Inlet structure Overflow dike with stop log	Design discharge		Q=200	m ³ /s
		Crest length of overflow dike		80	m
(6)	Bridge Renewal of existing bridge 25m x 2 spans = 50m	One-lane-type		6	Sites
		Two-lane-type		1	Sites
(7)	Sluice gate Flap gate			5	Sites
(8)	Drain inlet Flap gate			23	Sites
III. Chaffrou River					
(1)	Levee length (Left bank and right bank) CH0 to CH8		0.00 m to 2,000 m	2,000	m

Table 9.1.1 Aspect Saillant des Structures Proposées (Travaux d'Amélioration de La Rivière) (2/3)

No.	Work Item	Sub Item (Type)	Location/Stretches/Length	Dimention	Unit
Zone D1					
I. Mejerda River					
(1)	River channel length MD252 to MD1		64,974.36 m to 148,537.42	83,563.06	m
(2)	Scope of construction boundary of levee embankment (Left bank and right bank)				
	MD251 to MD29		67,312.99 m to 139,335.82	72,022.83	m
	MD24 to MD0		14,1007.44 m to 148,537.42	7,529.98	m
			Total	79,552.81	m
		Actual construction length	(Left bank)	36,671	m
			(Right bank)	33,909	m
			Total	70,580	m
(3)	Low water channel excavation MD251 to MD135, B=25 m MD251 to MD1, B=20 m		67,312.99 m to 105,317.25 105,317.25 m to 148,537.42	38,004 43,220	m
			Total	81,224	
(4)	Sluice gate 2.00x2.00x2 barrels to 2.50x2.50x3 barrels 2.00x2.00x1 barrel to 1.50x1.50x1 barrel 1.00x1.00x1barrel			11 27 34	Nos. Nos. Nos.
(5)	Slope protection	Concrete frame Stone pitching Fascine mattress		1,000 10,000 81,000	m m ³ m ²
(6)	Renewal of existing bridge MD 134		Road bridge, L=140 m	1	LS
(7)	Stop log at Mejez El Bab old bridge			2	Sets
II. Majez El Bab Bypass Channel					
(1)	Bypass channel	Length Channel bottom width Discharge	Mejerda River Bypass Channel side slope	4512 15 Q = 450 Q = 250 01:02.0	m m m ³ /s m ³ /s
(2)	Inlet structure			1	Set
(3)	Outlet structure			1	Set
(4)	Ground sill			3	Sites
(5)	Bridge	30m x 2 spans = 60m	Two-lane-type	4	Sites
(6)	Drain inlet			1	Set
(7)	Slope protection	Stone pitching	1 location	1,200	m
III. Lahmer River					
(1)	Levee length (Left bank and right bank)	LA0 to LA8	0.00 m to 2,000 m	2,000	m
Zone U2					
I. Mejerda River					
(1)	River channel length	MU1 to MU164	0.00 m to 63889.42 m	63,889	m
(2)	Scope of construction boundary of levee embankment (Left bank and right bank)				
		MU1 to MU53	0.00 m to 21159.41 m	21,159	
		MU79 to MU172	30,077.29 m to 63,889.42 m	33,812	m
			Total	54,972	
		Actual construction length	(Left bank)	34,833	m
			(Right bank)	32,666	m
			Total	67,499	m
(3)	Low water channel excavation	MU53 to MU129, B=50 m MU129 to MU164, B=40 m	21,159.41 m to 50,385.72 m 50,385.72 m to 63,889.42 m	29,226 13,504	
			Total	42,730	
(4)	Sluice gate	2.00x2.00x2 barrels to 2.50x2.50x3 barrels 2.00x2.00x1 barrel to 1.50x1.50x1 barrel 1.00x1.00x1barrel		6 16 20	Nos. Nos. Nos.

Table 9.1.1 Aspect Saillant des Structures Proposées (Travaux d'Amélioration de La Rivière) (3/3)

No.	Work Item	Sub Item (Type)	Location/Stretches/Length	Dimention	Unit
(5)	Slope protection		Concrete frame	1,000	m
			Stone pitching	10,000	m ³
			Fascine mattress	99,000	m ²
(6)	Renewal of existing aqueduct with foot bridge				
	MD 134	To be improved to Road bridge, L=110 m		1	
II. Bou Salem Bypass Channel					
(1)	Bypass channel				
		Length		7,736	m
		Channel bottom width		25	m
		Discharge	Mejerda River	Q = 1140	m ³ /s
			Bypass Channel	Q = 700	m ³ /s
			side slope	01:02.0	
(2)	Inlet structure			1	Set
(3)	Outlet structure			1	Set
(4)	Ground sill			8	Sites
(5)	Bridge	30m x 2 spans = 60m	Two-lane-type	5	Sites
(6)	Drain inlet			1	Set
(7)	Slope protection	Stone pitching	3 locations, total length	1,500	m
III. Bou Heurtma River					
(1)	Levee length (Left bank and right bank)	BH0 to BH32	0.00 m to 6,742.34 m	6,742.34	m
IV. Tessa River					
(1)	Levee length (Left bank and right bank)	TS0 to TS24	0.00 m to 4,348.24 m	4,348.24	m
V. Kasseb River					
(1)	Levee length (Left bank and right bank)	KS0 to KS11	0.00 m to 3,056.98m	3,056.98	m
Zone U1					
I. Mejerda River					
(1)	River length	MU164 to MU360	63889.42 m to 158306.49m	94,417.07	m
(2)	Scope of construction boundary of levee embankment (Left bank and right bank)	MU164 to MU172	63889.42 m to 67610.96m	3,721.54	m
		Actual construction length	(Left bank)	2,264	m
			(Right bank)	2,860	m
			Total	5,124.00	m
(3)	Low water channel excavation	MU164 to MU208, B=10 m	63889.42 m to 79550.78 m	15,661	m
		MU208 to MU248, B=15 m	79550.78 m to 99714.35 m	20,164	m
		MU208 to MU248, No excavation		0	m
		MU305 to MU329, B=10 m	128913.2 m to 141842.33 m	12,929	m
			Total	48,754	m
(4)	Sluice gate	1.00x1.00x1barrel		3	Nos.
(5)	Slope protection	Stone pitching		5,000	m ³
		Fascine mattress		45,000	m ²
Zone M					
I. Mellegue River					
(1)	River length for study	MG1 to MU114	63889.42 m to 158306.49m	158,306.00	m
(2)	Scope of construction boundary of levee embankment (Left bank and right bank)	MG1 to MG35	0.00 m to 8895.23m	8,895.23	m
		Actual construction length	(Left bank)		
			(Right bank)		
(3)	Low water channel excavation	MG1 to MG52	0.00 m to 12871.42 m	12,871	m
(4)	Sluice gate	1.00x1.00x1barrel		3	Nos.

Source: The Study Team

Tableau 9.1.2 Plan d'Action du Projet de Renforcement de la Fonction de Régulation D'Inondation dans le Bassin de la Medjerda

Project Title : Project on Strengthening Flood Control Function of Reservoirs in Mejerda River Basin
Country : Tunisia
Project Area : Mejerda River Basin
Project Type : Technical Cooperation Project
Field : Water Resources-Disaster Management-Flood Disaster
Term of Cooperation : 2.5 Years
Implementing Organization : Ministry of Agriculture and Water Resources

Work Schedule

Main Programs and Activities	First Yeay	Second Year	Third Year	Position in Charge
1. Improvement of simulation model for coordinated operation of dams				E2, E3, E4
2. Drafting improved operation rules of 7 selected reservoirs for flood control				E2
3. Trial applicaton (2 rainy seasons), review and improvement of the draft improved reservoir operation rules for flood control				E2, E4
4. Coordination of institution arrangements relateted to improved reserovor operation rules for flood control				E6
5. Strengthening function of collection, storing, analysis and dissemination of data/information				E5, E2
6. Preparing monitoring plan to sustain project effect				All

Staffing Schedule (Expatriates)

Position	First Yeay	Second Year	Third Year	M/M
E1: Team Leader				21
E2: Reservoir Operation				21
E3: Hydrorogy and Hydraulics				2
E4: Flood Forecasting				6
E5: System Management				5
E6: Institutional Arrangement				5
E7: Coordinator				21
			Total	81

Rainy season

Tableau 9.2.1 Plan d'Action du Projet de Renforcement de la Fonction d'Inondation Système de Prévision et d'Alerte (FFWS) du Bassin de la Medjerda

Project Title : Project on Strengthening Function of Flood Forecasting and Warning System (FFWS) in Mejerda River Basin
Country : Tunisia
Project Area : Mejerda River Basin
Project Type : Technical Cooperation Project
Field : Water Resources-Disaster Management-Flood Disaster
Term of Cooperation : 3 Years
Implementing Organization : Ministry of Agriculture and Water Resources

