

***Rapport Complémentaire B***  
***OPÉRATIONS***  
***D'APPROVISIONNEMENT EN EAU***

L'étude sur  
LA GESTION INTEGREE DU BASSIN  
AXEE SUR LA REGULATION DES INONDATIONS  
DANS LE BASSIN DE LA MEJERDA  
EN  
REPUBLIQUE TUNISIENNE

**Rapport Final**

**Rapport Complémentaire B: Opérations d’approvisionnement en eau**

Table des matières

	<u>Page</u>
<b>Chapitre B1 INTRODUCTION .....</b>	<b>B1-1</b>
<b>Chapitre B2 APPROCHE ET METHODOLOGIE .....</b>	<b>B2-1</b>
B2.1 Approche générale et les données nécessaires .....	B2-1
B2.2 Les sources des données .....	B2-1
B2.3 Les données manquantes.....	B2-2
B2.4 Méthode d’analyse .....	B2-2
<b>Chapitre B3 LES RESSOURCES EN EAU .....</b>	<b>B3-1</b>
B3.1 Généralités .....	B3-1
B3.2 Les ressources en eau du système de réservoirs du nord de la Tunisie .....	B3-1
B3.3 Les réservoirs .....	B3-2
B3.4 La salinité des ressources en eau de surface .....	B3-4
<b>Chapitre B4 LA DEMANDE EN EAU .....</b>	<b>B4-1</b>
B4.1 Généralités .....	B4-1
B4.2 La demande agricole en eau.....	B4-1
B4.3 La demande en eau potable.....	B4-2
B4.4 Autres demandes en eau.....	B4-4
B4.5 La demande totale .....	B4-5
B4.6 Seuils de salinité.....	B4-5
<b>Chapitre B5 SIMULATION DE STOCKAGE DE RÉSERVOIR .....</b>	<b>B5-1</b>
B5.1 Allocation des demandes .....	B5-1
B5.2 Bilan de masse entre les besoins d'approvisionnement en eau et les réservoirs.....	B5-1

B5.3	Simulation de l'exploitation de réservoir .....	B5-2
B5.4	Les séries d'apports.....	B5-5
<b>Chapitre B6 RESULTATS ET DISCUSSIONS .....</b>		<b>B6-1</b>
B6.1	Les déficits de l'approvisionnement en eau .....	B6-1
B6.2	Allocation des stockages .....	B6-2
<b>Chapitre B7 CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS .....</b>		<b>B7-1</b>

### Liste des tableaux

	<u>Page</u>	
Table B3.3.1	Rendement de réservoir et échancier de mise en oeuvre .....	BT-1
Table B3.3.2	Moyenne des apports mensuels et annuels .....	BT-2
Table B3.3.3	Apports mensuels de l'année de sécheresse de référence 1960/61 .....	BT-3
Table B3.3.4	Moyenne des pertes mensuelles par évaporation .....	BT-4
Table B4.3.1	Historique de la production et de la consommation de l'eau potable .....	BT-5
Table B4.3.2	SONEDE Prévision temporaire de besoins d'approvisionnement en eau 2004.....	BT-6
Table B4.3.3	Ressources en eau potable requises du système de réservoirs du nord .....	BT-7
Table B4.5.1	Total de la demande mensuelle appliquée au système des réservoirs du nord de la Tunisie.....	BT-8
Table B4.6.1	Salinité cible des centres de demande .....	BT-9
Table B5.1.1	Liste des allocations de demandes aux réservoirs .....	BT-10
Table B5.2.1	Bilan de masse des ressources en eau (1/2 – 2/2) .....	BT-11
Table B5.3.1	Allocation des demandes partagées.....	BT-13
Table B5.3.2	Capacité de transfert des pipelines .....	BT-14
Table B6.2.1	Allocation des stockages des réservoirs dans le bassin de la Mejerda (1/3 – 3/3).....	BT-15

### Liste des Figures

	<u>Page</u>	
Figure B3.2.1	Diagramme schématique des barrages et des axes de transfert du bassin de Mejerda.....	BF-1
Figure B3.2.2	Diagramme schématique des barrages et des axes de transfert de l'extrême Nord.....	BF-2
Figure B4.2.1	Réseaux d'irrigation dans le bassin de Mejerda .....	BF-3
Figure B6.1.1	Simulation de réservoir dans l'analyse du bilan d'eau de la totalité du bassin ...	BF-4

### Liste des données contenues dans "Data Book" (la banque de données)

		<u>Page</u>
Data B1	Calcul des volumes des tranches utiles .....	DB1-1
Data B2	Liste et Codes des centres de demande .....	DB2-1
Data B3	Demande en eau pour l'irrigation.....	DB3-1
Data B4	Projections de la demande en eau potable pour l'étude du plan directeur.....	DB4-1
Data B5	Echantillon de feuille de calcul du bilan d'eau.....	DB5-1

## **CHAPITRE B1 INTRODUCTION**

L'exploitation des réservoirs aujourd'hui s'intéresse à stocker la plus grande quantité d'eau possible pour éviter le manque d'eau en cas de sécheresse prolongée.

L'objectif principal de cette composante de l'étude est de déterminer la capacité de stockage qui peut être utilisée pour le contrôle des inondations au niveau de chacun des réservoirs sans changer le niveau de fourniture d'eau ou la fiabilité pour lesquels le système a été conçu.

Les réservoirs ont été dimensionnés individuellement pour assurer des quantités qui correspondent à 80% du niveau de fourniture d'eau à sécuriser. La collecte des données de base a montré qu'il n'y a pas de courbes d'attributions et des règles d'exploitation qui guident les décideurs et les exploitants des réservoirs dans les activités de rétention et de lâchures des eaux des réservoirs. En plus, les quantités de rétention nécessaires pour assurer une certaine fiabilité des quantités d'eau à fournir ne sont pas connues. L'étude était obligée de simuler l'attribution des demandes aux réservoirs dans le système pour identifier les conditions de fourniture d'eau avant de procéder à l'analyse des opérations de contrôle des inondations.

Les centres de demande en l'eau dans le système ont été identifiés et des projections de la demande ont été préparées 2010, 2020 et 2030 (l'année objectif dans l'étude).

L'utilisation des réservoirs pour la fourniture de l'eau et pour le contrôle des inondations est à l'origine des problèmes pour les quantités à stocker. Les opérations de fourniture d'eau exigent les plus grandes quantités d'eau stockées possibles pour minimiser les risques de déficit pendant les années de sécheresse. Sur un autre plan, les opérations de contrôle des inondations exigent que les niveaux d'eau soient réduits pour stocker une partie ou tout l'écoulement résultant d'inondations. Ces usages compétitifs peuvent utiliser les mêmes espaces de stockage. Cependant, les besoins saisonniers en eau doivent être identifiés au par avant pour identifier le volume de stockage à réserver pour le contrôle des inondations sans affecter la fiabilité de fourniture d'eau.

Un modèle d'équilibre a été utilisé pour la simulation mensuelle au niveau de tous les réservoirs dans les systèmes de ressources en eau à multi-réservoirs du nord du pays. La simulation utilise une approche pour identifier la quantité d'eau à stocker mensuellement pour minimiser les déficits. Des stocks supplémentaires pour le contrôle des inondations ont été identifiés lorsque le stock actif pour les opérations de fourniture d'eau avec un niveau de sécurité quelconque est inférieur au niveau des quantités de stockage qui est le niveau normal d'eau.

## CHAPITRE B2 APPROCHE ET METHODOLOGIE

### B2.1 Approche générale et les données nécessaires

Pour évaluer le potentiel d'utiliser le stockage pour le contrôle des inondations, il est avant tout nécessaire de connaître les critères de fiabilité qui ont été utilisés pour calculer le rendement de chacun des réservoirs dans le système. L'information à confirmer au début de l'étude doit comprendre :

- Le rendement et la fiabilité des réservoirs
- Le plan de fourniture d'eau existant, c'est-à-dire comment la demande en eau est attribuée à chacun des réservoirs
- Les courbes saisonnières d'attribution du stockage de l'eau pour chacun des réservoirs montrent les niveaux d'eau à maintenir pour assurer un rendement qui correspond à une fiabilité sélectionnée.
- Les règles d'exploitation et de gestion qui décident du stockage et des lâchures pour la fourniture d'eau et
- Les courbes de Stockage-Rendement-Probabilité pour chaque réservoir

Après la confirmation des conditions utilisées pour la planification et le plan des réservoirs, la performance est évaluée en se basant sur les projections révisées des demandes en eau et le besoin de modifier l'exploitation pour contrôler les inondations.

### B2.2 Les sources des données

#### (1) Eau XXI

Eau XXI est le document de planning le plus récent qui traite la question du développement des ressources en eau. Les demandes en eau dans le futur sont estimées et comparées aux ressources en eau de surface et sous terraines potentielles. Les limites des ressources en eau conventionnelles sont définies ainsi que le besoin de développer des ressources non-conventionnelles comme la désalinisation des eaux saumâtres ou la réutilisation des eaux usées pour l'agriculture. L'étude ne donne pas d'information sur les limites de stockage dans les réservoirs. Les rendements des réservoirs sont identifiés mais l'étude ne précise pas la manière de leurs calculs et ne donne pas d'information sur les probabilités ou les niveaux d'eau associés à ces rendements.

#### (2) Eau 2000

L'étude Eau 2000 a été publiée en 1993. L'objectif principal de l'étude Eau 2000 était de proposer une stratégie de gestion d'eau définie comme un plan de mesures successives dans le temps qui cherchent à assurer les besoins du pays en eau jusqu'à 2010. Cette étude donne des données hydrologiques détaillées ainsi qu'une analyse des ressources et de la demande.

L'étude comprend une analyse complexe de l'exploitation des réservoirs utilisant les

techniques de la programmation dynamique stochastique (PDS) pour l'optimisation de l'attribution des ressources aux demandes pour déterminer le besoin de développer des ressources nouvelles. L'objectif de l'analyse était de minimiser la différence entre la demande et l'offre. L'analyse a donné des rendements mensuels des réservoirs pour deux scénarios de stockages (50% plein ou vide) et trois conditions d'écoulement annuels (une année typiquement sèche, une année moyenne, une année typiquement humide) qui donnent six possibilités différentes de scénarios d'exploitation. Malheureusement, les documents de l'étude mis à la disposition de l'Equipe d'Etude ne définissent pas la fiabilité ou la sécurité de l'offre en eau associées à chacun des scénarios d'exploitation. En plus, l'analyse n'était concernée que par les quantités et n'a pas pris en considération le besoin d'équilibrer la salinité du Canal du Cap Bon. Les résultats de l'étude PDS n'ont jamais été appliqués par le MEHAR pour l'exploitation des réservoirs.

### (3) GEORE

Le projet GEORE, sponsorisé par GTZ à la fin des années 80 a créé un modèle d'optimisation informatique à utiliser comme outil pour l'étude de l'optimisation de l'exploitation des réservoirs pour la fourniture de l'eau. Malheureusement, le modèle était trop complexe et trop chargé de données et le MAHR n'a pas pu assurer la continuité de son utilisation après la fin du projet. Le modèle est maintenant dépassé. Il ne comprend pas les nouveaux barrages et les besoins en eau sont à revoir.

## **B2.3 Les données manquantes**

Le manque d'informations essentielles sur la manière dont les réservoirs sont exploités aujourd'hui est un obstacle important dans l'évaluation du potentiel de réutiliser le stockage:

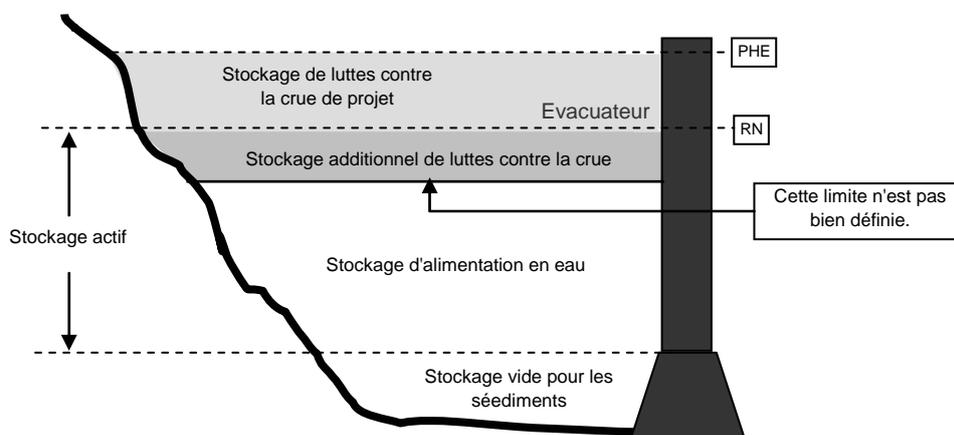
- Il n'existe pas d'information sur la probabilité des rendements pour les réservoirs individuels ou pour le système de plusieurs réservoirs. Il est alors difficile d'évaluer comment les changements dans l'attribution des demandes peuvent affecter la garantie de fournir de l'eau.
- Il n'existe pas de politique d'exploitation pour contrôler comment la demande est assignée aux réservoirs qui forment le système. Les limites de stockage pour fournir de l'eau ne sont pas connues et
- Il n'y a pas de règles strictes qui décident des lâchures des eaux fournies

## **B2.4 Méthode d'analyse**

Les réservoirs du bassin du Mejerda font partie d'un grand système de ressources en eau, complexe et constitué de plusieurs réservoirs couvrant la région nord du pays. La plupart de ces réservoirs servent pour des fins différentes (contrôle des inondations, irrigation et eau potable). Dans des systèmes pareils, il n'est pas toujours pratique d'assigner une portion fixe du stockage pour chacun des objectifs. En général, la plupart des besoins sont assurés à partir du même volume actif du stockage et sont gérés par des règles d'exploitation des réservoirs complexes. Les règles d'exploitation sont souvent formulées

comme des règles des courbes qui indiquent le taux de lâchures comme une fonction du stockage instantané ainsi que la période de l'année.