Work Schedule

Main Programs and Activities	First Yeay	Second Year	Third Year	Position in Charge
1. Scrutiny on additional installation of telemetric rainfall and water-level gauges to existing telemetry system				E3
2. Installation of additional telemetric rainfall and water-level gauges				E3, E4, E6
3. Study on flood forecasting method and model				E2, E3
4. Development of flood forecasting model				E2, E4, E5
5. Installation of measuring device of dam release discharge				E4, E6
6. Improvement of FFWS based on trial application and review of the draft improved reservoir operation rules for flood control				E2, E5
7. Preparing system operation manual				E2, E4, E5
8. Preparing monitoring plan to sustain project effect				All

Staffing Schedule (Expatriates)

Position	First Yeay	Second Year	Third Year	M/M
E1: Team Leader				16
E2: Flood Forecasting				14
E3: Hydrorogy and Hydraulics				6
E4: System Management				6
E5: Forcasting Model Development				8
E6: Civil works				4
E7: Coordinator				16
			Total	70

Rainy season

Table 9.2.2 Plan d’Action du Projet de Renforcement de l’Evacuation et Système de Lutte contre les Inondation du Bassin de la Medjerda

Project Title : Project on Strengthening Evacuation and Flood Fighting System in Mejerda River Basin
Country : Tunisia
Project Area : Mejerda River Basin
Project Type : Technical Cooperation Project
Field : Water Resources-Disaster Management-Flood Disaster
Term of Cooperation : 1 Years
Implementing Organization : Ministry of Agriculture and Water Resources

Work Schedule

Main Programs and Activities	First Yeay	Second Year	Third Year	Position in Charge
1. Improvement of information sharing system among official agencies and communities regarding flood disaster management and evacuation plan				E2
2. Study and setting of alert levels at key water-level gauging stations for evacuation/flood fighting activities				E2, E3
3. Formulation of precise criteria to commence evacuation/flood fighting activities				E2
4. Development of understandable evacuation procedures and drilling at pilot areas				E2
5. Preparing monitoring plan to sustain project effect				All

Staffing Schedule (Expatriates)

Position	First Yeay	Second Year	Third Year	M/M
E1: Team Leader				12
E2: Evacuation/Flood Fighting				12
E3: Hydrologist				4
E4: Coordinator				12
			Total	40

 Rainy season

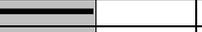
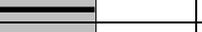
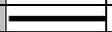
Table 9.2.3 Plan d'Action du Projet du Développement de la Capacité Organisationnelle du bassin de la Medjerda

Project Title : Project on Organizational Capacity Development for Mejerda River Basin
Country : Tunisia
Project Area : Mejerda River Basin
Project Type : Technical Cooperation Project
Field : Water Resources-Disaster Management-Flood Disaster
Term of Cooperation : 3 Years
Implementing Organization : Ministry of Agriculture and Water Resources

Work Schedule

Main Programs and Activities	First Stage		(Second Stage)		Third Stage		Position in Charge
	First Year	Second Year			Last Year		
First Stage							
1. Scrutiny and establishment of permanent division or direction in charge of Mejerda River basin inside DGBGTH							E1, E4
2. Detailed study on 11 proposed programs for organizational capacity development							E1, E2, E3, E4, E5, E6
3. Initiating the proposed programs							E1, E2, E3, E4, E5, E6
4. Selection of a pilot project to be conducted in the second stage							E1, E4
5. Provision of documented technical guidelines, standards and rules							E1, E2, E3, E4, E6
Second Stage							
Conducting a pilot project under proposed river improvement project of the Mejerda River							
Third Stage							
1. Scrutiny and establishment of an agency in charge of O/M of the Majerda River basin, if the pilot project justifies the viability of the agency							E1, E4
2. Preparing monitoring plan to sustain project effect							All

Staffing Schedule (Expatriates)

Position	First Year	Second Year			Last Year	M/M
E1: Team Leader/River Management						30
E2: River Facilities						16
E3: Dam Operation/Maintenance						10
E4: Organization and Institution						18
E5: Economics						2
E6: Environmental and Social Consideration						4
E7: Coordinator						18
					Total	98

 Rainy season

Table 9.2.4 Plan d'Action de Renforcement de la Réglementation/ Gestion des Zones inondables (Zonage)

Project Title : Project on Strengthening of Flood Plain Regulation/Management (Flood Zoning)
Country : Tunisia
Project Area : Mejerda River Basin
Project Type : Technical Cooperation Project
Field : Flood Plain Management
Term of Cooperation : 3 Years
Implementing Organization : DGBGTH, Ministry of Agriculture and Water Resources

Position	First Year	Second Year	Third Year	M/M
E1: Team Leader				20
E2: Hydrologist				4
E3: GIS Expert				8
E4: Land Use Planner				10
E5: Agroeconomis				6
E6: Institutional Specialist				6
E7: IT Expert/System Engineer				4
E8: Coordinator				16
Total				74

Main Programs and Activities	First Year	Second Year	Third Year	Position in charge
	Step 1	Step 2	Step 3	
1. Delineation of flood prone area through runoff and inundation analyses of the Mejerda River basin				E1, E2, E3
2. Updating of GIS data base with current cropping information				E1, E3, E4
3. Preparation of flood risk map with zoning by risk level				E1, E2, E4
4. Analysis on improved cropping pattern based on current prevailing land use				E1, E4, E5
5. Preparation of guideline for flood risk mapping				E1, E2, E3
6. Preparation of guideline for enhanced land use control for urabn and rural areas				E1, E3, E4, E5
7. Dissemination, application, evaluation and validation of the guidelines in target CRDAs and local governments				E1, E6, E7
8. Training and seminar				All

Table 11.1.1 Liste des Travaux d'Améliorations Concevables Pour le Contrôle des Inondations (1/3)

Lieu	No.	Nom de Zone/région	Nom de l'oued	mesures Structural	Lieu *1	Objectif/étendue/effet de la protection contre les inondations	Echelle préliminaire des mesures structurales(Dimensions Principales)		Impact Probable sur l'environnement	Remarques
Partie Supérieure	A	Jendouba et Upstream	Mejerda (en amont)	River improvement (excavation, revetment works, etc.)	63.9 Km - 158.3 Km	Mitigation of flood inundation damage in Jendouba City proper and its upstream	Long. des améliorations de l'oued	48.8 km	Impact sur l'environnement de l'oued à cause du changement du régime d'écoulement, acquisition des terres, sécurisant des lieux de décharge appropriés pour les déblais	
							Largeur du canal de l'oued après travaux d'améliorations (entre le top des deux pentes sur les deux côtés gauche et droite)	70 m		
							Hauteur de la digue planifiée	2.0 m		
							Longueur de la digue planifiée(total des dxeux rives gauche et droite)	5.1 km		
	B	Mellegue en aval	Mellegue (en aval)	Construction d'une digue+ améliorations de la rivière (déblai, travaux de revêtement, etc.)	0 Km - 12.9 Km	Protection contre les inodations des zones au long du Oued Mellèguefrom flood inundation in the areas along the Mellegue en aval (terres cultivées étendues à gauche des plaines basses en aval)	Long. des améliorations de l'oued	12.9 m	Impact sur l'environnement de l'oued à cause du changement du régime d'écoulement, acquisition des terres, sécurisant des lieux de décharge appropriés pour les déblais	
							Largeur du canal de l'oued (entre le top des deux pentes sur les deux côtés gauche et droite)	75 m		
							Hauteur de la digue planifiée	2.0 m		
							Longueur de la digue planifiée(total des dxeux rives gauche et droite)	7.4 km		
	C	Mellegue Confluence to Bou Salem	Mejerda (en amont)	Canal de dérivation y compris la construction d'un pont	30.5 Km - 47.8Km	Atténuation des dégâts des inondations à la ville de Bou Salem principalement et en amont	Total length of bypass channel	7.7 km	Change of river flow regime, securing appropriate spoil disposal areas	It is expected that the land acquisition will not be required because the land along the planned alignment of bypass channel belongs to the government
							Channel width (between tops of side slopes on the right and left sides)	60 m		
							Design discharge (provisional)	700 m ³ /s		
							Excavation volume	3.2 mil.m ³		
			Construction d'une digue+ améliorations de la rivière (déblai, travaux de revêtement, etc.)	30.1 Km - 63.9 Km		Length of river improvement	33.8 km	Impact sur l'environnement de l'oued à cause du changement du régime d'écoulement, acquisition des terres, sécurisant des lieux de décharge appropriés pour les déblais	The stakeholder meeting was held in Bou Salem in September 2007.	
					River channel width after improvement works (between tops of riverbank slopes on the right and left sides)	120 m				
					Planned dike height	3.0 m				
					Planned dike length (total of right and left river banks)	31.5 km				
D	En amont du barrage de Sidi Salem (à Bou Salem)	Mejerda (en amont)	Améliorations de la rivière (déblai, travaux de revêtement, etc.)	0 Km- 30.1 Km	Protection contre les inondations dans les zones au long de l'oued qui souffrent de l'avancée des sédiments et qui sont adjacentes en amont du barrage de Sidi Salem (terres cultivées en aval de l'oued)	Long. des améliorations de l'oued	30.1 km	Impact sur l'environnement de l'oued à cause du changement du régime d'écoulement, acquisition des terres, , sécurisant des lieux de décharge appropriés pour les déblais		
						Largeur du canal de l'oued après travaux d'améliorations (entre le top des deux pentes sur les deux côtés gauche et droite)	200 m			
						Hauteur de la digue planifiée	4.0 m			
						Longueur de la digue planifiée(total des dxeux rives gauche et droite)	49.5 km			

Table 11.1.1 Liste des Travaux d'Améliorations Concevables Pour le Contrôle des Inondations (2/3)

Lieu	No.	Nom de Zone/région	Nom de l'oued	mesures Structural	Lieu *1	Objectif/étendue/effet de la protection contre les inondations	Echelle préliminaire des mesures structurales(Dimensions Principales)		Impact Probable sur l'environnement	Remarques	
Partie à mis cours d'eau	E	Downstream of Sidi Salem Dam to Larrousia Dam	Mejerda (en aval)	Canal de dérivation y compris la construction d'un pont	105.3 Km - 110.6 Km	Atténuation des dégâts des inondations touchant la ville de Medjez El Bab proprement dit, la conservation de la propriété historique (le vieux pont qui date du 17ème C) dont la destruction ou déplacement semblent difficiles	Long. totale du canal de dérivation	4.5 km	Change of river flow regime, land acquisition, securing appropriate spoil disposal areas	The channel passes through mainly agricultural lands, avoiding dwellings and the risks of resettlement	
							Largeur du canal (entre le top des deux pentes sur les deux côtés gauche et droite)	60 m			
					Plan de décharge (provisoire)	200 m ³ /s					
					Volume des déblais	2.65 mil.m ³					
					Construction d'une digue+ améliorations de la rivière (déblai, travaux de revêtement, etc.)	67.3 Km - 148.5 Km		Long. des améliorations de l'oued	81.2 km	Impact sur l'environnement de l'oued à cause du changement du régime d'écoulement, acquisition des terres, sécurisant des lieux de décharge appropriés pour les déblais	
							Largeur du canal de l'oued après travaux d'améliorations (entre le top des deux pentes sur les deux côtés gauche et droite)	90 m			
				Hauteur de la digue planifiée	1.0 m						
						Longueur de la digue planifiée(total des deux rives gauche et droite)	70.6 km				
Partie inférieure	F	El Battane	Mejerda (en aval)	River improvement (excavation, revetment works, etc.)	48.5 Km - 67.3 Km	Mitigation of flood inundation damage in and around El Battane City proper, conservation of historical property (El Battane weir dating from the 17th century) of which the destruction or relocation seems difficult) and its downstream	Length of river improvement	18.8 km	Impacts on river environment due to change of river flow regime, land acquisition, securing appropriate spoil disposal areas		
							River channel width after improvement works (between tops of riverbank slopes on the right and left sides)	95 m			
							Planned dike height	2.0 m			
							Planned dike length (total of right and left river banks)	0.5 km			
	G	Jedeida (up to confluence of Chafrou River)	Mejerda (en aval)	Construction d'une digue+ améliorations de la rivière (déblai, travaux de revêtement, etc.)	31.3 Km - 48.6Km	Atténuation des dégâts des inondations à et autour de la ville de Jedeida proprement dit.	Long. des améliorations de l'oued	17.3 km	mpact sur l'environnement de l'oued à cause du changement du régime d'écoulement, acquisition des terres, due to change of river flow regime, sécurisant des lieux de décharge appropriés pour les déblais		
							Largeur de l'oued après travaux d'amélioration (entre le top des deux pentes sur les deux côtés gauche et droite)	110 m			
							Hauteur de la digue planifiée	1.0 m			
							Longueur de la digue planifiée(total des deux rives gauche et droite)	15.5 km			
	H	El Mabtouh - Estuary of Mejerda River	Mejerda (Lower reaches)	Dike construction + river improvement (excavation, revetment works, etc.)	0 Km - 31.3 Km	Mitigation of flood inundation damage in agricultural land spreading along the Mejerda lowest reaches and conservation of the agricultural land	Long. des améliorations de l'oued	31.3 km	mpact sur l'environnement de l'oued à cause du changement du régime d'écoulement, acquisition des terres, due to change of river flow regime, sécurisant des lieux de décharge appropriés pour les déblais	The stakeholder meeting was held in Sidi Thabet in September 2007.	
							Largeur de l'oued après travaux d'amélioration (entre le top des deux pentes sur les deux côtés gauche et droite)	170 m			
Hauteur de la digue planifiée							2.0 m				
Longueur de la digue planifiée(total des deux rives gauche et droite)							40.3 km				

Table 11.1.1 Liste des Travaux d'Améliorations Concevables Pour le Contrôle des Inondations (3/3)

Lieu	No.	Nom de Zone/région	Nom de l'oued	mesures Structural	Lieu *1	Objectif/étendue/effet de la protection contre les inondations	Echelle préliminaire des mesures structurales(Dimensions Principales)		Impact Probable sur l'environnement	Remarques	
Partie inférieure	H	El Mabtouh - Estuary of Mejerda River	Mejerda (Lower reaches)	Retarding basin	11.8 Km - 31.1 Km	Mitigation of flood inundation damage in agricultural land spreading along the Mejerda lowest reaches and conservation of the agricultural land	Total surface area of retarding basin	2230 ha	Impacts on surrounding agricultural land due to flood inundation (during floods)	The candidate area for retarding basin is pasture land (unused land) and unsuitable for agriculture, which is used currently as a natural retarding basin in a rainy season	
							Planned inundation depth in retarding basin	3.0 m			
				Modification of existing drainage canal to convey some flood water to the retarding basin	11.8 Km - 31.1 Km			Length of new drainage canal	2.77 km		Securing appropriate spoil disposal areas
							Length of existing drainage canal to be modified	27.01 km			
				Modification of existing facilities (gates structures, raising bridge)	11.8 Km - 31.1 Km			Sluice at outlet of drainage canal to be modified	23 sites		Land acquisition for raising bridge
		Raising bridge (incl. raising approach road)	6 bridges								

Note: *1 A, C, D: distance from upper end of Sidi Salem Reservoir, E to H: distance from estuary of Mejerda River, B: distance from confluence of Mellegue River with Mejerda River

Tableau 11.3.1 Matrice d'Impact des Mesures Structurelles du Projet Prévu dans le Plan Directeur (1/3: Pré-construction)

Eléments Environnementaux		Environnement Physique							Environnement Naturel			Environnement Socio-économique					
		Topographie et Géologie	Erosion du Sol	Déchets (matière draguée/déblai)	Eau souterraine (utilisation des eaux des puits)	Qualité des eaux Oued Medjerda	Qualité des eaux Bassin de retardement	Qualité de l'air (émission de gaz, poussière)	Bruits et vibrations	Faune et flore terrestres	Faune et flore aquatiques	Zones et espèces protégées	Acquisition des terres et relocalisation	Conflits / opposition de la population	Changement affectant les revenus et les modes de vie des gens	Impact sur l'agriculture, les forêts et la pêche	Impacts sur la zone en aval
1) Mesures pour la partie supérieure (Gouvernorats de Jendouba, Le Kef, partie ouest du Gouvernorat de Beja)	Mesure A : Travaux d'amélioration à Jendouba et la zone en amont											-1	-1				
	Mesure B : Travaux d'amélioration Mellègue											-	-				
	Mesure C1 : Canal de dérivation de Bousalem											-1	-1				
	Mesure C2 : Travaux d'amélioration à Bousalem et la zone en amont											-	-				
	Mesure D : Travaux d'amélioration en aval de Bousalem jusqu'au barrage de Sidi Salem											-	-				
2) Mesures pour la partie centrale (Partie est du Gouvernorat de Beja)	Mesure E1: Canal de dérivation de Mezez El Bab											-2	-2				
	Mesure E2: Travaux d'amélioration en aval du barrage de Sidi Salem jusqu'au barrage de Laaroussia											-1	-1				
3) Mesures pour la partie en aval (Gouvernorats de l'Ariana, Manouba, et Bizerte)	Mesure F: Travaux d'amélioration à El Battane											-1	-1				
	Mesure G: Travaux d'amélioration à Jedeida											-1	-1				
	Mesure H1: Travaux d'amélioration à El Mabtouh											-1	-1				
	Mesure H2: Bassin de retardement à El Mabtouh											-1	-				
4) Pas d'action	Aucune mesure appliquée																