Malheureusement, ces courbes règles n'ont pas été développées pour le système intégré et la limite supérieure de fourniture d'eau n'a pas été définie.



### Représentation des limites d'attribution des stockages

Déterminer les règles des limites de stockage pour les exploitations d'un système à réservoirs multiples implique la détermination des volumes de stockage au niveau des réservoirs individuels et la meilleure combinaison des lâchures à partir des réservoirs différents du système pour réaliser l'objectif et la demande générale sur le système. Traditionnellement, ce problème a été résolu par optimisation en utilisant des techniques avancées comme la programmation dynamique linéaire ou stochastique ou les algorithmes génétiques. Cette analyse détaillée est très spécialisée et au delà de l'étendue de l'étude de planification principale qui s'intéresse au contrôle des inondations et non pas à la planification de la fourniture de l'eau.

Pour atteindre les objectifs de l'étude, une approche basée sur la simulation simplifiée a été adoptée pour trouver une solution en termes des niveaux de planifications convenables.

L'étude a préparé un modèle d'équilibre d'eau en utilisant Excel Spreadsheet pour simuler les changements dans le stockage en réaction à la demande pour les années 2010, 2020 et 2030 (L'objectif de l'étude). Cette simulation a été effectuée pour des scénarios de sécheresse différents pour identifier la quantité d'eau à stocker à fin d'assurer la demande en eau et sans déficits. Un stockage supplémentaire dans le cadre du contrôle des inondations a été identifié si le volume d'eau nécessaire pour subvenir à la demande est inférieur au volume de stockage actif.

## CHAPITRE B3 LES RESSOURCES EN EAU

### B3.1 Généralités

Les ressources en eau conventionnelles procurent en Tunisie en moyenne 4840 millions de m<sup>3</sup> par an.

**Classification des ressources en eau conventionnelles en Tunisie**

Ressource en eau conventionnelle	Million m <sup>3</sup> / an	Pourcentage du total
Eau de Surface	2700	56%
Nappe peu profonde	740	15%
Nappe profonde	1400	29%
Total	4840	100%

Source: DGRE, Comité de Pilotage Février 2008

Les ressources en eau de surface représentent une part importante du volume total d'eau disponible. Les ressources en eau de surface du nord de la Tunisie jouent un rôle encore plus important dans l'approvisionnement en eau et ce en raison non seulement de leur quantité mais aussi de leur qualité.

**Quantité et qualité des ressources en eau de surface**

Million m <sup>3</sup> /an	Nord	Centre	Sud	Total
Ressource en eau de surface	2190	320	190	2700
% du total	81%	12%	7%	100%
Ressource avec salinité < 1.5 g/l	1796	153	6	1955
% du total	92%	7.8%	0.2%	72%

Source: EAU XXI Stratégie Long Terme du secteur (2030)

Les grands barrages du bassin de la Mejerda contribuent significativement dans le système d'approvisionnement en eau, en fournissant environ 25% du total des ressources en eau de surface disponibles.

**Ressources en eau mobilisées par les grands barrages du bassin de l'oued Mejerda**

Million m <sup>3</sup> /an	2010	2020	2030
Haute Mejerda	354.0	359.0	359.0
Sidi Salem et basse Mejerda	385.6	398.6	449.6
Total	739.6	757.6	808.6

Note: Basé sur les rendements estimés par le MARH avec 80% fiabilité

### B3.2 Les ressources en eau du système de réservoirs du nord de la Tunisie

Le volume total des précipitations annuelles n'est pas assez suffisant pour procurer une source en eau stable durant l'année pouvant satisfaire les demandes en eau pour la production agricole et pour les autres usages. Par conséquent, un réseau de réservoirs interconnectés et des aménagements de transfert ont été édifiés au nord de la Tunisie pour stocker les eaux pluviales et combler le déficit en eau entre les années humides et les années de sécheresse. Plusieurs ouvrages viennent d'être achevés et d'autres sont planifiés

ou en cours de construction afin de stocker autant que possible les écoulements des eaux de surface.

Ce réseau complexe se compose de deux branches principales:

- i) la branche de l'oued Mejerda représentée schématiquement dans la **figure B3.2.1** (avec les principaux réservoirs d'approvisionnement de Sidi Salem, de Beni M'tir et de Kasseb).
- ii) la branche de Sejnane-Joumine venant de l'extrême nord, représentée dans la **figure B3.2.2** (avec les principaux réservoirs d'approvisionnement de Sejnane, de Joumine et de Sidi Barrak).

Chaque branche fournit l'eau, par le canal de Mejerda-Cap Bon, au Grand Tunis et aux régions du Sud (Cap Bon, Sfax, Sahel, et Kairouan). Comme ces demandes à l'aval sont partagées entre les deux branches, les réservoirs du réseau doivent être considérés, comme un système intégré, lors de l'évaluation des conditions de stockage des réservoirs du bassin de la Mejerda.

L'eau est transférée vers le bassin de la Mejerda au niveau de l'extrémité supérieure du bassin à partir de l'oued Barbara (barrage de Zouitina). A l'extrémité inférieure du bassin, l'oued Mejerda est contrôlé partiellement, par une structure de contrôle à Laroussia, dans le canal Mejerda-Cap Bon pour satisfaire les usages agricoles du Cap Bon et les besoins en eau des grandes villes du sud.

Le début de l'exploitation du canal remonte à mai 1984, d'une longueur de 120 kilomètres il a des capacités de 16 m<sup>3</sup>/s à l'extrémité en amont et de 5.5 m<sup>3</sup>/s à la station de traitement de Beli où il prend fin. L'eau traitée de Beli est transférée par pipeline au Cap Bon, Sousse et à Sfax. L'eau dans le canal est prélevée à deux reprises le long de sa course par les stations de pompage à Bejaoua et Fondouk.

### B3.3 Les réservoirs

#### (1) Le rendement des Barrages

Au total de 26 réservoirs sont considérés dans la simulation du bilan hydrologique.

Région	Barrage existants	Barrages programmés
Bassin de l'oued Mejerda	Zouitina (Complexe Barbara) Mellegue Ancien Ben Metir Bou Hertma Kasseb Sidi Salem Lakhmess Siliana R'Mil	Sarrath Mellegue II (remplace l'ancien) Tessa Beja Khalled
Extrême Nord	Zerga Sidi Barrak Sejenane Joumine Ghezala	Kebir Moula Ziatine Gamgoum El Harka Douimis Melah Tine

Les rendements des réservoirs et l'échéancier de mise en œuvre fournis par la DGBGTH sont présentés dans le **Tableau B3.3.1**. Les rendements annuels ont une fiabilité de 80% mais la relation entre le rendement et le volume utile de la retenue n'est pas définie. Au total 8 réservoirs (Mellegue, Ben Metir, Lakhmes, Kasseb, Bou Heurtma, Sidi Salem, Siliana, R'Mil) sont en exploitation dans le bassin de la Mejerda, ils fournissent en moyenne 660 millions de m<sup>3</sup>/an ou environ 60% de l'ensemble des ressources mobilisées par les barrages de Nord de la Tunisie. Un volume additionnel de 80 millions de m<sup>3</sup> par an est transféré vers le bassin à partir du complexe de Barbara (barrage de Zouitina).

Il n'y a aucune information sur la façon dont les rendements ont été calculés à l'origine. Les courbes de probabilité Stockage-Rendement généralement développées lors des études d'ingénierie de réservoir ne sont pas disponibles. Par conséquent, il n'est pas possible d'évaluer les rendements pour différents niveaux de sécurité d'approvisionnement en eau de la manière prévue par l'étendue initiale de l'étude. En outre, les rendements sont de faible valeur pour évaluer les besoins de stockage puisqu'il n'y a aucune information concernant les niveaux d'eau saisonniers qui doivent être maintenus pour fournir le niveau de sécurité indiqué.

#### (2) Réserve utile

La réserve utile de chaque réservoir décroît avec le temps du fait de l'envasement du réservoir. Les taux de sédimentation et les volumes de réserves utiles résultants utilisés dans la simulation de stockage de réservoir sont compilés dans les **données B1**. Les taux de sédimentation sont obtenus à partir des résultats disponibles des études bathymétriques récentes ou à partir des taux de sédimentation rapportés et utilisés dans l'étude Eau2000 pour calculer la disponibilité des ressources en eau dans le futur.

D'autres données concernant les caractéristiques physiques des réservoirs peuvent être trouvées dans la section des données de la prospection-inventaire.

#### (3) Les apports des réservoirs

La série chronologique des apports utilisée pour la simulation du stockage de réservoir est basée sur des apports mensuels historiques pour une année sèche de référence. Des apports historiques aux réservoirs sont examinés dans le rapport complémentaire A : Hydrologie et hydraulique, ils sont récapitulés ici pour l'ensemble de la présentation.

Les moyennes des apports mensuels et annuels de 1946 à 1997 sont présentées dans le **Tableau B3.3.2**.

L'apport annuel moyen cumulé des 26 barrages du réseau pour la période d'observation 1946-1997 était de 1912 millions de m<sup>3</sup>.

Le ministère définit la sécheresse hydrologique comme suit :

- une année est « sèche » quand les apports sont inférieurs à 70% de la moyenne
- une année est « très sèche » quand les apports sont inférieurs à 50% de la moyenne

Une vue sur les apports historiques a identifié les sécheresses significatives suivantes.

### Événement de sécheresse historique

Période de la sécheresse		Apport total* mil. m <sup>3</sup>	Total en % de la moyenne**	Type
1: 1 année	1960	1044	55%	Sèche
2: 2 années consécutives	1987-88	1582	41%	Très sèche
3: 3 années consécutives	1992-94	2204.5	38%	Très sèche

\* apport à 26 barrages du nord de la Tunisie m<sup>3</sup>/an \*\*moyenne des apports de 1946 à 1997=1912mil.

L'année 1960 est choisie comme année sèche de référence. Elle a une probabilité de non-dépassement de 0.2, qui est le même critère employé dans Eau2000 pour choisir une année sèche de référence correspondant approximativement à un niveau de sécurité d'approvisionnement en eau de 80%. Les apports de l'année sèche de référence sont présentés dans le **Tableau B3.3.3**

#### (4) Les pertes par évaporation

Les pertes par évaporation sont significatives à chaque site de barrage, elles sont incluses dans le calcul du bilan d'eau.

Il y a deux sources de données sur l'évaporation qui ont été utilisées pour estimer l'évaporation mensuelle moyenne :

- L'évaporation mensuelle en mil. m<sup>3</sup> calculée par la DGBGTH au niveau des réservoirs existants sur la base de la moyenne des superficies mensuelles des plans d'eau. Les moyennes mensuelles sont calculées pour la période des observations de septembre 1992 à décembre 2005, et
- L'évaporation mensuelle moyenne en mètres présentée dans EAU2000 pour tous les barrages excepté Sarrath considérant que la surface du plan d'eau du réservoir est constante au niveau de la Retenue Normale (RN). L'évaporation en mil. m<sup>3</sup> = 0.7 (coefficient de bac) x évaporation (m) x surface du plan d'eau (RN).

Les données d'Eau2000 sont employées pour tous les barrages proposés. Les données de la DGBGTH sont comparées à celles d'Eau2000 et la valeur bimensuelle la plus élevée est employée pour les barrages existants

Les données mensuelles d'évaporation sont présentées dans le **Tableau B3.3.4**. L'évaporation annuelle nette du système est en moyenne de l'ordre de 182 mil. m<sup>3</sup> ou environ 9% de l'apport annuel moyen, elle peut être aussi élevée que 17% de l'apport annuel pendant l'année sèche de référence. Plus que 80% de l'évaporation se produit au cours de la période allant d'avril à septembre.

### B3.4 La salinité des ressources en eau de surface

Il y a une grande variation de la qualité de l'eau d'un réservoir à l'autre et d'une région à l'autre.

Des mesures de salinité sont prises dans les réservoirs: par la DGBGTH à Laroussia et par SECADENORD dans le canal du Cap Bon. Les moyennes mensuelles, calculées à partir des relevés disponibles pendant les années de 2000 à 2007, sont présentées dans le tableau suivant.