Note) " -": Impact négatif insignifiant, " -1" : Petit impact négatif, " -2": Impact négatif moyen, " -3": Impact négatif important
 "+" Impact positif insignifiant, " +1" : Petit impact positif, " +2" : Impact positif moyen, " +3" : Impact positif important

Table 11.3.1 Matrice d'Impact des Mesures Structurelles du Projet Prévu dans le Plan Directeur (2/3: Construction)

Eléments Environnementaux		Environnement Physique								Environnement Naturel			Environnement Socio-économique					
		Topographie et Géologie	Erosion du Sol	Déchets (matière draguée/déblai)	Eau souterraine (utilisation des eaux des puits)	Qualité des eaux Oued Medjerda	Qualité des eaux Bassin de retardement	Qualité de l'air (émission de gaz, poussière)	Bruits et vibrations	Faune et flore terrestres	Faune et flore aquatiques	Zones et espèces protégées	Acquisition des terres et relocalisation	Conflits / opposition de la population	Changement affectant les revenus et les modes de vie des gens	Impact sur l'agriculture, les forêts et la pêche	Impacts sur la zone en aval	Circulation et transport
1) Mesures pour la partie supérieure (Gouvernorats de Jendouba, Le Kef, partie ouest du Gouvernorat de Beja)	Mesure A : Travaux d'amélioration à Jendouba et la zone en amont	-	+1	-1	-	-1		-1	-2	-			-1	+1	-1	-	-1	
	Mesure B : Travaux d'amélioration Mellègue	-	+1	-	-	-1		-1	-1	-			-	+	-	-	-	
	Mesure C1 : Canal de dérivation de Bousalem	-1		-2	-	-2		-1	-2		-2		-1	+3	-1	-	-1	
	Mesure C2 : Travaux d'amélioration à Bousalem et la zone en amont	-	+1	-2	-	-1		-1	-2	-1			-	+2	-1	-	-1	
	Mesure D : Travaux d'amélioration en aval de Bousalem jusqu'au barrage de Sidi Salem	-	+1	-2	-	-1		-1	-2	-1			-	+2	-1	-	-1	
2) Mesures pour la partie centrale (Partie est du Gouvernorat de Beja)	Mesure E1: Canal de dérivation de Mezez El Bab	-1		-2	-	-2		-1	-2		-2		-2	+2	-1	-	-1	
	Mesure E2: Travaux d'amélioration en aval du barrage de Sidi Salem jusqu'au barrage de Laaroussia	-	+1	-1	-	-1		-1	-2	-			-1	+1	-1	-	-1	
3) Mesures pour la partie en aval (Gouvernorats de l'Ariana, Manouba, et Bizerte)	Mesure F: Travaux d'amélioration à El Battane	-	+1	-1	-	-1		-1	-2	-			-1	+1	-1	-	-1	
	Mesure G: Travaux d'amélioration à Jedeida	-	+1	-1	-	-1		-1	-2	-			-1	+1	-1	-	-1	
	Mesure H1: Travaux d'amélioration à El Mabtouh	-	+1	-1	-	-1		-1	-1	-			-1	+1	-1	-	-1	
	Mesure H2: Bassin de retardement à El Mabtouh			-1		-1	-1	-1	-1				-	+1	-1	-	-1	
4) Pas d'action	Aucune mesure appliquée		-3			-3				-3	-3			-3	-3	-3		

Note) " -": Impact négatif insignifiant, " -1" : Petit impact négatif, " -2": Impact négatif moyen, " -3": Impact négatif important
 "+" Impact positif insignifiant, " +1" : Petit impact positif, " +2" : Impact positif moyen, " +3" : Impact positif important

Table 11.3.1 Matrice d'Impact des Mesures Structurelles du Projet Prévu dans le Plan Directeur (3/3: Opération)

Eléments Environnementaux		Environnement Physique							Environnement Naturel			Environnement Socio-économique					
		Topographie et Géologie	Erosion du Sol	Déchets (matière draguée/déblai)	Eau souterraine (utilisation des eaux des puits)	Qualité des eaux Oued Medjerda	Qualité des eaux Bassin de retardement	Qualité de l'air (émission de gaz, poussière)	Bruits et vibrations	Faune et flore terrestres	Faune et flore aquatiques	Zones et espèces protégées	Acquisition des terres et relocalisation	Conflits / opposition de la population	Changement affectant les revenus et les modes de vie des gens	Impact sur l'agriculture, les forêts et la pêche	Impacts sur la zone en aval
1) Mesures pour la partie supérieure (Gouvernorats de Jendouba, Le Kef, partie ouest du Gouvernorat de Beja)	Mesure A : Travaux d'amélioration à Jendouba et la zone en amont		+1											+1			
	Mesure B : Travaux d'amélioration Mellègue		+1											+			
	Mesure C1 : Canal de dérivation de Bousalem	-1			-					-2				+3	-1	-	-1
	Mesure C2 : Travaux d'amélioration à Bousalem et la zone en amont		+1											+2			
	Mesure D : Travaux d'amélioration en aval de Bousalem jusqu'au barrage de Sidi Salem		+1											+2			
2) Mesures pour la partie centrale (Partie est du Gouvernorat de Beja)	Mesure E1: Canal de dérivation de Mejez El Bab	-1			-					-2				+2	-1	-	-1
	Mesure E2: Travaux d'amélioration en aval du barrage de Sidi Salem jusqu'au barrage de Laaroussia		+1											+1			
3) Mesures pour la partie en aval (Gouvernorats de l'Ariana, Manouba, et Bizerte)	Mesure F: Travaux d'amélioration à El Battane		+1											+1			
	Mesure G: Travaux d'amélioration à Jedeida		+1											+1			
	Mesure H1: Travaux d'amélioration à El Mabtouh		+1											+1			
	Mesure H2: Bassin de retardement à El Mabtouh						-1							+1			
4) Pas d'action	Aucune mesure appliquée		-3							-3	-3				-3	-3	

Note) " -": Impact négatif insignifiant, " -1" : Petit impact négatif, " -2": Impact négatif moyen, " -3": Impact négatif important
 "+" Impact positif insignifiant, " +1" : Petit impact positif, " +2" : Impact positif moyen, " +3" : Impact positif important

Tableau 11.4.1 Evaluation des Mesures Structurelles Prévues par le Plan Directeur

1) Mesures pour la zone supérieure

Mesures structurelles prévues	Impact Négatif			Impact Positif	Evaluation
	Avant la construction	Construction	Exploitation	Toutes les étapes	
Travaux d'amélioration à Jendouba ainsi que dans la zone en amont	-1	-2		+1	○
Travaux d'amélioration à Mellegue	-	-1		+	◎
Canal de dérivation de Bou Salem	-1	-2	-2	+3	○
Travaux d'amélioration à Bou Salem ainsi que dans la zone en amont	-	-2		+2	○
Travaux d'amélioration en aval de Boussalem jusqu'au du réservoir de Sidi Salem	-	-2		+2	○

2) Mesures pour la zone centrale

Mesures structurelles prévues	Impact Négatif			Impact Positif	Evaluation
	Avant la construction	Construction	Exploitation	Toutes les étapes	
Canal de dérivation de Mejez El Bab	- 2	-2	-2	+2	○
Travaux d'amélioration en aval du barrage de Sidi Salem jusqu'au barrage de Laaroussia	-1	-2		+1	○

3) Mesures pour la zone inférieure

Mesures structurelles prévues	Impact Négatif			Impact Positif	Evaluation
	Avant la construction	Construction	Exploitation	Toutes les étapes	
Travaux d'amélioration à El Battane	-1	-2		+1	○
Travaux d'amélioration Jedeida	-1	-2		+1	○
Travaux d'amélioration Mabtouh	-1	-1		+1	○
Bassin de retardement à El Mabtouh	-1	-1	-1	+1	○

Note) "-": Impact négatif insignifiant, "-1": Petit impact négatif, "-2": Impact négatif moyen, "-3": Impact négatif important
 "+": Impact positif insignifiant, "+1": Petit impact positif, "+2": Impact positif moyen, "+3": Impact positif important
 ○: Recommandable, ◎: Recommandé

**Tableau 11.4.2 Cadre de la gestion environnementale pour les
(mesures) d'atténuation et de contrôle (1/2)**

Mesures structurelles du projet	Impacts de moyenne magnitude	Mesures d'atténuation prévues	Element (issue) à verifier (controler)
Jendouba et les travaux d'amélioration au niveau Amont	Bruits et vibrations durant la période de construction	Interdiction de transport de matériel près des habitations et des édifices sensible tels que les écoles, les hôpitaux etc., circulation des engins à basse vitesse, et interdire toute utilisation de klaxons.	Niveaux des bruits et vibrations le long de la route de transportation et dans la zone d'habitation.
Canal de dérivation à Bousalem	Expropriation de terrains et problèmes sociaux avant (la phase de) la construction	Dissémination de/ propagation des informations relatives à la nécessité du projet. Accorder des frais adéquats de compensation selon la réglementation et les procédures en vigueur.	Commentaires, et plaintes des résidents locaux
	Opposition de/conflit avec la population locale	Dissémination de la nécessité du canal de dérivation, dont les impacts et les avantages possibles. Compensation en ce qui concerne les désagréments (causés) à la vie quotidienne de la population	Commentaires et plaintes des résidents locaux
	Bruits et vibrations pendant la période de construction	Interdiction de transport de matériel près des habitations et des édifices sensible tels que les écoles, les hôpitaux etc., circulation des engins à basse vitesse, et interdire toute utilisation des klaxons.	Niveaux des bruits et vibrations le long de la route de transportation et dans la zone d'habitation
	Travaux de terrassement, déchets et huiles affecteront la qualité des eaux de la Mejerda pendant les travaux de construction	Renforcement de la gestion environnementale, et limiter les perturbations causées aux organismes aquatiques Maintenir et nettoyer les équipements et les engins dans un site éloigné des rives. Construire des toilettes simples et résistantes aux fuites (d'eau) ainsi qu'une fosse septique, et désinfecter et nettoyer les locaux du chantier Construire un fossé le long de la rivière afin de prévenir le déversement des eaux usées dans la rivière	Qualité des eaux dans la rivière Mejerda ; impacts sur les organismes aquatiques
	Génération de déchets (suite aux travaux de Dragage/ déblai)	Expropriation des terrains avec les méthodes adéquates et compensation pour l'acquisition d'une zone (site) de décharge du déblai. Bonne gestion des déchets (déblai,...) qui ne devraient pas être vidés dans les zones environnantes.	Conditions de décharge du déblai ; Plaintes de la population locale
Bousalem et travaux d'amélioration de la zone en Amont	Bruits et vibrations durant la période de construction	La même mesure que dans le cas des travaux d'améliorations de Jendouba	Niveaux des bruits et vibrations le long de la route de transport et dans la zone d'habitation.
	Génération de déchets (suite aux travaux de Dragage/déblai)	La même mesure que dans le cas des travaux d'améliorations de Jendouba	Conditions de décharge du déblai ; Plaintes de la population locale

**Tableau 11.4.2 Cadre de la gestion environnementale pour les
(mesures) d'atténuation et de contrôle (2/2)**

Mesures structurelles du projet	Impacts de moyenne magnitude	Mesures d'atténuation prévues	Elément (issue) nécessaire à vérifier (contrôler)
Travaux d'amélioration en aval de Bousalem jusqu'au réservoir de Sidi Salem	Bruits et vibrations Durant le période de constructions	La même mesure que pour le cas des travaux d'améliorations de Bousalem	Niveaux des bruits et vibrations le long de la route de transportation et dans la zone d'habitation.
	Génération de déchets (Dragage/déblai)	La même mesure que pour le cas des travaux d'améliorations de Bousalem	Conditions de décharge du déblai ; Plaintes de la population locale
Canal de dérivation de Mejez El Bab	Acquisition (expropriation) de terrains et problèmes avec la population locale (durant la phase d') avant la construction	La même mesure pour le cas du canal de dérivation de Bousalem	Plainte de la population locale
	Opposition de/conflit avec la population locale	La même mesure pour le cas du canal de dérivation de Bousalem	Commentaire et plainte de la population locale
	Bruits et vibrations Durant le période de constructions	La même mesure pour le cas du canal de dérivation de Bousalem	Niveaux des bruits et vibrations le long de la route de transportation et dans la zone d'habitation.
	Travaux de terrassement, déchets et huiles affecteront la qualité des eaux de la Mejerda pendant les travaux de construction	La même mesure pour le cas du canal de dérivation de Bousalem	Qualité des eaux dans la Rivière Mejerda ; impacts sur les organismes aquatiques
	Génération de déchets (suite aux travaux de Dragage/ déblais)	La même mesure pour le cas du canal de dérivation de Bousalem	Conditions de décharge du déblai ; Plaintes de la population locale
Travaux d'amélioration en aval du barrage de Sidi Salem jusqu'au barrage de Laaroussia	Bruits et vibrations Durant le période de constructions	La même mesure pour le cas des travaux d'amélioration de Bousalem	Niveaux des bruits et vibrations le long de la route de transportation et dans la zone d'habitation.
Travaux d'amélioration d'El Battane	Bruits et vibrations Durant le période de constructions	La même mesure pour le cas des travaux d'amélioration de Mejez El Bab	Niveaux des bruits et vibrations le long de la route de transportation et dans la zone d'habitation.
Travaux d'amélioration de Jedeida	Bruits et vibrations Durant le période de constructions	La même mesure pour le cas des travaux d'amélioration d'El Battane	Niveaux des bruits et vibrations le long de la route de transportation et dans la zone d'habitation.

Source: Equipe d'Etude

Tableau 12.2.1 Coût de projet (1/4): pour la Zone D2 (Coût financier)

D2

Unit:TND1,000

Description	FC TND	LC TND	Total Cost			2011		2012		2013		2014		2015		2016		2017	
			TND equiv.	US\$ equiv.	Yen 10 ³ equiv.	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC
(1) Construction cost (Base cost)	27,428,000	41,142,000	68,570,000	58,557,000	6,253,000	0	0	0	0	2,743	4,114	6,857	10,286	8,228	12,343	6,857	10,286	2,743	4,114
1.1 River Improvement	27,428,000	41,142,000	68,570,000	58,557,000	6,253,000	0	0	0	0	2,743	4,114	6,857	10,286	8,228	12,343	6,857	10,286	2,743	4,114
1.2 FFWS																			
(2) Land Acquisition	0	9,265,000	9,265,000	7,912,000	845,000	0	0	0	1,853	0	2,780	0	2,780	0	1,853	0	0	0	0
(3) Government Administration 3% of (1) + (2)	0	2,335,000	2,335,000	1,994,000	213,000	0	117	0	234	0	350	0	467	0	467	0	467	0	234
(4) Engineering Services 10% of (1)	2,743,000	4,114,000	6,857,000	5,856,000	625,000	411	617	686	1,029	274	411	411	617	411	617	411	617	137	206
(5) Subtotal (1)+(2)+(3)+(4)	30,171,000	56,856,000	87,027,000	74,319,000	7,936,000	411	734	686	3,115	3,017	7,655	7,268	14,149	8,640	15,280	7,268	11,370	2,880	4,553
(6) Physical Contingency 10% of (5)	3,017,000	5,686,000	8,703,000	7,432,000	794,000	41	73	69	312	302	766	727	1,415	864	1,528	727	1,137	288	455
(7) Sub-Total (5)+(6)	33,188,000	62,542,000	95,730,000	81,751,000	8,730,000	453	807	754	3,427	3,319	8,421	7,995	15,564	9,504	16,808	7,995	12,507	3,168	5,009
(8) Price Contingency FC:2.1% and LC:3.2% of (7)	5,106,000	14,586,000	19,692,000	16,816,000	1,796,000	29 (.064)	80 (.099)	65 (.087)	460 (.134)	363 (.11)	1,436 (.171)	1,062 (.133)	3,238 (.208)	1,488 (.157)	4,146 (.247)	1,446 (.181)	3,584 (.287)	652 (.206)	1,642 (.328)
(9) Sub total (7)+(8)	38,294,000	77,128,000	115,422,000	98,567,000	10,526,000	482	887	820	3,887	3,682	9,857	9,057	18,802	10,992	20,954	9,441	16,091	3,820	6,650
(10) Taxes	0	18,152,000	18,152,000	15,501,000	1,655,000	0	138	0	243	0	1,723	0	4,299	0	5,283	0	4,579	0	1,887
1) 18% of ((1) x 1.1+(1) x 1.1 x R)	0	16,937,000	16,937,000	14,464,000	1,545,000	0	0	0	0	0	1,589	0	4,100	0	5,078	0	4,367	0	1,803
2) 10% of (((3) + (4))x1.1 +((3)+(4)) x1.1xR)	0	1,215,000	1,215,000	1,038,000	111,000	0	138	0	243	0	133	0	199	0	205	0	212	0	84
R: Rate of price contingency																			
Grand Total	38,294,000	95,280,000	133,574,000	114,068,000	12,181,000	482	1,026	820	4,130	3,682	11,580	9,057	23,101	10,992	26,237	9,441	20,669	3,820	8,537

Note: (a) Exchange rates applied to conversion of the currencies are : US\$ 1 = TND 1.171 = Yen 106.79 based on prevailing rate in June 2008

(b) Proportion of construction cost is : FC : LC = 40 : 60

(c) Base year for counting of price contingency is June 2008.