**Salinité mensuelle moyenne aux points d'approvisionnement en eau importants**

(Unité : g/litre)

Réservoir	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Sejnane	0.56	0.56	0.54	0.53	0.52	0.53	0.51	0.53	0.53	0.58	0.56	0.56
Joumine	0.70	0.70	0.70	0.71	0.67	0.68	0.65	0.64	0.64	0.68	0.70	0.70
Ben Metir	0.31	0.31	0.31	0.31	0.30	0.26	0.30	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31
Kasseb	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
Sidi Salem	0.41	0.42	0.44	0.44	0.45	0.46	0.43	0.43	0.44	0.43	0.43	0.43
Laroussia	1.96	1.64	1.7	1.8	1.87	1.74	1.67	1.69	1.72	1.99	2.14	1.99
Canal Cap Bon à VR6	0.74	0.73	0.93	1.05	1.17	1.26	1.23	1.26	1.23	1.14	1.11	1.1

Généralement les ressources en eau du bassin de l'oued Mejerda ont une concentration en sel plus élevée que celles de l'extrême nord et ce en raison des différences dans leurs caractéristiques géologiques. Les exceptions notables sont Kasseb et Ben Metir, qui ont la salinité la plus basse. Ceci explique les raisons pour lesquelles Kasseb et Ben Metir sont employés exclusivement pour alimenter Tunis en eau potable par canalisation.

La salinité à Laroussia est deux à trois fois plus élevée que celle de Sidi Salem. L'augmentation de la salinité est provoquée la plupart du temps par le drainage de grands périmètres irrigués dans la basse section de la rivière Mejerda et par les contributions des apports de Siliana.

## CHAPITRE B4 LA DEMANDE EN EAU

### B4.1 Généralités

Le système des ressources en eau du Nord de la Tunisie alimente en eau 47 centres de demande, à savoir:

- 6 centres de demande urbaine en eau
- 40 périmètres irrigués
- 1 apport de conservation de l'environnement du lac Ichkeul.

Pour simplifier la référence à ces centres de demande dans les tableaux et les feuilles de calcul, des codes sont attribués à chaque centre. La liste de ces codes est présentée dans les **Données B2**.

### B4.2 La demande agricole en eau

La localisation des périmètres irrigués dans le bassin de la Mejerda est schématisée dans la **figure B4.2.1**. Une liste des périmètres irrigués avec les demandes mensuelles en eau pour les années 2010, 2020 et 2030 est fournie dans les **Données B3**. Les totaux sont résumés par région comme suit :

Les ressources en eau nécessaires pour l'agriculture				
10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /an	2010	2020	2030	Taux de croissance annuel moyen
Mejerda	461	513	501	0.4%
Extrême Nord	72	65	59	-1.0%
Cap Bon	94	85	77	-1.0%
Total	627	663	637	0.1%

Source: MARH 2006

Les projections quant à la demande en eau ciblée supposent que l'amélioration des techniques d'irrigation contribuera à une réduction de la demande égale à 1% par an. La construction de nouveaux périmètres irrigués en conjonction avec le nouveau barrage Mellegue2 augmente significativement la demande en eau pour l'irrigation: 96 millions de m<sup>3</sup> en 2020 et 129 millions de m<sup>3</sup> d'ici 2030.

L'irrigation dans le bassin de l'oued Mejerda est intensive elle représente près de 80% du total de la demande agricole.

Répartition de la demande agricole par bassin			
10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /an	2010	2020	2030
Mejerda	73%	77%	79%
Extrême Nord	12%	10%	9%
Cap Bon	15%	13%	12%
Total	627	663	637

La demande agricole en eau varie selon les saisons avec une demande de pointe pendant les mois d'été.

**Coefficients mensuels de la demande en eau d'irrigation** (unité:%)

Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Dec
0.1	1.2	6.0	11.2	20.4	14.2	16.3	15.5	8.2	4.3	2.6	0.1

**B4.3 La demande en eau potable**

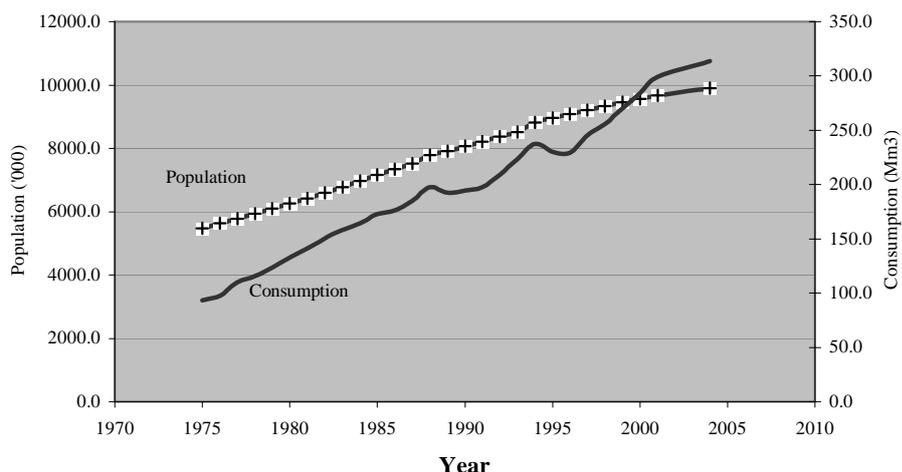
La SONEDE, créée en Juillet 1968, est une institution autonome opérant sous la tutelle du MARH. Elle est en charge du développement et de la gestion des réseaux de distribution de l'eau potable dans le pays (usage domestique, industriel et d'autres usages non agricoles).

**Statistiques générales sur les réalisations de la SONEDE:**

Nombre d'usagers	1,9 million
Quantités d'eau produites	420 millions m <sup>3</sup>
Quantités distribuées	390 millions m <sup>3</sup>
Quantités consommés	326 millions m <sup>3</sup>
Performance de l'ensemble du réseau	77,9 %
Taux de raccordement national	96 %
Taux en milieu urbain :	100 %
Taux en milieu rural (SONEDE)	52 %
Consommation d'eau spécifique tous les utilisateurs	110 litres / jour / par personne approvisionnée
Consommation spécifique des usages domestiques	78 litre / jour/ habitant connecté

Source: Rapport Statistique de la SONEDE 2005

La consommation d'eau et les données démographiques de 1975 à 2004 en Tunisie sont présentées dans le **tableau B4.3.1**. La consommation d'eau a connu une croissance rapide, sauf lors des deux périodes de sécheresse durant lesquelles la consommation a baissé. De 1996 à 2001, la consommation a augmenté à un taux moyen de 4,5% par an. Ce taux a chuté à 1,6% par an entre 2001 et 2005. Les taux de croissance de la population sont quant à eux demeurés relativement stables à environ 2% par an jusqu'en 2001 et ramenée à 1% par an entre 2001 et 2004.



### Tendances de la population et de la consommation d'eau 1975-2004

L'usage domestique représente environ 72% de l'ensemble de l'eau potable consommée alors que l'industrie et le tourisme comptent respectivement 9% et 5%. La SONEDE s'attend à ce que ce ratio reste le même jusqu'en 2030.

Les prévisions à long terme de la demande en eau en Tunisie sont établies périodiquement par la Direction de la Planification et des Etudes de la SONEDE. Les dernières prévisions, présentées dans le **tableau B4.3.2**, ont été établies en Décembre 2004, elles ont fourni les facteurs de croissance qui ont servis à l'estimation de la demande dans la présente étude.

Les prévisions de la consommation sont obtenues par l'utilisation de la consommation d'eau effective en 2005 et par l'application du même taux de croissance de la consommation d'eau projetée par la SONEDE. Les projections quant au total de la consommation d'eau sont présentées ci-dessous et détaillées dans les **Données B4**.

#### Estimation de la consommation d'eau des centres de demande fournie par les réservoirs du Nord de la Tunisie

Estimation SONEDE 2004			Effective de 2005		
mil.m <sup>3</sup>	Taux de croissance annuel moyen	Année	Année	Taux de croissance annuel moyen	mil.m <sup>3</sup>
266.8		2006	2005		241.3
307.6	2.9%	2011	2010	2.9%	278.1
338.9	2.5%	2015	2015	2.5%	314.0
379.6	2.3%	2020	2020	2.3%	351.7
418.2	2.0%	2025	2025	1.9%	387.3
458.7	1.9%	2030	2030	1.9%	424.8
	2.3%			2.3%	

Source: Les taux de croissance sont pris du rapport stratégie de la SONEDE pour le développement 2006-2030 appliqué à la consommation réelle citée dans le Rapport statistique 2005 de la SONEDE

L'eau consommée est convertie en eau brute exigée pour l'étape du traitement en appliquant des taux de rendement reflétant les pertes dans les systèmes de distribution et de traitement. Le taux de rendement moyen de 0.85 comme rapporté par la SONEDE.

**Estimation du besoin en eau potable des réservoirs du Nord de la Tunisie** (million m<sup>3</sup>/an)

Demande en eau des centres urbains	2005	2010	2020	2030
UCTU: Tunis: exigences SONEDE	120.4	133.6	166.8	199.1
Des quantités moindres transférées au Cap Bon	-6	-6	-6	-6
Demande à Tunis	114.4	127.6	160.8	193.1
UBER : Ville le long du pipeline Beni Metir	16.2	17.4	21.1	24.5
UBIZ : Bizerte	20.3	21.3	26.2	31.1
UNAB : Cap Bon : exigences SONEDE	23.2	26.1	31.9	38.5
Plus quantité transférée de Tunis	+6	+6	+6	+6
Demande du Cap Bon	29.2	32.1	37.9	44.5
USFA: Sfax, Sidi Bouzid	40.7	49.0	64.2	79.0
USAK: Sousse, Monastir, Mahdia et Kairouan	65.5	78.6	101.2	124.5
Total demandé au point de production	286.3	326	411.4	496.7
Ressources locales moindres	55.5	55.5	55.5	55.5
exigences SONEDE	230.8	270.5	355.9	441.2
Plus (+) pertes de dérivation 15%	34.6	40.6	53.4	66.2
Total requis à partir des réservoirs du Nord de la Tunisie	265.4	311.1	409.3	507.4

Les besoins d'approvisionnement en eau potable de chaque centre de demande sont satisfaits en partie par les ressources locales d'eaux souterraines totalisant 55.5 millions de m<sup>3</sup>. Le MARH ajoute 15% à la prévision donnée par la SONEDE comme allocation pour des pertes de dérivation pour obtenir la valeur totale des ressources prises des réservoirs du nord de la Tunisie.

La demande en eau potable varie de mois en mois avec un pic survenant en Juillet et Août. Les coefficients de la demande saisonnière fournis par la SONEDE sont utilisés pour obtenir une distribution mensuelle de la demande annuelle d'eau.

**Distribution mensuelle de la demande en eau potable** (unité:% du total)

Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Dec
7.1%	6.3%	7.3%	7.5%	8.8%	9.3%	10.7%	10.4%	9.1%	8.6%	7.5%	7.3%

Source : SONEDE Direction des Etudes

Le Total des dépenses mensuelles pour le captage d'eau potable dans les réservoirs du Nord Tunisie sont présentés dans le **tableau B4.3.3**.

#### **B4.4 Autres demandes en eau**

##### (1) L'apport de protection l'environnement

L'apport de protection de l'environnement est défini comme écoulement minimum qui devrait être maintenu dans les rivières ou les chenaux pour des buts environnementaux.

Un apport de protection de l'environnement de 30 millions de m<sup>3</sup> par an est alloué au réservoir Sejnane par le Ministère pour préserver le lac Ichkeul. Il sera également possible à l'avenir d'approvisionner le lac à partir des nouveaux barrages: El Harka, Gamgoum, Ziatine, Douimis, Melah et Tine.

Bien que plusieurs zones humides aient été identifiées dans le bassin de la Mejerda le ministère n'a affecté aucun apport pour la conservation de l'environnement dans ces zones, à l'aval des réservoirs.

## (2) Hydro électricité

La génération des petites centrales hydroélectriques existe à Mellegue, Bou Heurtma, Béni M'tir, Kasseb et Sidi Salem.

Les centrales de Béni M'tir et Kasseb fonctionnent de façon continue, car elles sont en connexion avec le pipeline qui fournit l'eau potable à Tunis.

Aucune priorité n'est attribuée aux autres centrales qui fonctionnent que lorsque l'eau est libérée pour réduire les volumes dans les réservoirs.

### **B4.5 La demande totale**

Le total de la demande en eau augmente à un taux de croissance moyen d'environ 1% par an. Le total mensuel appliqué à la demande des réservoirs dans le Nord de la Tunisie est présenté dans le **tableau B4.5.1** et résumé comme suit.

**Total de la demande alloué au grand barrage du Nord de la Tunisie** (millions de m<sup>3</sup> / an)

<b>Demande</b>	<b>2010</b>	<b>2020</b>	<b>2030</b>
Eau Potable	311.1	409.3	507.4
Irrigation	626.7	663.3	636.8
Lac Ichkeul	30	30	30
Total	967.8	1102.6	1174.6

Actuellement, la demande pour l'irrigation l'emporte de deux fois sur la demande d'eau potable. En 2030, la demande en eau potable nécessitera presque une part égale des ressources (43%). L'augmentation de la demande en eau potable aura plus de pression sur l'exploitation des réservoirs rendant de plus en plus difficile à gérer les ressources durant de longues périodes de sécheresse.

### **B4.6 Seuils de salinité**

Chaque centre de demande à un seuil de salinité différent selon le type d'utilisation. Les limites supérieures de salinité sont fixées par le Ministère, elles sont présentées dans le **tableau B4.6.1**.

La salinité du canal du Cap Bon est contrôlée par la SECADENORD en diluant l'eau salée provenant de l'oued Mejerda avec l'eau douce transportée par canalisation à partir des réservoirs situés dans l'extrême nord. La salinité ciblée dans le canal est normalement maintenue entre 1,0 G / l à 1,5 g / l avec une préférence accordée à une limite inférieure lorsque les ressources sont abondantes. Le montant requis de l'extrême nord du système varie en fonction des variations saisonnières sur la qualité des ressources dans l'oued Mejerda.

La possibilité de baisser les réservoirs tels que les barrages Sidi Salem et de Siliana pour créer un espace de stockage d'inondation est limitée par la nécessité d'équilibrer la salinité dans l'oued.

## CHAPITRE B5 SIMULATION DE STOCKAGE DU RÉSERVOIR

### B5.1 Allocation des demandes

Les demandes en eau sont classées en demande locale et demande partagée et ce selon le nombre de réservoirs utilisés pour répondre à ces demandes. Les demandes locales en eau reçoivent l'eau à partir d'un seul réservoir. Les demandes partagées peuvent recevoir l'eau de plus d'un réservoir.

La liste des demandes allouées à chaque réservoir est présentée dans le **tableau B5.1.1**. Les demandes partagées sont mises en évidence en caractères gras.

Les réservoirs Kasseb et Béni M'Tir sont dédiés à l'approvisionnement en eau potable du Grand Tunis par gravité par l'intermédiaire de pipelines. Les ressources, les barrages et les pipelines menant vers Tunis sont gérés par la SONEDE. Une partie de la demande du Grand Tunis est également assurée par le Canal Mejrda Cap Bon.

L'eau brute du barrage Kasseb est transférée par gravité par l'intermédiaire de pipeline vers le réservoir Mornagia à Tunis. La capacité d'adduction du pipeline est de 0,9 m<sup>3</sup>/s. Une station de traitement d'une capacité de 0,4 m<sup>3</sup>/s a été construite à Medjez El Bab pour approvisionner la ville. La station de traitement de Medjez El Bab peut également fournir de l'eau traitée au pipeline de Béni M'Tir pour répondre à la demande de pointe du Grand Tunis. Une petite station de traitement de 40 l / s au barrage Kasseb approvisionne les collectivités locales à proximité du barrage.

L'eau du barrage de Béni M'tir est transférée sur une courte distance vers une station de traitement à Fernana de capacité de 1,3 m<sup>3</sup>/s. L'eau traitée est transportée par gravité à travers un pipeline vers un réservoir à Ghdir El Goulla. Le pipeline a une capacité de transfert de 1,0 m<sup>3</sup>/s. Le pipeline de Béni M'Tir fournit de l'eau potable traitée aux villes situées le long du pipeline à savoir, Beja, Bou Salem, Medjez El Bab et Jendouba. Une petite station de traitement de capacité de 40 l / s près de Béni M'tir approvisionne la localité d'Ain Drahem.

L'approvisionnement de Bizerte en eau potable est une demande locale satisfaite directement à partir du réservoir de Joumine. Elle bénéficie de la priorité par rapport aux autres demandes partagées situées en aval.

Les besoins du lac Ichkeul ont été attribués directement à Sejnane, même si dans l'avenir certains barrages programmés peuvent être utilisés pour satisfaire cette demande (les barrages Douimis et Tine).

### B5.2 Bilan de masse entre les besoins d'approvisionnement en eau et les réservoirs

Un simple bilan de masse est établi pour s'assurer que la capacité du système de réservoirs est suffisante pour répondre aux demandes projetées. Le bilan de masse est basé sur la quantité des ressources disponibles, y compris les aménagements d'exploitation des eaux souterraines localisés pour l'approvisionnement des grands centres urbains en eau potable. Le bilan hydrique ne considère pas le besoin de mélanger

l'eau de l'oued Mejerda avec celle de l'extrême-nord pour obtenir la salinité requise au niveau du canal du Cap Bon.

Le bilan de masse est présenté dans le **tableau B5.2.1** et il est résumé dans le tableau ci-dessous. Il indique que sur la base des rendements avec une fiabilité de 80% il y a un excédent de ressources. L'excédent indique qu'il existe peut être un certain potentiel pour réduire le stockage dédié aux opérations d'approvisionnement en eau en faveur de l'amélioration de la lutte contre les inondations.

**Bilan ressources en eau et demande en eau**

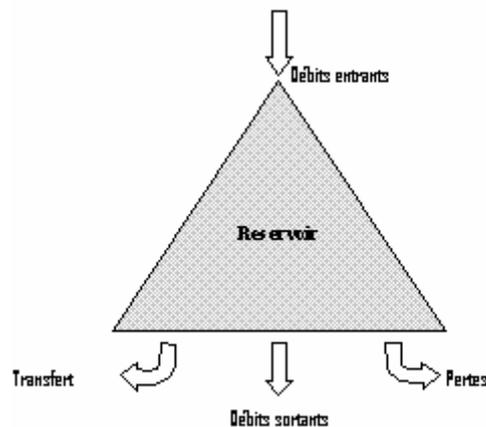
Million m <sup>3</sup> par an	2010	2020	2030
Demande	1023.3	1158.1	1224.7
Ressource: Extraction des eaux sous terraines	55.5	55.5	55.5
Ressource: Grands barrages	1142.2	1203.2	1254.2
Demande – Ressources = Surplus	174.4	100.6	85.0

Ayant confirmé que les rendements des réservoirs sont suffisants pour répondre à la demande, la prochaine étape consiste à simuler l'exploitation du réservoir compte tenu de la nécessité d'équilibrer la salinité dans le Canal du Cap Bon.

### B5.3 Simulation de l'exploitation du réservoir

#### (1) Le Bilan d'eau de réservoir

Les exigences de stockage dans les réservoirs sont simulées en utilisant une procédure simple d'essais et erreurs. La simulation est basée sur la satisfaction des équations de continuité au niveau de chaque réservoir considérant, dans chacun d'eux, les apports moins les écoulements et les pertes. Les réservoirs sont inter-reliés et les écoulements des réservoirs situés en amont sont recueillis par les réservoirs suivants situés à l'aval.



**Modèle de bilan d'eau**

Le stockage est calculé à la fin de chaque période à partir de:

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

Où:

- $S_{i-1}$  : stockage à la fin de la période précédente (stockage initial pour la première période),
- $I_i$  : apport normal pour la période  $i$ ,
- $Tr_{in}$  : quantité en provenance des réservoirs situés en amont pour la période  $i$ ,
- $Tr_{out}$  : quantité prise du réservoir par les pipelines pour la période  $i$ ,
- $R_i$  : lâchure pour les demandes situées à l'aval pour la période  $i$ ,
- $W_i$  : prise pour la demande locale en eau pour la période  $i$ ,
- $L_i$  : perte par infiltration pour la période  $i$ ,
- $E_i$  : perte par évaporation (sans précipitations) pour la période  $i$ , et
- $DS_i$  : quantité libérée pour le dévasement pour la période  $i$ .

Les pertes par infiltration comprennent les fuites à travers le barrage et l'infiltration dans le sol du réservoir. Les pertes par infiltration ne sont généralement pas importantes, mais elles existent et elles ont été incluses dans le calcul de l'exhaustivité. Les pertes par infiltration n'étant pas bien documentées et difficiles à évaluer, il a été supposé pour le calcul du bilan d'eau du réservoir que les pertes dans chaque barrage sont égales à 10% de l'apport (débit entrant).

Les opérations du dévasement sont effectuées à la suite de chaque apport vers le réservoir sauf si l'eau est libérée, vers des réservoirs situés à l'aval, pour d'autres raisons telles que l'équilibrage des stockages ou la satisfaction d'une demande située à l'aval. Le calcul du bilan de réservoir suppose une quantité égale à 15% de l'apport.

## (2) La méthode de calcul

La simulation de réservoir est utilisée pour estimer le volume de stockage actif nécessaire pour des scénarios intra-annuels et inter-annuels. La simulation inclut tous les réservoirs et tous les centres de demandes du système de réservoirs.

La simulation débute en Septembre coïncidant ainsi avec le début de l'année hydrologique. Le mois de Septembre est également un point de départ approprié puisqu'il s'agit de la période durant laquelle les niveaux d'eau devraient être réduits en prévision des mois critiques pluvieux qui débutent généralement avec le mois de Décembre.

Le pas de calcul pour la simulation est de 1 mois.

La quantité de stockage disponible pour l'approvisionnement en eau fluctue entre le sommet de la tranche morte (non vidangeable) et le niveau normal d'eau du réservoir. Par conséquent, dans le calcul,  $S_{max}$  est égal au volume de la réserve utile et  $S_{min}$  est égal à zéro.

Le volume de stockage initial dans chaque barrage est égal de 100% du volume utile du réservoir pour la première itération, en d'autres termes pour le calcul du premier bilan

d'eau, pour trouver le plus petit volume acceptable de la tranche utile

L'eau est attribuée selon les règles de fonctionnement simplifiée suivantes:

- L'eau est affectée en premier lieu à la demande locale
- Les demandes partagées sont ensuite affectées à des réservoirs spécifiques comme le montre le **tableau B5.3.1**.
- Pour les réservoirs en série, les demandes sont satisfaites autant que possible à partir des réservoirs situés à l'aval. Si cela est irréalisable, l'eau supplémentaire est progressivement prise des réservoirs situés en amont.
- Pour les réservoirs en parallèle, la demande est allouée à chaque réservoir avec la perspective de maintenir le même ratio de remplissage à la fin de la période.
- Les demandes du canal du Cap Bon sont divisées sur la base de la salinité désirée en deux parties. Ces demandes sont réparties:
  - pour la branche Mejerda, à Barrage Sidi Salem, et
  - pour l'Extrême-Nord, aux barrages Sejnane et Joumine

Si toutes les demandes sont satisfaites, le calcul est alors repris avec une valeur du stockage initial plus petite. Cette procédure est répétée pour en fin trouver le volume du stockage initial du mois de Septembre qui permettra de satisfaire les demandes en eau sans toutefois réduire le niveau du réservoir de 20% au-dessous de la limite choisie comme réserve d'urgence.

Le stockage à la fin de la période ( $S_i$ ) est ensuite comparé avec la capacité maximale de stockage du réservoir ( $S_{max}$ ). Si  $S_i$  est supérieure à  $S_{max}$  alors le stockage est fixé à son maximum,

$$S_i = S_{max}$$

et le déversement est calculé comme

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

Le lâcher est également mis à jour pour inclure le déversement à moins que le déversement ne peut être capturé par un réservoir situé à l'aval,

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

Si le stockage est inférieur à la tranche morte alors le stockage est fixé au niveau de la tranche morte,

$$S_i = S_{min}$$

et le déficit est calculé comme

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

Un exemple de feuille de calcul pour la simulation de réservoir est présenté dans les **Données B5**.

### (3) Équilibrage de la salinité dans le Canal Mejrda Cap Bon

Le Canal du Cap Bon reçoit l'eau de la Mejerda et du pipeline de transfert des eaux des barrages de l'extrême nord. La salinité dans le canal du Cap Bon peut être maîtrisée par une modulation des proportions de l'apport de la Mejerda (salinité forte) et de l'extrême-nord (faible salinité). Le mixage des proportions varie mensuellement en fonction la salinité ciblée et de la qualité des sources qui sont aussi sujettes à des variations saisonnières.

La demande totale du canal Mejrda Cap Bon est divisée en deux parties en utilisant la formule de concentration de la salinité suivante:

$$V_N = \alpha \times V \quad V_S = V - V_N$$

$V_N$  : Volume extrait de l'extrême nord ( $10^6 m^3$ )

$V_S$  : Volume extrait de l'oued Mejerda au niveau de Laroussia ( $10^6 m^3$ )

$V$  : Total demande de Cap Bon Canal ( $10^6 m^3$ )

$$\alpha = \frac{1 - S_S}{S_N - S_S}$$

$S_C$  : Salinité ciblée dans le canal du Cap Bon Canal (= 1g/l),

$S_S$  : Salinité moyenne à Laroussia (g/l),

$S_N$  : Salinité moyenne des réservoirs de l'extrême nord (g/l)

### (4) Vérification de la capacité des Pipelines et du canal

La capacité des pipelines et du canal sont présentées dans le **Tableau B5.3.2**.

Si  $V_N$  dépasse la capacité des pipelines, les proportions sont calculées comme suit.

$$V_N = V_P$$

$V_S = V - V_P$  où  $V_P$  = Capacité du Pipeline entre Sejnane et le canal du Cap Bon ( $10^6 m^3$ )

De même, la quantité transférée par pipeline de tous les autres réservoirs est limitée à une valeur maximale égale à la capacité du pipeline. La capacité du canal Mejerda Cap Bon est également vérifiée.

## **B5.4 Les séries d'apports**

Cinq scénarios d'apport de sécheresse ont été initialement envisagés pour le bilan du réservoir:

### Scénarios de sécheresse initialement envisagés

Scenario	Durée		Apport* Total mil. m <sup>3</sup>	Total en % de moyenne**
1	1 année	Historique 1960/61	1044	55%
2	2 ans	Synthétique	2088	55%
3	2 ans	Historique 1987/88-88/89	1582	41%
4	3 ans	Synthétique	3132	55%
5	3 ans	Historique 1992/93-94/95	2204.5	38%

\* Apport pour 27 barrages dans le Nord de la Tunisie,

\*\* Apport Moyen de 1946 - 1997 = 1912 millions. m<sup>3</sup>/an

L'année de sécheresse qui a eu lieu en 1960/61 est sélectionnée comme la sécheresse type avec une récurrence de 1 / 5 ans.