Tableau 12.2.1 Coût de projet (2/4): pour la Zone D1 (Coût financier)

U2

Unit:TND1,000

T-43

Description	FC TND	LC TND	Total Cost			2017		2018		2019		2020		2021		2022		2023		2024	
			TND equiv.	US\$ equiv.	Yen 10 ³ equiv.	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC
(1) Construction cost (Base cost)	35,607,000	43,520,000	79,127,000	67,572,000	7,216,000	0	0	0	0	3,561	4,352	7,121	8,704	8,902	10,880	8,902	10,880	7,121	8,704	0	0
1.1 River Improvement	35,607,000	43,520,000	79,127,000	67,572,000	7,216,000	0	0	0	0	3,561	4,352	7,121	8,704	8,902	10,880	8,902	10,880	7,121	8,704	0	0
1.2 FFWS																					
(2) Land Acquisition	0	12,724,000	12,724,000	10,866,000	1,160,000	0	0	0	2,545	0	3,817	0	3,817	0	2,545	0	0	0	0	0	0
(3) Government Administration 3% of (1) + (2)	0	2,756,000	2,756,000	2,354,000	251,000	0	276	0	276	0	276	0	413	0	551	0	551	0	413	0	0
(4) Engineering Services 10% of (1)	3,561,000	4,352,000	7,913,000	6,757,000	722,000	534	653	712	870	356	435	356	435	534	653	534	653	534	653	0	0
(5) Subtotal (1)+(2)+(3)+(4)	39,168,000	63,352,000	102,520,000	87,549,000	9,349,000	534	928	712	3,691	3,917	8,880	7,478	13,370	9,436	14,629	9,436	12,084	7,656	9,770	0	0
(6) Physical Contingency 10% of (5)	3,917,000	6,335,000	10,252,000	8,755,000	935,000	53	93	71	369	392	888	748	1,337	944	1,463	944	1,208	766	977	0	0
(7) Sub-Total (5)+(6)	43,085,000	69,687,000	112,772,000	96,304,000	10,284,000	588	1,021	783	4,060	4,308	9,768	8,225	14,707	10,379	16,092	10,379	13,292	8,421	10,747	0	0
(8) Price Contingency FC:2.1% and LC:3.2% of (7)	13,543,000	34,639,000	48,182,000	41,146,000	4,394,000	121	335	181	1,503	1,107	4,045	2,330	6,755	3,220	8,143	3,505	7,367	3,080	6,491	0	0
(9) Sub total (7)+(8)	56,628,000	104,326,000	160,954,000	137,450,000	14,678,000	708	1,356	964	5,563	5,415	13,813	10,555	21,462	13,599	24,235	13,885	20,659	11,502	17,238	0	0
(10) Taxes	0	25,521,000	25,521,000	21,794,000	2,327,000	0	214	0	280	0	2,381	0	4,766	0	6,187	0	6,385	0	5,308	0	0
1) 18% of ((1) x 1.1+(1) x 1.1 x R)	0	23,801,000	23,801,000	20,325,000	2,171,000	0	0	0	0	0	2,215	0	4,573	0	5,899	0	6,088	0	5,026	0	0
2) 10% of (((3) + (4))x1.1 +((3)+(4)) x 1.1xR)	0	1,721,000	1,721,000	1,470,000	157,000	0	214	0	280	0	166	0	193	0	288	0	297	0	282	0	0
R: Rate of price contingency																					
Grand Total (9) + (10)	56,628,000	129,847,000	186,475,000	159,244,000	17,005,000	708	1,570	964	5,843	5,415	16,194	10,555	26,228	13,599	30,421	13,885	27,044	11,502	22,546	0	0
							2,278		6,807		21,609		36,783		44,021		40,929		34,048		0

Note: (a) Exchange rates applied to conversion of the currencies are : US\$ 1 = TND 1.171 = Yen 106.79 based on prevailing rate in June 2008

(b) Proportion of construction cost is : FC : LC = 45 : 55

(c) Base year for counting of price contingency is June 2008.

Table 12.2.1 Project Cost for River Improvement (4/4): Zone U1 + M (Financial Cost)

U1+M

Unit:TND1,000

Description	FC TND	LC TND	Total Cost			2026		2027		2028		2029		2030	
			TND equiv.	US\$ equiv.	Yen 10 ³ equiv.	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC
(1) Construction cost (Base cost)	10,510,000	10,510,000	21,020,000	17,950,000	1,917,000	0	0	0	0	3,153	3,153	5,255	5,255	2,102	2,102
1.1 River Improvement	10,510,000	10,510,000	21,020,000	17,950,000	1,917,000	0	0	0	0	3,153	3,153	5,255	5,255	2,102	2,102
1.2 FFWS															
(2) Land Acquisition	0	2,790,000	2,790,000	2,383,000	254,000	0	0	0	558	0	1,116	0	1,116	0	0
(3) Government Administration 3% of (1) + (2)	0	714,000	714,000	610,000	65,000	0	0	0	143	0	250	0	214	0	107
(4) Engineering Services 10% of (1)	1,051,000	1,051,000	2,102,000	1,795,000	192,000	0	0	315	315	210	210	315	315	210	210
(5) Subtotal (1)+(2)+(3)+(4)	11,561,000	15,065,000	26,626,000	22,738,000	2,428,000	0	0	315	1,016	3,363	4,729	5,570	6,901	2,312	2,419
(6) Physical Contingency 10% of (5)	1,156,000	1,507,000	2,663,000	2,274,000	243,000	0	0	32	102	336	473	557	690	231	242
(7) Sub-Total (5)+(6)	12,717,000	16,572,000	29,289,000	25,012,000	2,671,000	0	0	347	1,118	3,700	5,202	6,127	7,591	2,543	2,661
(8) Price Contingency FC:2.1% and LC:3.2% of (7)	6,902,000	15,258,000	22,160,000	18,924,000	2,021,000	0	0	168	916	1,907	4,565	3,353	7,117	1,474	2,660
						(.454)	(.763)	(.484)	(.819)	(.515)	(.878)	(.547)	(.938)	(.5797)	(.9996)
(9) Sub total (7)+(8)	19,619,000	31,830,000	51,449,000	43,936,000	4,692,000	0	0	515	2,033	5,606	9,767	9,480	14,708	4,018	5,322
(10) Taxes	0	8,630,000	8,630,000	7,370,000	787,000	0	0	0	155	0	2,483	0	4,212	0	1,781
1) 18% of ((1) x 1.1+(1) x 1.1 x R)	0	8,041,000	8,041,000	6,867,000	733,000	0	0	0	0	0	2,344	0	4,032	0	1,664
2) 10% of (((3) + (4))x1.1 +((3)+(4)) x1.1xR) R: Rate of price contingency	0	589,000	589,000	503,000	54,000	0	0	0	155	0	138	0	180	0	116
Grand Total (9) + (10)	19,619,000	40,460,000	60,079,000	51,306,000	5,479,000	0	0	515	2,188	5,606	12,250	9,480	18,920	4,018	7,102
									2,703		17,856		28,400		11,120

Note: (a) Exchange rates applied to conversion of the currencies are : US\$ 1 = TND 1.171 = Yen 106.79 based on prevailing rate in June 2008

(b) Proportion of construction cost is : FC : LC = 50 : 50

(c) Base year for counting of price contingency is June 2008.

Tableau 12.2.2 Coût du Projet de Renforcement de la Fonction de Contrôle Des Inondations des Réservoirs du Bassin de la Medjerda

Unit:TND1,000

Description	FC TND	LC TND	Total Cost			2010		2011		2012		2013		2014		2015	
			TND equiv.	USD equiv.	Yen equiv.	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC
(1) Engineering Services*	2,842,400	710,600	3,553,000	3,034,000	324,018,000			568	142	1,137	284	1,137	284				
(2) Government Administration 30% of (1)		1,065,900	1,065,900	910,000	97,205,000				213		426		426				
(3) Subtotal (1)+(2)	2,842,400	1,776,500	4,618,900	3,944,000	421,223,000			568	355	1,137	711	1,137	711				
(4) Physical Contingency 10% of (3)	284,240	177,650	461,890	394,000	42,122,000			57	36	114	71	114	71				
(5) Subtotal (3)+(4)	3,126,640	1,954,150	5,080,790	4,339,000	463,345,000			625	391	1,251	782	1,251	782				
(6) Price Contingency FC:2.1% and LC:3.2% of (5)	285,591	277,021	562,612	480,000	51,308,000			40	39	108	105	137	133				
(7) Subtotal (5)+(6)	3,412,231	2,231,171	5,643,402	4,819,000	514,653,000			666	430	1,359	887	1,388	915				
(8) Taxes 10% of (7) for (2)		133,870	133,870	114,000	12,208,000				26		53		55				
Grand Total	3,412,231	2,365,042	5,777,273	4,934,000	526,862,000			666	455	1,359	940	1,388	970				

Notes:

- (a) Exchange rates applied to conversion of the currencies are: USD 1 = TND 1.171 = Yen 106.79, based on prevailing rates in June 2008.
(b) Base year for counting price contingency is June 2008.
(c) * Including remuneration and direct cost

Tableau 12.2.3 Coût du Projet de Renforcement du Système de Prévision Et d'Alerte (FFWS) du Bassin de la Medjerd

Unit:TND1,000

Description	FC TND	LC TND	Total Cost			2010		2011		2012		2013		2014		2015	
			TND equiv.	USD equiv.	Yen equiv.	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC
(1) Engineering Services*	2,456,000	614,000	3,070,000	2,622,000	279,970,000			1,842	461	246	61	368	92				
(2) Telemeter Station**	274,000	225,000	499,000	426,000	45,507,000			274	225								
(3) Government Administration 30% of (1)		921,000	921,000	787,000	83,991,000				691		92		138				
(4) Subtotal (1)+(2)+(3)	2,730,000	1,760,000	4,490,000	3,834,000	409,468,000			2,116	1,376	246	154	368	230				
(5) Physical Contingency 10% of (4)	273,000	176,000	449,000	383,000	40,947,000			212	138	25	15	37	23				
(6) Subtotal (4)+(5)	3,003,000	1,936,000	4,939,000	4,218,000	450,415,000			2,328	1,514	270	169	405	253				
(7) Price Contingency FC:2.1% and LC:3.2% of (6)	217,533	215,907	433,440	370,000	39,528,000			150	150	23	23	44	43				
(8) Subtotal (6)+(7)	3,220,533	2,151,907	5,372,440	4,588,000	489,943,000			2,477	1,664	294	192	450	296				
(9) Taxes	57,742	161,758	219,500	187,000	20,017,000			58	132	0	11	0	18				
(18% of (8) for (2))	(57,742)	(48,965)	(106,707)	(91,000)	(9,731,000)			(58)	(49)	(0)	(0)	(0)	(0)				
(10% of (8) for (3))	(0)	(112,793)	(112,793)	(96,000)	(10,286,000)				(84)		(11)		(18)				
Grand Total	3,278,276	2,313,664	5,591,940	4,775,000	509,960,000			2,535	1,796	294	203	450	314				

Notes:

(a) Exchange rates applied to conversion of the currencies are: USD 1 = TND 1.171 = Yen 106.79, based on prevailing rates in June 2008.

(b) Base year for counting price contingency is June 2008.

(c) * Including remuneration and direct cost

(d) ** Installation of additional rainfall and water level telemeter stations, and measuring device of dam release discharge

Tableau 12.2.4 Coût du Projet de Renforcement du Système d'Evacuation et de Lutte contre les Inondations du bassin de la Medjerda

Unit:TND1,000

Description	FC TND	LC TND	Total Cost			2010		2011		2012		2013		2014		2015	
			TND equiv.	USD equiv.	Yen equiv.	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC
(1) Engineering Services*	1,403,200	350,800	1,754,000	1,498,000	159,957,000			0	0	0	0	1,403	351				
(2) Government Administration 30% of (1)		526,200	526,200	449,000	47,987,000				0		0		526				
(3) Subtotal (1)+(2)	1,403,200	877,000	2,280,200	1,947,000	207,944,000			0	0	0	0	1,403	877				
(4) Physical Contingency 10% of (3)	140,320	87,700	228,020	195,000	20,794,000			0	0	0	0	140	88				
(5) Subtotal (3)+(4)	1,543,520	964,700	2,508,220	2,142,000	228,739,000			0	0	0	0	1,544	965				
(6) Price Contingency FC:2.1% and LC:3.2% of (5)	169,021	164,552	333,573	285,000	30,420,000			0	0	0	0	169	165				
(7) Subtotal (5)+(6)	1,712,541	1,129,252	2,841,793	2,427,000	259,159,000			0	0	0	0	1,713	1,129				
(8) Taxes 10% of (7) for (2)		67,755	67,755	58,000	6,179,000				0		0		68				
Grand Total	1,712,541	1,197,007	2,909,548	2,485,000	265,338,000			0	0	0	0	1,713	1,197				

Notes:

- (a) Exchange rates applied to conversion of the currencies are: USD 1 = TND 1.171 = Yen 106.79, based on prevailing rates in June 2008.
 (b) Base year for counting price contingency is June 2008.
 (c) * Including remuneration and direct cost

Tableau 12.2.5 Coût du Projet de Développement de la Capacité Organisationnelle du Bassin de la Medjerda

Unit:TND1,000

Description	FC TND	LC TND	Total Cost			2010		2011		2012		Second Stage *****				Third Stage 2019	
			TND equiv.	USD equiv.	Yen equiv.	FC	LC	FC	LC	FC	LC					FC	LC
(1) Engineering Services*	3,438,400	859,600	4,298,000	3,670,000	391,959,000			1,719	430	1,032	258					688	172
(2) Government Administration 30% of (1)		1,289,400	1,289,400	1,101,000	117,588,000				645		387						258
(3) Subtotal (1)+(2)	3,438,400	2,149,000	5,587,400	4,771,000	509,546,000			1,719	1,075	1,032	645					688	430
(4) Physical Contingency 10% of (3)	343,840	214,900	558,740	477,000	50,955,000			172	107	103	64					69	43
(5) Subtotal (3)+(4)	3,782,240	2,363,900	6,146,140	5,249,000	560,501,000			1,891	1,182	1,135	709					756	473
(6) Price Contingency FC:2.1% and LC:3.2% of (5)	414,310	408,134	822,444	702,000	75,003,000			122	117	98	95					194	196
(7) Subtotal (5)+(6)	4,196,550	2,772,034	6,968,584	5,951,000	635,504,000			2,013	1,299	1,233	804					951	669
(8) Taxes 10% of (7) for (2)		166,322	166,322	142,000	15,168,000				78		48						40
Grand Total	4,196,550	2,938,356	7,134,907	6,093,000	650,672,000			2,013	1,377	1,233	853					951	709

Notes:

(a) Exchange rates applied to conversion of the currencies are: USD 1 = TND 1.171 = Yen 106.79, based on prevailing rates in June 2008.

(b) Base year for counting price contingency is June 2008.

(c) * Including remuneration and direct cost

Tableau 12.2.6 Coût de projet pour le renforcement du réglage et de la gestion du lit majeur

Unit:TND1,000

Description	FC TND	LC TND	Coût total			2010		2011		2012		2013		2014		2015	
			TND équiv.	USD équiv.	Yen équiv.	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC
(1) Prestation d'ingénierie*	2,596,800	649,200	3,246,000	2,772,000	296,021,000			909	227	1,039	260	649	162				
(2) Administration de gouvernement 30% of (1)		973,800	973,800	832,000	88,806,000				341		390		243				
(3) Sous-total (1)+(2)	2,596,800	1,623,000	4,219,800	3,604,000	384,827,000			909	568	1,039	649	649	406				
(4) Frais imprévus physiques 10% of (3)	259,680	162,300	421,980	360,000	38,483,000			91	57	104	65	65	41				
(5) Sous-total (3)+(4)	2,856,480	1,785,300	4,641,780	3,964,000	423,310,000			1,000	625	1,143	714	714	446				
(6) Frais imprévus de prix FC:2.1% and LC:3.2% of (5)	241,560	233,946	475,506	406,000	43,364,000			64	62	99	96	78	76				
(7) Sous-total (5)+(6)	3,098,040	2,019,246	5,117,286	4,370,000	466,674,000			1,064	687	1,242	810	792	522				
(8) Impôts (10% de (7) pour (2))	0 (0)	121,155 (121,155)	121,155 (121,155)	103,000 (103,000)	11,049,000 (11,049,000)			0	41 (41)	0	49 (49)	0	31 (31)				
Grand Total	3,098,040	2,140,401	5,238,441	4,473,000	477,723,000			1,064	728	1,242	859	792	554				

Nota:

(a) Les taux de change appliqués pour changer les monnaies sont : USD 1 = TND 1.171 = Yen 106.79, basés sur les taux de change courants en juin 2008.

(b) L'année de base pour compter les frais imprévus de prix est en juin 2008.