Les 2 et 3 ans de sécheresse historique sont très graves. Les simulations de Réservoir avec apport de 2 et 3 années de sécheresse historique indiquent que presque tous les réservoirs devraient être pleins à 100% en Septembre et des restrictions de la demande doivent être appliquées dans les deuxième et troisième années de sécheresse afin de prévenir l'épuisement complet des stocks. Ce n'est pas surprenant puisque les réservoirs n'ont pas été dimensionnés pour un tel niveau élevé de fonctionnement.

Après des discussions avec le comité de pilotage et les participants à l'atelier, il a été décidé d'utiliser des scénarios sécheresse plus modérés pour pouvoir comparer les options de stockage pour les opérations de lutte contre les inondations. Les scénarios sont basés sur une année type de sécheresse.

### Scénarios de sécheresse sélectionnés pour le bilan d'eau de réservoir

Scenario de sécheresse			intervalle de récurrence des sécheresses
1:	1 année	Type	1/5
2:	2 ans	2 x type	1/9*
3:	2 ans	2 x type avec restrictions	1/9*
4:	3 ans	3 x type	1/11**

Notes \* un cycle est de 2 ans. \*\* un cycle est de 3 ans

Une demande de restriction de 20% est appliquée à l'irrigation dans le scénario 3 de la deuxième année de sécheresse.

Les détails sur le calcul des apports de sécheresse et l'intervalle de récurrence des sécheresses sont examinés dans le **Rapport complémentaire A.**

## CHAPITRE B6 RESULTATS ET DISCUSSION

### B6.1 Les déficits de l'approvisionnement en eau

Les simulations de réservoir pour les 4 scénarios de sécheresse ont été effectuées dans le cadre de l'analyse du bilan d'eau de la totalité du bassin en vue d'examiner la réserve utile initiale acceptable la plus petite requise et de savoir comment les stockages utiles fluctuent avec les variations mensuelles des apports et des demandes en eau. La **figure B6.1.1** illustre les résultats de la simulation du barrage Sidi Salem durant les années 2010, 2020 et 2030.

Il est constaté à travers la simulation de réservoir que le système de réservoir connaît des déficits durant les deux ou trois années de sécheresse sélectionnées. L'ampleur des déficits est résumée dans le tableau ci-dessous.

**Comparaison du déficit en approvisionnement de certains scénarios de sécheresse**

(en millions de m<sup>3</sup>)

Scénario de sécheresse	2010	2020	2030
1	-	-	-
2	5.4	15.0	54.5
3	6.2	15.2	75.2
4	81.4	205.8	336.3

\*\* 26 barrages de l'extrême nord de la Tunisie

Pour la période de deux années de sécheresse, les déficits se produisent au niveau des réservoirs suivants.

**Réservoirs avec déficits après 2 années de sécheresse séquentielles**

2010	2020	2030
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Lakhmes</li> <li>▪ R'Mil</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bouheurtma</li> <li>▪ Lakhmes,</li> <li>▪ Siliana</li> <li>▪ R'Mil</li> <li>▪ Zerga</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bouheurtma</li> <li>▪ Lakhmes,</li> <li>▪ Siliana</li> <li>▪ R'Mil</li> <li>▪ Zerga</li> <li>▪ Mellegue II</li> </ul>

Les déficits sont la conséquence des demandes agricoles locales qui dépassent la capacité du réservoir, même lorsque le réservoir est au niveau normal des eaux au début du mois de Septembre (c'est-à-dire plein). Par conséquent, ces réservoirs ne peuvent servir pour contribuer par n'importe quel volume de leur réserve utile à la lutte contre les inondations.

Ceci se produit aussi lors des trois années de sécheresse à l'exception des déficits locaux qui sont plus importants. En outre, les réservoirs de l'extrême nord sont surexploités. Les déficits se produisent dans les réservoirs de Sidi Barak et de Séjnane affectant ainsi l'alimentation en eau potable des grandes villes du système.

Les trois années de sécheresse ne peuvent être gérées sans un mécanisme de restriction, des grandes demandes de l'eau potable et l'irrigation agricole. Sous ce scénario, les réservoirs de la plupart des barrages du système devraient être maintenus remplis autant que possible au début du mois de Septembre en vue de réduire les pénuries d'eau.

## B6.2 Allocation des stockages

L'allocation des stockages fixée par la simulation de réservoir pour les barrages du bassin de la Mejerda est présentée dans le **tableau B6.2.1**.

Le volume de stockage initial requis dans le réservoir au début de Septembre correspond au volume de la tranche utile requis pour les opérations d'approvisionnement en eau. Le volume total du stockage disponible pour la lutte contre les inondations est divisé en deux composantes:

- stockage nominal d'inondation: Volume entre le niveau normal des eaux et le niveau des hautes eaux
- Stockage additionnel d'inondation: Volume entre le niveau normal des eaux et le volume maximum qui se produit de Septembre à Mai.

Sept barrages ont été sélectionnés pour améliorer les opérations de lutte contre les inondations en fonction de leur capacité, leur bassin versant et leur potentiel de réduire les pointes de crues. Il s'agit des barrages suivants: Sarrath (en construction), Mellegue (existant), Mellegue II (prévu), Bou Heurtma, Tessa (en projet), Sidi Salem, Siliana et les barrages.

Le volume total des stockages additionnels pour la lutte contre les inondations qui peut être fourni dans les sept barrages est estimé par la simulation de réservoir, comme présenté dans le tableau ci-dessous.

### Comparaison des stockages de lutte contre les inondations pour les scénarios de sécheresse

Scénario de sécheresse	Restriction de la demande	Stockage de lutte contre les inondations additionnels (Mm <sup>3</sup> )**		
		2010	2020	2030
1 year	Aucune	321	299	215
2 year	Oui	169	104	69
2 year	Aucune	168	99	33
3 year	Aucune	78	<10	<10

\*\* Pour les 7 barrages du bassin de la Mejerda ayant capacité de stockage pour la lutte contre les inondations

Comme prévu, la quantité de la réserve utile qui pourrait être réaffectée à la lutte contre les inondations diminue avec le temps et avec la durée de la sécheresse.

## **CHAPITRE B7 CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS**

Le choix d'un scénario approprié pour l'allocation d'espace pour le stockage a été discuté avec le comité de pilotage et les participants à l'atelier de travail tenu en octobre 2007. Les résultats de ces discussions sont les suivants :

- Les niveaux d'eau définis pour le scénario d'une année de sécheresse sont invraisemblablement bas, ils exigeraient un lâcher significatif de ressources pour se préparer aux inondations. Les décideurs considèrent ceci comme étant trop risqué du fait que les apports futurs ne pourraient être si suffisants pour pouvoir remplir le réservoir jusqu'au niveau d'eau exigé. Ce scénario qui ne fournit pas une stratégie efficace d'exploitation a été rejeté.
- Le scénario de trois années de sécheresse prouve que des restrictions sévères de demande s'imposeraient durant la deuxième et la troisième année et ce pour empêcher l'échec total du système. En Tunisie, les réservoirs n'ont pas de capacité de stockage, d'au-delà d'une année, suffisante pour une période de 3 années de sécheresse et ne peuvent servir dans de telles conditions difficiles. Selon les lignes directrices de gestion de la sécheresse en Tunisie éditées en 1999, la période de 3 années sécheresse a une récurrence approximative de 1/100. Ce scénario est rejeté car il s'agit d'une situation extrême qui dépasse la fiabilité des critères utilisés pour le dimensionnement des réservoirs
- Le scénario de deux années de sécheresse présente l'option la plus réaliste de gestion du système permettant de fournir un stockage additionnel de lutte contre les inondations, sans générer de déficits et ainsi éviter les retombées négatives sur l'agriculture et l'alimentation en eau potable. Les volumes de stockage définis sous ce scénario fournissent un niveau de sécurité d'approvisionnement en eau d'environ 95%. Si l'option d'imposer une restriction de 20% à la demande agricole lors de la deuxième année a un avantage minime en termes de lutte contre les inondations elle a par contre des retombées économiques négatives qui dépasseraient probablement ces avantages. Ce scénario est choisi comme référence pour déterminer l'allocation des stockages dans les réservoirs.

L'analyse des opérations de lutte contre les inondations utilisant le modèle MIKE BASIN est entreprise sous deux scénarios :

- Un scénario d'exploitation standard du réservoir correspondant à la situation actuelle où le volume de stockage réservé pour les opérations d'approvisionnement en eau est égal au volume du niveau normal des eaux (c.-à-d. toute la capacité utile).
- Un scénario d'exploitation améliorée du réservoir où le volume de stockage destiné à l'approvisionnement en eau est réduit à des niveaux qui seraient suffisants pour gérer une période typique de sécheresse de deux ans sans impacts négatifs significatifs.

L'allocation des stockages, ci après présentée, est recommandée pour l'analyse des stratégies de lutte contre les inondations aussi bien pour le développement actuel du système que pour les développements proposés pour les années 2010, 2020 et 2030.

**Allocation de stockage basée sur 2 années sèches séquentielles**

Barrage	Année	Stockage total (à NHE)	Stockage total (at NNE)	Tranche de crue de conception (NHE-NNE)	Total tranche utile (at NNE)	Réallocation pour la lutte contre les inondations	Tranche utile pour approvisionnement en eau
Sarrath	2010	48.53	20.95	27.58	20.48	4.07	16.41
	2020	48.53	20.95	27.58	16.38	1.41	14.97
	2030	48.53	20.95	27.58	12.28	0.60	11.68
Mellegue	2010	147.54	44.40	103.14	27.53	3.42	24.11
Mellegue II	2020	334.00	195.00	139.00	161.00	4.33	156.67
	2030	334.00	195.00	139.00	127.00	2.42	124.58
Bou Heurtma	2010	164.0	117.50	46.50	109.80	-	109.80
	2020	164.0	117.50	46.50	108.60	15.98	92.62
	2030	164.0	117.50	46.50	107.40	23.99	83.41
Tessa	2030	73.43	44.43	29.00	29.13	1.67	27.46
Sidi Salem	2010	959.48	674.00	285.48	643.10	160.58	482.52
	2020	959.48	674.00	285.48	598.10	77.48	520.62
	2030	959.48	674.00	285.48	553.10	4.61	548.49
Siliana	2010	125.05	70.00	55.05	49.86	-	49.86
	2020	125.05	70.00	55.05	39.26	-	39.26
	2030	125.05	70.00	55.05	28.66	-	28.66

L'examen des opérations d'approvisionnement en eau a mis en évidence la nécessité de poursuivre l'étude:

- pour effectuer une analyse de probabilité stockage-rendement pour chaque réservoir et mesurer le rendement total de tout le système quand l'ensemble des réservoirs est exploité d'une façon intégrée ;
- pour développer les courbes d'allocation des stockages saisonniers et les règles d'exploitation pour chaque réservoir qui pourraient aider les opérateurs lors de la prise de décision au sujet du stockage et des lâchures d'eau;
- pour procéder à une étude d'optimisation du système qui détermine la politique d'exploitation et identifie le stockage cible et la meilleure combinaison des rejets des différents réservoirs du système;
- pour développer le modèle MIKE BASIN établi en vertu de la présente étude à tous les réservoirs dans le système et toutes les demandes en eau allouées à ce système (c'est-à-dire en dehors du bassin de la Mejerda). Le modèle sera utilisé comme un outil par les décideurs et les opérateurs pour simuler le fonctionnement du système des ressources en eau des réservoirs du nord de la Tunisie.