(c) * Comprenant la rémunération and le coût direct (y compris les logiciels pour les analyses hydrauliques et GIS)

Tableau 12.3.1 Stratégie d'Assistance et Secteurs Prioritaires des Principales Agences Donatrices (Agences de Développement Multilatérales)

	Priority Sectors
World Bank	<ol style="list-style-type: none"> 1) Strengthen the business environment, to support the development of a more competitive, internationally integrated private sector, and improve competitiveness of the Tunisian economy. 2) Enhance skills and employment potential of graduates, and the labor force in a knowledge economy. 3) Improve the quality of social services, through enhanced efficiency of public expenditures. <p>Source: Country Assistance Strategy (CAS) for Tunisia, World Bank, June 2004</p>
EU	<ol style="list-style-type: none"> 1) Creation of the right conditions for private investment, the development of competitive SMEs (small and medium enterprises), growth, a reduction in unemployment and sustainable rural development; 2) Developing education and training, higher education and scientific research as vital building blocks of the knowledge-based society; 3) Facilitating trade in goods and services, approximation of technical regulations and conformity assessment procedures and standards; 4) Developing transport based on safety and security, reinforcing national and regional infrastructures and their inter-connection with the Trans-European Transport Network; developing the energy and information society sectors. <p>Source: Country Strategy Paper 2007-13, EU</p>
African Development Bank	<ol style="list-style-type: none"> 1) The reinforcement of macroeconomic policies and acceleration of reforms addresses the need to improve the business environment and is geared towards consolidating the reform programs. 2) The modernization of infrastructure and consolidation of the productive sector is a strategic option for speeding up growth. 3) The consolidation of human capital focuses on creating employment, in particular by consolidating the linkages between training, research and production; supporting the development of technological centers that give concrete form to such linkages; and ensuring balanced regional development. <p>Source: Country Strategy Paper 2007-11, African Development Bank</p>
Islamic Development Bank	<p>Assistance strategy and priority areas for Tunisia are not clear. Islamic development bank has been providing assistance for industrialization, capacity building for public sector, rural development, agricultural sector, and financial sector.</p>

Tableau 13.1.1 Calcul du Taux de Rendement Interne Economique (Projet Global)

(unit: 1,000 TND)

	Cost					Benefit					Net Benefit
	D1	D2	U1+M	U2	Total	D1	D2	U1+M	U2	Total	
2008	0	0	309	206	516	0	0	0	0	0	-516
2009	0	0	1,160	1,774	2,935	0	0	0	0	0	-2,935
2010	0	0	2,033	2,353	4,386	0	0	0	0	0	-4,386
2011	1,239	7,248	2,020	2,359	12,866	0	0	0	0	0	-12,866
2012	801	7,702	7,117	5,387	21,007	0	0	0	0	0	-21,007
2013	835	14,856	8,721	6,476	30,888	0	0	0	0	0	-30,888
2014	14	21,840	8,181	5,449	35,484	0	0	0	0	0	-35,484
2015	14	24,552	5,568	7,655	37,789	0	0	0	0	0	-37,789
2016	14	19,380	173	5,491	25,058	0	0	4,211	9,172	13,383	-11,675
2017	14	8,049	173	9,507	17,744	0	0	4,401	9,584	13,985	-3,758
2018	14	647	173	10,237	11,072	0	76,046	4,599	10,016	90,660	79,589
2019	14	647	173	18,565	19,399	0	79,468	4,806	10,466	94,740	75,341
2020	14	647	173	25,167	26,001	0	83,044	5,022	10,937	99,003	73,002
2021	14	647	173	25,036	25,870	0	86,781	5,248	11,430	103,458	77,589
2022	14	750	173	22,695	23,632	0	89,384	5,406	11,772	106,562	82,930
2023	1,242	647	173	18,607	20,669	0	92,066	5,568	12,126	109,759	89,090
2024	3,320	647	173	1,057	5,196	0	94,828	5,735	23,319	123,882	118,685
2025	13,235	647	173	1,057	15,111	0	97,673	5,907	24,019	127,598	112,487
2026	24,144	647	173	1,057	26,020	0	100,603	6,084	24,740	131,426	105,406
2027	23,280	750	1,510	1,057	26,598	0	103,621	6,266	25,482	135,369	108,771
2028	18,613	647	8,498	1,239	28,997	0	106,729	6,454	26,246	139,430	110,433
2029	578	647	13,092	1,057	15,374	31,067	109,931	6,648	27,034	174,680	159,306
2030	578	647	5,182	1,057	7,464	31,999	113,229	6,848	27,845	179,920	172,457
2031	578	647	321	1,057	2,603	32,959	116,626	9,200	28,680	187,465	184,862
2032	578	750	321	1,057	2,706	33,948	120,125	9,476	29,540	193,089	190,383
2033	691	647	321	1,239	2,898	34,966	123,729	9,760	30,427	198,882	195,984
2034	578	647	321	1,057	2,603	36,015	127,440	10,053	31,339	204,848	202,245
2035	578	647	330	1,057	2,612	37,096	131,264	10,355	32,279	210,993	208,382
2036	578	647	321	1,057	2,603	38,208	135,202	10,665	33,248	217,323	214,721
2037	578	750	321	1,057	2,706	39,355	139,258	10,985	34,245	223,843	221,137
2038	691	647	321	1,239	2,898	40,535	143,435	11,315	35,273	230,558	227,660
2039	578	647	321	1,057	2,603	41,751	147,738	11,654	36,331	237,475	234,872
2040	578	647	330	1,057	2,612	43,004	152,171	12,004	37,421	244,599	241,988
2041	578	647	321	1,057	2,603	44,294	156,736	12,364	38,543	251,937	249,335
2042	578	750	321	1,057	2,706	45,623	161,438	12,735	39,700	259,495	256,789
2043	691	647	321	1,239	2,898	46,992	166,281	13,117	40,891	267,280	264,382
2044	578	647	321	1,057	2,603	48,401	171,269	13,511	42,117	275,299	272,696
2045	578	647	330	1,057	2,612	49,853	176,407	13,916	43,381	283,558	280,946
2046	578	647	321	1,057	2,603	51,349	181,700	14,333	44,682	292,064	289,462
2047	578	750	321	1,057	2,706	52,889	187,151	14,763	46,023	300,826	298,120
2048	691	647	321	1,239	2,898	54,476	192,765	15,206	47,404	309,851	306,953
2049	578	647	321	1,057	2,603	56,110	198,548	15,663	48,826	319,147	316,544
2050	578	647	330	1,057	2,612	57,794	204,505	16,132	50,290	328,721	326,109
2051	578	647	321	1,057	2,603	59,527	210,640	16,616	51,799	338,583	335,980
2052	578	750	321	1,057	2,706	61,313	216,959	17,115	53,353	348,740	346,034
2053	691	647	321	1,239	2,898	63,153	223,468	17,628	54,954	359,202	356,304
2054	578	647	321	1,057	2,603	65,047	230,172	18,157	56,602	369,978	367,376
2055	578	647	330	1,057	2,612	66,999	237,077	18,702	58,300	381,078	378,466
2056	578	647	321	1,057	2,603	69,009	244,189	19,263	60,049	392,510	389,907
2057	578	750	321	1,057	2,706	71,079	251,515	19,841	61,851	404,285	401,579
2058	691	647	321	1,239	2,898	73,211	259,060	20,436	63,706	416,414	413,516
2059	578	647	321	1,057	2,603	75,408	266,832	21,049	65,618	428,906	426,304
2060	578	647	330	1,057	2,612	77,670	274,837	21,681	67,586	441,774	439,162
2061	578	647	321	1,057	2,603	80,000	283,082	22,331	69,614	455,027	452,424
2062	578	750	321	1,057	2,706	82,400	291,575	23,001	71,702	468,678	465,971
2063	691	647	321	1,239	2,898	84,872	300,322	23,691	73,853	482,738	479,840
2064	578	647	321	1,057	2,603	87,418	309,332	24,402	76,069	497,220	494,617
2065	578	647	330	1,057	2,612	90,041	318,611	25,134	78,351	512,137	509,525
2066	578	647	321	1,057	2,603	92,742	328,170	25,888	80,701	527,501	524,898
2067	578	750	321	1,057	2,706	95,524	338,015	26,664	83,122	543,326	540,620
2068	691	0	321	1,239	2,251	98,390	0	27,464	85,616	211,470	209,219
2069	578	0	321	1,057	1,956	101,342	0	28,288	88,184	217,814	215,859
2070	578	0	330	1,057	1,965	104,382	0	29,137	90,830	224,349	222,384
2071	578	0	321	1,057	1,956	107,513	0	30,011	93,555	231,079	229,123
2072	578	0	321	1,057	1,956	110,739	0	30,911	96,362	238,012	236,056
2073	691	0	321	1,239	2,251	114,061	0	31,839	99,252	245,152	242,901
2074	578	0	321	0	899	117,483	0	32,794	0	150,276	149,378
2075	578	0	330	0	908	121,007	0	33,778	0	154,785	153,877
2076	578	0	321	0	899	124,637	0	34,791	0	159,428	158,529
2077	578	0	321	0	899	128,376	0	35,835	0	164,211	163,312
2078	691	0	321	0	1,012	132,228	0	36,910	0	169,137	168,126
2079	0	0	321	0	321	0	0	38,017	0	38,017	37,696
2080	0	0	330	0	330	0	0	39,158	0	39,158	38,828

EIRR = 25.0%