## *Tableaux*

**Table B3.3.1 Rendement de réservoir et échéancier de mise en oeuvre**

Barrage	Rendement de réservoir 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	Présence (+) ou absence (-) du barrage			
		2005	2010	2015-20	2025-30
<b>1. Extrême Nord</b>					
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 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>		345.6	402.6	445.6	445.6
<b>2. Ben M'Tir et Kasseb</b>					
Ben Metir	38	+	+	+	+
Kasseb	34	+	+	+	+
Total Yield 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>		72	72	72	72
<b>3. Haute Medjerda</b>					
Zouitina	80	+	+	+	+
Bou Heurtma	75	+	+	+	+
Mellegue	127	+	+	-	-
Mellila	25	-	-	+	+
Mellegue II	107	-	-	+	+
Sub-total 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>		282	282	287	287
<b>4. Basse Medjerda</b>					
Sidi Salem	348	+	+	+	+
Lakhmes	4.6	+	+	+	+
Siliana	26	+	+	+	+
R'Mil	7	+	+	+	+
Sarrath	13	-	-	+	+
Tessa	24	-	-	-	+
Beja	14	-	-	-	+
Khaled	13	-	-	-	+
Sous-total 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>		385.6	385.6	398.6	449.6
Total Mejerda 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>		739.6	739.6	757.6	808.6
Grand Total 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>		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 B3.3.2 Moyenne des apports mensuels et annuels

(Unit: million m<sup>3</sup>)

	Nom	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Année
Mejerda	Zouitina	1.7	3.1	6.4	13.7	17.6	13.4	10.8	6.9	2.1	0.6	0.1	0.1	76.4
	Sarrath	2.3	2.8	1.3	1.0	1.0	0.9	1.5	1.5	1.5	1.4	0.7	1.2	17.0
	Mellegue	29.5	31.4	13.4	9.9	8.6	8.8	11.0	14.2	18.4	15.5	5.3	13.5	179.4
	Tessa	10.4	7.8	4.9	4.0	4.0	3.6	6.7	4.0	4.2	3.2	2.9	3.4	59.1
	Ben Metir	0.3	0.8	2.8	6.9	8.9	9.3	6.7	4.3	0.9	0.3	0.2	0.2	41.6
	Bou Hertma	1.0	2.5	7.9	19.3	25.3	26.5	20.0	12.9	3.6	1.3	0.7	0.9	121.9
	Kasseb	0.6	1.4	3.6	7.8	10.8	8.2	6.5	4.7	1.6	0.6	0.5	0.5	46.8
	Beja	0.2	0.6	1.3	2.8	4.0	2.9	2.5	1.7	0.6	0.2	0.2	0.2	17.2
	Sidi Salem	33.1	51.0	44.2	77.9	112.9	106.8	95.9	68.0	35.2	21.7	11.3	16.7	674.6
	Khalled	2.2	1.5	1.6	1.3	1.1	1.2	1.9	1.5	1.2	0.8	0.7	1.0	16.0
	Lakhmess	0.8	1.3	0.8	0.7	1.5	1.3	1.5	1.3	0.7	0.3	0.2	0.3	10.8
	Siliana	4.4	6.5	4.0	4.1	6.1	6.1	6.9	5.3	3.0	1.5	1.2	1.9	51.1
R'Mil	0.9	1.8	0.9	1.1	1.4	1.3	1.4	1.0	0.6	0.3	0.2	0.4	11.2	
Extreme Nord	Kebir	0.1	0.4	2.5	6.5	8.2	8.0	4.7	2.5	0.8	0.1	0.0	0.0	33.9
	Zerga	0.1	0.3	2.1	6.3	7.7	7.2	4.0	2.3	0.7	0.1	0.0	0.0	30.8
	Moula	0.1	0.4	1.7	4.3	5.4	4.2	3.2	2.0	0.6	0.1	0.0	0.0	22.0
	Sidi Barrak	0.9	4.1	13.9	33.0	42.3	32.7	28.1	16.5	4.9	1.1	0.5	0.5	178.4
	Ziatine	0.1	0.5	2.1	4.6	5.3	4.2	3.2	1.6	0.4	0.1	0.0	0.0	22.1
	Gamgoum	0.0	0.2	0.7	1.6	1.9	1.5	1.1	0.6	0.2	0.0	0.0	0.0	7.8
	El Harka	0.1	0.3	1.0	2.2	2.5	1.9	1.5	0.7	0.2	0.1	0.0	0.1	10.7
	Sejenane	0.4	2.3	9.9	21.6	24.1	18.5	11.2	4.8	0.9	0.2	0.1	0.1	94.1
	Douimis	0.1	0.3	0.9	1.7	2.0	2.0	1.2	0.5	0.2	0.0	0.0	0.0	8.9
	Melah	0.2	0.7	3.1	5.9	5.1	3.9	3.5	1.2	0.5	0.1	0.0	0.0	24.3
	Joumine	0.8	4.0	10.4	21.5	27.2	25.4	17.4	7.2	2.6	0.5	0.1	0.1	117.0
	Ghezala	0.1	0.2	0.8	1.8	2.2	2.0	1.4	0.6	0.2	0.0	0.0	0.0	9.4
Tine	0.3	1.2	2.3	5.1	5.3	5.5	4.4	2.5	1.5	0.5	0.1	0.1	28.9	

Total 1911.7

**Table B3.3.3 Apports mensuels de l'année de sécheresse de référence 1960/61**

(Unit: million m<sup>3</sup>)

Réservoir	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Année
Zouitina	4.81	2.14	2.20	9.12	28.18	8.27	4.76	0.98	0.45	0.19	0.08	0.05	61.23
Sarrath	0.72	1.40	0.56	0.78	0.88	0.61	0.58	0.56	0.50	1.00	1.41	0.88	9.87
Mellegue	3.33	10.50	1.74	4.05	5.02	2.26	2.01	1.70	1.01	6.30	10.70	5.02	53.64
Tessa	1.06	1.95	0.87	1.15	1.27	0.93	0.90	0.86	0.78	1.43	1.97	1.27	14.44
Ben Metir	1.87	0.20	0.24	3.49	10.30	4.98	2.43	0.76	0.34	0.25	0.19	0.19	25.24
Bou Hertma	1.87	0.42	0.50	11.77	36.51	8.74	4.88	1.18	1.85	1.09	0.82	0.32	69.95
Kasseb	2.38	0.95	1.14	4.86	14.90	4.40	2.21	1.68	1.33	1.13	1.11	1.03	37.12
Beja	0.85	0.34	0.41	1.73	5.31	1.57	0.79	0.60	0.47	0.40	0.40	0.37	13.24
Sidi Salem	31.40	42.50	34.00	51.60	130.00	66.90	28.20	14.70	10.10	14.10	15.10	9.90	448.50
Khalled	0.28	0.51	0.23	0.30	0.34	0.25	0.24	0.23	0.21	0.38	0.52	0.34	3.81
Lakhmess	0.32	0.04	0.03	0.11	0.51	0.18	0.14	0.07	0.04	0.03	0.00	0.00	1.47
Siliana	0.84	0.25	0.71	0.81	1.73	0.39	0.33	0.87	0.75	0.95	1.13	0.45	9.21
R'Mil	0.28	0.05	0.09	0.14	0.45	0.14	0.11	0.13	0.10	0.12	0.13	0.05	1.79
Kebir	0.01	0.01	0.04	2.65	13.05	1.26	0.62	0.14	0.05	0.03	0.03	0.01	17.90
Zerga	0.00	0.00	0.03	1.84	9.04	0.87	0.43	0.09	0.04	0.02	0.02	0.00	12.38
Moula	0.11	0.03	0.05	2.31	8.07	0.81	0.43	0.11	0.14	0.07	0.02	0.01	12.16
Sidi Barrak	2.03	0.54	0.73	23.51	52.84	5.60	3.35	1.10	2.32	1.12	0.19	0.12	93.45
Ziatine	0.12	0.03	0.04	2.86	6.91	0.84	0.34	0.07	0.14	0.07	0.01	0.01	11.44
Gamgoum	0.04	0.01	0.02	1.01	2.43	0.30	0.12	0.02	0.05	0.02	0.00	0.00	4.02
El Harka	0.05	0.01	0.02	1.13	2.72	0.33	0.13	0.03	0.06	0.03	0.00	0.00	4.51
Sejenane	0.00	0.00	0.00	11.70	30.20	4.10	1.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	47.08
Douimis	0.00	0.01	0.22	0.79	2.03	1.07	0.30	0.16	0.07	0.02	0.00	0.00	4.67
Melah	0.01	0.01	0.48	1.72	4.40	2.32	0.64	0.36	0.16	0.03	0.00	0.00	10.13
Joumine	0.00	0.00	0.00	7.47	18.70	4.98	0.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	32.09
Ghezala	0.00	0.01	0.22	0.78	1.99	1.05	0.29	0.16	0.07	0.02	0.00	0.00	4.59
Tine	0.08	0.13	5.44	1.29	3.22	18.35	5.41	4.03	1.77	0.38	0.01	0.00	40.11
Total	52.46	62.04	50.00	148.97	391.00	141.50	61.66	30.58	22.79	29.17	33.84	20.02	1044.04

Table B3.3.4 Moyenne des pertes mensuelles par évaporation

Région	Réservoir	Data source	Surface (ha)	Evaporation moyenne (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )												
				S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Annuellement
Extrême Nord	Zerga	2	176	0.193	0.103	0.055	0.043	0.039	0.037	0.060	0.078	0.159	0.237	0.326	0.296	1.627
	Kebir	2	301	0.217	0.124	0.070	0.053	0.046	0.046	0.076	0.097	0.181	0.265	0.358	0.324	1.858
	El Moula	2	143	0.102	0.055	0.029	0.023	0.021	0.020	0.032	0.041	0.084	0.125	0.172	0.156	0.861
	Sid Barrak	1	3028	2.972	1.934	1.429	1.197	0.944	1.141	1.823	2.434	3.590	4.393	4.842	4.340	31.038
	Ziatine	2	285	0.313	0.168	0.090	0.070	0.064	0.060	0.098	0.126	0.257	0.383	0.529	0.479	2.635
	Gangoum	2	149	0.164	0.088	0.047	0.037	0.033	0.031	0.051	0.066	0.135	0.200	0.276	0.250	1.378
	El Harka	2	448	0.492	0.263	0.141	0.110	0.100	0.094	0.154	0.198	0.405	0.602	0.831	0.753	4.143
	Douimis	2	300	0.374	0.187	0.097	0.076	0.069	0.063	0.101	0.134	0.300	0.452	0.643	0.580	3.074
	Sejnane	1	790	0.814	0.562	0.347	0.292	0.282	0.300	0.379	0.475	0.767	1.060	1.356	1.292	7.927
	Melah	2	303	0.335	0.165	0.085	0.068	0.062	0.055	0.089	0.121	0.267	0.403	0.573	0.518	2.740
	Joumine	1	660	0.610	0.396	0.214	0.149	0.143	0.171	0.328	0.445	0.712	0.986	1.201	1.028	6.381
	Ghezala	1	122	0.145	0.078	0.042	0.032	0.030	0.030	0.049	0.067	0.122	0.181	0.247	0.223	1.245
Tine	2	589	0.837	0.416	0.214	0.169	0.157	0.140	0.227	0.301	0.668	1.010	1.439	1.295	6.873	
Mejerda	Zouitina	1	422	0.295	0.232	0.129	0.108	0.093	0.118	0.227	0.257	0.397	0.530	0.563	0.490	3.437
	Bou Heurtma	1	800	0.749	0.491	0.239	0.167	0.180	0.175	0.389	0.445	0.728	1.016	1.268	1.141	6.989
	Ben Metir	1	350	0.390	0.250	0.147	0.108	0.103	0.110	0.211	0.230	0.358	0.485	0.615	0.566	3.572
	Kasseb	1	430	0.469	0.311	0.188	0.162	0.149	0.140	0.255	0.294	0.502	0.802	0.955	0.817	5.043
	Sarrath	3	300	0.319	0.157	0.081	0.065	0.059	0.052	0.085	0.115	0.254	0.383	0.545	0.492	2.607
	Mellegue	1	1010	1.110	0.802	0.459	0.297	0.295	0.374	0.620	0.872	1.334	1.927	2.441	1.984	12.514
	MellegueII	3	1280	1.246	0.735	0.413	0.281	0.281	0.338	0.586	0.834	1.288	1.700	2.088	1.931	11.721
	Tessa	2	75	0.081	0.051	0.030	0.017	0.016	0.022	0.044	0.051	0.083	0.127	0.140	0.127	0.789
	Beja	2	230	0.182	0.071	0.055	0.026	0.016	0.026	0.035	0.061	0.095	0.219	0.304	0.277	1.367
	Sidi Salem	1	5521	4.676	3.143	1.741	1.281	1.409	1.689	3.061	4.083	5.913	8.293	9.475	7.832	52.595
	Khalled	2	115	0.110	0.065	0.036	0.025	0.022	0.027	0.043	0.065	0.090	0.137	0.184	0.168	0.974
	Lakhmes	1	102	0.113	0.075	0.045	0.033	0.027	0.031	0.046	0.061	0.101	0.149	0.192	0.171	1.045
	Siliana	1	600	0.627	0.482	0.302	0.204	0.167	0.194	0.350	0.443	0.722	0.964	1.229	1.072	6.755
	R'Mil	2	62	0.068	0.042	0.024	0.018	0.016	0.017	0.027	0.034	0.059	0.084	0.109	0.100	0.598
TOTAL				18.003	11.448	6.749	5.107	4.821	5.502	9.446	12.425	19.570	27.114	32.900	28.702	181.787

1. Source des données: Relevés mensuels d'exploitation des barrages existants

2. Source des données: Eau2000 évaporation estimée en mètres x coefficient de bac 0.7 x surface du plan d'eau du réservoir (considérée constante au niveau normal des eaux le plus élevé)

3. Source de données: Sarrath and Mellegue II calculées à partir de l'équation linéaire dérivée en utilisant les données pour d'autres barrages.

**Table B4.3.1 Historique de la production et de la consommation de l'eau potable**

Toute la Tunisie

(million m<sup>3</sup>/an)

Année	Domestique	Industrie	Tourisme	Total	Taux de croissance	Taux de perte	Production (Y)	Population (x)
1975	74.9	11.6	6.9	93.4		0.66	141.8	5482.0
1976	77.2	13.5	7.0	97.7	4.6%	0.67	145.6	5628.2
1977	86.8	15.6	7.3	109.7	12.3%	0.69	158.1	5778.5
1978	91.5	16.4	7.7	115.6	5.4%	0.69	167.5	5933.5
1979	97.0	17.8	8.4	123.2	6.6%	0.69	178.9	6092.8
1980	102.4	21.5	8.7	132.6	7.6%	0.69	192.7	6256.9
1981	111.7	20.4	9.0	141.1	6.4%	0.69	205.0	6425.8
1982	121.0	20.9	8.5	150.4	6.6%	0.69	216.7	6599.6
1983	125.8	24.1	8.2	158.1	5.1%	0.71	222.3	6778.7
1984	132.6	24.0	7.9	164.5	4.0%	0.71	232.6	6966.1
1985	142.6	21.3	8.7	172.6	4.9%	0.73	237.0	7162.5
1986	146.0	21.0	9.4	176.4	2.2%	0.71	248.5	7339.0
1987	152.7	21.3	10.9	184.9	4.8%	0.71	261.4	7523.4
1988	161.4	24.3	11.6	197.3	6.7%	0.71	276.9	7785.7
1989	157.5	23.0	11.8	192.3	-2.5%	0.72	267.2	7909.5
1990	160.9	22.1	11.5	194.5	1.1%	0.70	276.9	8063.0
1991	165.6	22.3	9.7	197.6	1.6%	0.70	280.8	8219.7
1992	172.3	24.1	12.5	208.9	5.7%	0.73	286.0	8370.3
1993	186.4	23.3	13.8	223.5	7.0%	0.73	306.1	8523.6
1994	197.7	25.1	14.7	237.5	6.3%	0.74	322.1	8815.3
1995	191.2	24.9	14.3	230.4	-3.0%	0.74	312.1	8952.3
1996	189.9	25.3	14.1	229.3	-0.5%	0.74	309.0	9089.3
1997	203.1	26.5	15.7	245.3	7.0%	0.77	317.0	9214.9
1998	212.0	27.9	15.8	255.7	4.2%	0.78	326.2	9333.3
1999	225.0	28.7	16.7	270.4	5.7%	0.80	337.0	9455.9
2000	236.0	30.3	17.6	283.9	5.0%	0.82	345.5	9563.5
2001	248.6	32.4	18.1	299.1	5.4%	0.80	373.3	9673.6
2004	n.d.	n.d.	n.d.	313.9	1.6%	n.a.	n.a.	9911.0

n.d. = non disponible

données pour 2002 et 2003 not reportées

**Tableau B4.3.2 SONEDE Prédiction temporaire de besoins d'approvisionnement en eau 2004**

Consommation d'eau

Grands centres de demande	2003 (réel)	2006	2011	2015	2020	2025	2030	Croissance (ppa)
Grand Tunis	93.3	108	123	135	150	164	179	2.4%
Cap Bon	23.6	26	30	32.5	36	40	43.5	2.3%
Gt. Jendouba	5.9	6.4	7.1	7.7	8.5	9.2	9.9	1.9%
Gt. Beja	6.3	7.1	7.8	8.4	9.2	9.9	10.6	1.9%
Gt. Siliana	2.9	3.3	3.6	3.9	4.3	4.7	5.1	2.1%
Grand Sahel	51.7	59.2	70	78	89	99	110	2.8%
Gt. Kairouan	7	7.5	8.5	9.3	10.3	11.3	12.3	2.1%
Grand Sfax	30.7	35.5	42	47	53.5	59.5	66	2.9%
Gt Bizerte	16.2	17.1	19.2	21	23.1	25.3	27.4	2.0%
Zaghouan	3.2	3.6	4.3	4.9	5.6	6.2	6.9	2.9%
Gt. Le Kef	4.2	4.6	5.1	5.5	6	6.5	7	1.9%
Kerkennah	0.8	0.8	1	1.1	1.3	1.5	1.7	2.8%
Gt. Gabes	10.2	11.6	13.4	14.9	16.7	18.4	20.2	2.6%
ICM	6.3	7.1	7.4	7.7	8.1	8.5	9.3	1.5%
Jerba	9.4	11.4	13.8	15.8	18.1	20.5	22.9	3.4%
South East	10.3	12.5	15.1	17.1	19.7	22.3	24.8	3.3%
Gt. Kasserine	4.5	5	5.7	6.3	6.9	7.6	8.3	2.3%
Gt. Gafsa	7.5	8.2	9.1	9.8	10.7	11.5	12.4	1.9%
Gt. Tozeur	3.2	3.6	4	4.4	4.8	5.2	5.7	2.2%
Gt. Kebili	3.8	4.1	4.7	5.2	5.8	6.4	7	2.3%
Total	301	342.6	394.8	435.5	487.6	537.5	590	2.5%

(SONEDE Rapport Stratégie de Développement 2006-2030, Part 1 Dec 2004)

**Table B4.3.3 Ressources en eau potable requises du système de réservoirs du nord**

million m3							Pertes d'abstraction												15%
Code	Centre de demande 2005	Demande totale	Ressources locales	Net requis	Pertes d'abstraction	Eau brute requise	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	
							9.1%	8.6%	7.5%	7.3%	7.1%	6.3%	7.3%	7.5%	8.8%	9.3%	10.7%	10.4%	
UCTU	Grand Tunis	114.4	0.0	114.4	17.2	131.6	12.0	11.3	9.9	9.6	9.3	8.3	9.7	9.9	11.6	12.2	14.1	13.7	
UBER	Villes longeant le Pipelin	16.2	0.0	16.2	2.4	18.6	1.7	1.6	1.4	1.4	1.3	1.2	1.4	1.4	1.6	1.7	2.0	1.9	
UBIZ	Bizerte	20.3	10.0	10.3	1.5	11.8	1.1	1.0	0.9	0.9	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0	1.1	1.3	1.2	
UNAB	Cap Bon	29.2	5.5	23.7	3.6	27.3	2.5	2.3	2.0	2.0	1.9	1.7	2.0	2.0	2.4	2.5	2.9	2.8	
USFA	Sfax	40.7	20.0	20.7	3.1	23.8	2.2	2.0	1.8	1.7	1.7	1.5	1.7	1.8	2.1	2.2	2.5	2.5	
USAK	Sahel & Kairouan	65.5	20.0	45.5	6.8	52.3	4.8	4.5	3.9	3.8	3.7	3.3	3.8	3.9	4.6	4.8	5.6	5.5	
Total		286.3	55.5	230.8	34.6	265.4	24.1	22.8	19.9	19.3	18.8	16.8	19.5	19.9	23.5	24.6	28.4	27.7	

Code	Centre de demande 2010	Demande totale	Ressources locales	Net requis	Pertes d'abstraction	Eau brute requise	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
							9.1%	8.6%	7.5%	7.3%	7.1%	6.3%	7.3%	7.5%	8.8%	9.3%	10.7%	10.4%
UCTU	Grand Tunis	127.6	0.0	127.6	19.1	146.7	13.4	12.6	11.0	10.7	10.4	9.3	10.8	11.0	13.0	13.6	15.7	15.3
UBER	Villes longeant le Pipelin	17.4	0.0	17.4	2.6	20.0	1.8	1.7	1.5	1.5	1.4	1.3	1.5	1.5	1.8	1.9	2.1	2.1
UBIZ	Bizerte	21.3	10.0	11.3	1.7	13.0	1.2	1.1	1.0	0.9	0.9	0.8	1.0	1.0	1.1	1.2	1.4	1.4
UNAB	Cap Bon	32.1	5.5	26.6	4.0	30.6	2.8	2.6	2.3	2.2	2.2	1.9	2.2	2.3	2.7	2.8	3.3	3.2
USFA	Sfax	49.0	20.0	29.0	4.4	33.4	3.0	2.9	2.5	2.4	2.4	2.1	2.4	2.5	3.0	3.1	3.6	3.5
USAK	Sahel & Kairouan	78.6	20.0	58.6	8.8	67.4	6.1	5.8	5.1	4.9	4.8	4.3	5.0	5.1	6.0	6.2	7.2	7.0
Total		326.0	55.5	270.5	40.6	311.1	28.3	26.7	23.4	22.6	22.1	19.7	22.9	23.4	27.5	28.8	33.2	32.5

Code	Centre de demande 2020	Demande totale	Ressources locales	Net requis	Pertes d'abstraction	Eau brute requise	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
							9.1%	8.6%	7.5%	7.3%	7.1%	6.3%	7.3%	7.5%	8.8%	9.3%	10.7%	10.4%
UCTU	Grand Tunis	160.8	0.0	160.8	24.1	184.9	16.8	15.9	13.9	13.4	13.1	11.7	13.6	13.9	16.4	17.1	19.8	19.3
UBER	Villes longeant le Pipelin	21.1	0.0	21.1	3.2	24.3	2.2	2.1	1.8	1.8	1.7	1.5	1.8	1.8	2.1	2.2	2.6	2.5
UBIZ	Bizerte	26.2	10.0	16.2	2.4	18.6	1.7	1.6	1.4	1.4	1.3	1.2	1.4	1.4	1.6	1.7	2.0	1.9
UNAB	Cap Bon	37.9	5.5	32.4	4.9	37.3	3.4	3.2	2.8	2.7	2.6	2.4	2.7	2.8	3.3	3.5	4.0	3.9
USFA	Sfax	64.2	20.0	44.2	6.6	50.8	4.6	4.4	3.8	3.7	3.6	3.2	3.7	3.8	4.5	4.7	5.4	5.3
USAK	Sahel & Kairouan	101.2	20.0	81.2	12.2	93.4	8.5	8.0	7.0	6.8	6.6	5.9	6.9	7.0	8.3	8.7	10.0	9.7
Total		411.4	55.5	355.9	53.4	409.3	37.2	35.2	30.7	29.7	29.0	26.0	30.1	30.7	36.2	37.9	43.7	42.7

Code	Centre de demande 2030	Demande totale	Ressources locales	Net requis	Pertes d'abstraction	Eau brute requise	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
							9.1%	8.6%	7.5%	7.3%	7.1%	6.3%	7.3%	7.5%	8.8%	9.3%	10.7%	10.4%
UCTU	Grand Tunis	193.1	0.0	193.1	29.0	222.1	20.2	19.1	16.7	16.1	15.8	14.1	16.3	16.7	19.6	20.6	23.7	23.2
UBER	Villes longeant le Pipelin	24.5	0.0	24.5	3.7	28.2	2.6	2.4	2.1	2.0	2.0	1.8	2.1	2.1	2.5	2.6	3.0	2.9
UBIZ	Bizerte	31.1	10.0	21.1	3.2	24.3	2.2	2.1	1.8	1.8	1.7	1.5	1.8	1.8	2.1	2.2	2.6	2.5
UNAB	Cap Bon	44.5	5.5	39.0	5.9	44.9	4.1	3.9	3.4	3.3	3.2	2.8	3.3	3.4	4.0	4.2	4.8	4.7
USFA	Sfax	79.0	20.0	59.0	8.9	67.9	6.2	5.8	5.1	4.9	4.8	4.3	5.0	5.1	6.0	6.3	7.2	7.1
USAK	Sahel & Kairouan	124.5	20.0	104.5	15.7	120.2	10.9	10.3	9.0	8.7	8.5	7.6	8.8	9.0	10.6	11.1	12.8	12.5
Total		496.7	55.5	441.2	66.2	507.4	46.2	43.6	38.1	36.8	36.0	32.2	37.3	38.1	44.9	47.0	54.2	52.9

**Table B4.5.1 Total de la demande mensuelle appliquée au système des réservoirs du nord de la Tunisie**(Unité: million m<sup>3</sup>)

2010	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Total
Potable	28.3	26.7	23.4	22.6	22.1	19.7	22.9	23.4	27.5	28.8	33.2	32.5	311.1
Agricole	52.1	27.8	16.2	0.9	0.4	7.9	37.0	68.8	126.2	89.7	103.2	96.4	626.7
Ecologique	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	80.4	54.5	45.6	29.5	28.5	33.6	65.9	92.2	153.8	118.5	136.5	128.9	967.8

2020	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Total
Potable	37.2	35.2	30.7	29.7	29.0	26.0	30.1	30.7	36.2	37.9	43.7	42.7	409.3
Agricole	54.6	29.5	17.1	0.8	0.4	8.4	39.9	74.4	135.4	94.1	107.6	101.2	663.3
Environmental	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	91.8	64.6	53.9	36.5	35.4	40.3	75.9	105.2	171.6	132.0	151.3	143.9	1102.6

2030	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Total
Potable	46.2	43.6	38.1	36.8	36.0	32.2	37.3	38.1	44.9	47.0	54.2	52.9	507.4
Agricole	50.8	27.4	15.9	0.8	0.6	9.2	39.3	71.4	127.8	91.5	105.7	96.3	636.8
Ecologique	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	96.9	71.0	60.0	43.6	42.6	47.4	82.6	109.5	172.7	138.5	160.0	149.3	1174.2

**Table B4.6.1 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 B5.1.1 Liste des allocations de demandes aux réservoirs**

Région	Code	Réservoir	Agriculture	Potable	Environnemental
Mejerda	BE	Béja	BE12		
	BH	Bou Heurtma	JE03, AG04	-	
	<b>BM</b>	<b>Béni M'tir</b>	-	<b>UBER, UCTU, UNAB</b>	
	<b>KA</b>	<b>Kasseb</b>	-	<b>UCTU</b>	
	KH	Khalled	BE13		
	LA	Lakhmes	SL01	-	
	ME	Mellegue	AG02, BE07,JE04,JE08	-	
	RM	Rmil	SL09	-	
	SA	Sarrath	KF11		
	SI	Siliana	SL02	-	
	<b>SS</b>	<b>Sidi Salem</b>	<b>AG01, AG06, AG07</b>	<b>UAG2, UCTU, UNAB</b>	
	TE	Tessa	AG03		
	ZO	Barbara	JE 12	-	
Extrême nord	<b>DO</b>	<b>Douimis</b>	<b>AG01</b>		<b>EN02</b>
	<b>EH</b>	<b>El Harka</b>	<b>AG01</b>		<b>EN02</b>
	EM	El Moula			
	<b>GA</b>	<b>Gamgoum</b>	<b>AG01</b>		<b>EN02</b>
	<b>GH</b>	<b>Ghezala</b>	<b>AG01, BI06</b>		<b>EN02</b>
	<b>JO</b>	<b>Joumine</b>	<b>AG01, BI10</b>	<b>UBIZ, UAG2</b>	
	KE	Kebir	-	-	
	<b>ML</b>	<b>Melah</b>	<b>AG01</b>		<b>EN02</b>
	SB	Sidi Barak	BE08, BI09	-	
	<b>SE</b>	<b>Sejnane</b>	<b>AG01, BI07</b>	<b>UAG2, UCTU, UNAB</b>	<b>EN02</b>
	<b>TI</b>	<b>Tine</b>	<b>AG01</b>		<b>EN02</b>
	ZE	Zerga	IE09	-	
	<b>ZI</b>	<b>Ziatine</b>	<b>AG01, BI05</b>	-	<b>EN02</b>

Note: les demandes partagées sont en caractère gras

**Tableau B5.2.1 Bilan de masse des ressources en eau (1/2)**

(Unité : million m3)

	Année			
	2005	2010	2020	2030
<b>Zone 1: Extrême Nord à Bejaoua</b>				
Demande en eau				
Bizerte Potable	20.3	21.3	26.2	31.1
Pertes d'abstraction	1.5	1.7	2.4	3.2
Agriculture	71.7	71.7	64.9	58.8
Ichkeul	30.0	30.0	30.0	30.0
Transfert du canal du Cap Bon à Béjaoua	150.5	205.5	231.5	247.5
Ressources en eau				
Ressources d'eau souterraine	10.0	10.0	10.0	10.0
Réservoirs de l'extrême nord	345.6	402.6	445.6	445.6
Bilan	81.5	82.4	100.6	85.0
<b>Zone 2: Rivière Mejerda - canal du Cap Bon à Béjaoua</b>				
Demande en eau				
Agriculture	450.6	461.0	513.3	496.0
Transfert vers le canal du Cap Bon	217.0	206.6	172.3	240.6
Ressources en eau				
Réservoirs du bassin de la Mejerda	667.6	667.6	685.6	736.6
Bilan	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Zone 3: Béni M'Tir et Kasseb</b>				
Demande en eau				
Villes longeant le Pipeline - potable	16.2	17.4	21.1	24.5
Pertes par abstraction	2.4	2.6	3.2	3.7
Transfert vers Gdir El Goulla	53.4	52.0	47.7	43.8
Ressources en eau				
Réservoirs	72.0	72.0	72.0	72.0
Bilan	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Zone 4: Grand Tunis</b>				
Demande en eau				
Tunis potable	114.4	127.6	160.8	193.1
Pertes par abstraction	17.2	19.1	24.1	29.0
Transfert vers d'autres zones	197.4	225.3	266.6	309.9
Ressources en eau				
Gdir El Goulla	53.4	52.0	47.7	43.8
Canal du Cap Bon à Béjaoua	217.0	206.6	172.3	240.6
Pipeline de l'extrême Nord	150.5	205.5	231.5	247.5
Bilan	92.0	92.0	0.0	0.0
<b>Zone 5 Cap Bon</b>				
Demande en eau				
Cap Bon potable	29.2	32.1	37.9	44.5
Pertes par abstraction	3.6	4.0	4.9	5.9
Agricole	94.0	94.0	85.1	77.0
Transfert vers d'autres zones	76.1	100.7	144.2	188.0
Ressources en eau				
Ressources d'eau souterraine	5.5	5.5	5.5	5.5
Canal du Cap Bon	197.4	225.3	266.6	309.9
Bilan	0.0	0.0	0.0	0.0

**Tableau B5.2.1 Bilan de masse des ressources en eau (2/2)**

(Unité : million m<sup>3</sup>)

<b>Zone 6 Sfax &amp; Sidi Bouzid</b>				
Demande en eau				
Sfax & Sidi Bouzid potable	40.7	49.0	64.2	79.0
Pertes par abstraction	3.1	4.4	6.6	8.9
Transfert vers d'autres zones	52.3	67.4	93.4	120.2
Ressources en eau				
Ressources d'eau souterraine	20.0	20.0	20.0	20.0
Canal du Cap Bon	76.1	100.7	144.2	188.0
<b>Bilan</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>
<b>Zone 7 Sahel &amp; Kairouan</b>				
Demande en eau				
Sahel & Kairouan	65.5	78.6	101.2	124.5
Pertes par abstraction	6.8	8.8	12.2	15.7
Ressources en eau				
Ressources d'eau souterraine	20.0	20.0	20.0	20.0
Canal du Cap Bon	52.3	67.4	93.4	120.2
<b>Bilan</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>
<b>Total du bilan d'eau</b>				
Demande en eau				
Demande en eau potable	286.3	326.0	411.4	496.7
Pertes par abstraction	34.6	40.6	53.4	66.2
Demande agricole	616.3	626.7	663.3	631.8
Ichkeul	30.0	30.0	30.0	30.0
Demande totale	967.2	1023.3	1158.1	1224.7
Ressources en eau				
Abstraction eau souterraine	55.5	55.5	55.5	55.5
Grands barrages	1085.2	1142.2	1203.2	1254.2
Mejerda	667.6	667.6	685.6	736.6
Kasseb Béni M'Tir	72.0	72.0	72.0	72.0
Pipeline de l'extrême Nord	345.6	402.6	445.6	445.6
Total ressources	1140.7	1197.7	1258.7	1309.7
Allocation des demandes				
Demande approvisionnée par les eaux souterraines	55.5	55.5	55.5	55.5
Demande approvisionnée par les grands barrages	911.7	967.8	1102.6	1169.2
<b>Bilan des ressources restant dans les réservoirs</b>	<b>173.5</b>	<b>174.4</b>	<b>100.6</b>	<b>85.0</b>

Note: ne considère pas les capacités de transfert ou l'équilibrage de la salinité

Pertes par abstraction appliquées à demande en eau potab 15%

**Tableau B5.3.1 Allocation des demandes partagées**

Code du réservoir	SE	JO	ME	BH	BM	KA	SS
Demandes partagées	AG01	x	x				x
	AG05			x	x		
	UCTU	x	x			x	x
	UNAB	x	x				x
	USFA	x	x				x
	USAK	x	x				x

**Tableau B5.3.2 Capacité de transfert des pipelines**

Réservoir	Capacité du Pipeline	Volume mensuel maximum million m3												Total
		Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	
	m3/s	30	31	30	31	31	28	31	30	31	30	31	31	
Barbara	7.0	18.14	18.75	18.14	18.75	18.75	16.93	18.75	18.14	18.75	18.14	18.75	18.75	220.75
Ben M'Tir	1.0	2.59	2.68	2.59	2.68	2.68	2.42	2.68	2.59	2.68	2.59	2.68	2.68	31.54
Kasseb	1.1	2.85	2.95	2.85	2.95	2.95	2.66	2.95	2.85	2.95	2.85	2.95	2.95	34.69
Kebir	1.4	3.63	3.75	3.63	3.75	3.75	3.39	3.75	3.63	3.75	3.63	3.75	3.75	44.15
El Moula	2.0	5.18	5.36	5.18	5.36	5.36	4.84	5.36	5.18	5.36	5.18	5.36	5.36	63.07
Sidi Barrak	8.4	21.77	22.50	21.77	22.50	22.50	20.32	22.50	21.77	22.50	21.77	22.50	22.50	264.90
Ziatine	0.7	1.76	1.82	1.76	1.82	1.82	1.65	1.82	1.76	1.82	1.76	1.82	1.82	21.44
Gamgoum	0.4	1.04	1.07	1.04	1.07	1.07	0.97	1.07	1.04	1.07	1.04	1.07	1.07	12.61
El Harka	2.4	6.09	6.29	6.09	6.29	6.29	5.69	6.29	6.09	6.29	6.09	6.29	6.29	74.11
Sejnane - stn pompage	11.6	30.17	31.18	30.17	31.18	31.18	28.16	31.18	30.17	31.18	30.17	31.18	31.18	367.08
Sejnane-Joumine Pipeline	12.0	31.10	32.14	31.10	32.14	32.14	29.03	32.14	31.10	32.14	31.10	32.14	32.14	378.43
Douimis	4.00	10.37	10.71	10.37	10.71	10.71	9.68	10.71	10.37	10.71	10.37	10.71	10.71	126.14
Melah	1.25	3.24	3.35	3.24	3.35	3.35	3.02	3.35	3.24	3.35	3.24	3.35	3.35	39.42
Joumine - Sidi M'Barek	4.00	10.37	10.71	10.37	10.71	10.71	9.68	10.71	10.37	10.71	10.37	10.71	10.71	126.14
Joumine - Bizerte	1.00	2.59	2.68	2.59	2.68	2.68	2.42	2.68	2.59	2.68	2.59	2.68	2.68	31.54
Ghezala	0.30	0.78	0.80	0.78	0.80	0.80	0.73	0.80	0.78	0.80	0.78	0.80	0.80	9.46
Tine	0.87	2.26	2.33	2.26	2.33	2.33	2.10	2.33	2.26	2.33	2.26	2.33	2.33	27.44
MCB canal: Laroussia - Béjaoua	16.00	41.47	42.85	41.47	42.85	42.85	38.71	42.85	41.47	42.85	41.47	42.85	42.85	504.58
MCB canal: Béjaoua-Cap Bon	8.80	22.81	23.57	22.81	23.57	23.57	21.29	23.57	22.81	23.57	22.81	23.57	23.57	277.52
Pipeline Béjaoua - Tunis	5.50	14.26	14.73	14.26	14.73	14.73	13.31	14.73	14.26	14.73	14.26	14.73	14.73	173.45

Tableau B6.2.1 Allocation des stockages des réservoirs dans le bassin de la Mejerda (1/3)

Barrage	Année	Caractéristiques des réservoirs (Mm3)		Volumes de stockage au début du mois (Mm3)											Stockage de lutte contre les inondations (Mm3)		
		Stockage total NHE	Stockage total NNE	Scenario	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Max	De conception (NNE à NHE)	Additionnel (sous NNE)	Total
Sarrath	2010	48.53	20.95	3a	18.90	18.20	18.55	18.58	19.10	19.70	19.95	19.51	18.30	19.95	27.58	1.00	28.58
				2b	15.83	15.13	15.48	15.51	16.03	16.63	16.88	16.44	15.23	16.88	27.58	4.07	31.65
				2a	14.81	14.10	14.46	14.49	15.01	15.61	15.86	15.42	14.21	15.86	27.58	5.09	32.67
				1a	10.71	10.01	10.36	10.39	10.91	11.51	11.76	11.32	10.11	11.76	27.58	9.19	36.77
	2020	48.53	20.95	3a	19.31	18.61	18.96	18.99	19.51	20.11	20.36	19.92	18.71	20.36	27.58	0.59	28.17
				2b	18.49	17.79	18.14	18.18	18.69	19.29	19.54	19.10	17.89	19.54	27.58	1.41	28.99
				2a	18.49	17.79	18.14	18.18	18.69	19.29	19.54	19.10	17.89	19.54	27.58	1.41	28.99
				1a	13.58	12.88	13.23	13.26	13.78	14.38	14.63	14.19	12.98	14.63	27.58	6.32	33.90
	2030	48.53	20.95	3a	19.72	19.11	19.52	19.58	20.10	20.70	20.95	20.59	19.53	20.95	27.58	-	27.58
				3a	19.11	18.50	18.90	18.97	19.49	20.08	20.35	19.99	18.93	20.35	27.58	0.60	28.18
				2a	19.11	18.50	18.90	18.97	19.49	20.08	20.35	19.99	18.93	20.35	27.58	0.60	28.18
				1a	15.42	14.81	15.22	15.28	15.80	16.40	16.67	16.30	15.24	16.67	27.58	4.28	31.86
Mellegue	2010	147.54	44.40	3a	25.13	24.03	31.25	32.08	35.54	39.90	40.98	38.81	33.77	40.98	103.14	3.42	106.56
				2b	25.13	24.03	31.25	32.08	35.54	39.90	40.98	38.81	33.77	40.98	103.14	3.42	106.56
				2a	25.13	24.03	31.25	32.08	35.54	39.90	40.98	38.81	33.77	40.98	103.14	3.42	106.56
				1a	25.13	24.03	31.25	32.08	35.54	39.90	40.98	38.81	33.77	40.98	103.14	3.42	106.56
Mellegue II	2020	334.00	195.00	3a	186.95	179.94	183.98	182.43	185.91	190.28	190.67	184.78	171.59	190.67	139.00	4.33	143.33
				2b	186.95	179.94	183.98	182.43	185.91	190.28	190.67	184.78	171.59	190.67	139.00	4.33	143.33
				2a	186.95	179.94	183.98	182.43	185.91	190.28	190.67	184.78	171.59	190.67	139.00	4.33	143.33
				1a	130.60	123.59	127.63	126.08	129.56	133.93	134.32	128.43	115.24	134.32	139.00	60.68	199.68
	2030	334.00	195.00	3a	188.65	181.74	185.84	184.32	187.80	192.17	192.59	186.78	173.75	192.59	139.00	2.41	141.41
				2b	188.65	181.74	185.84	184.32	187.80	192.17	192.58	186.77	173.73	192.58	139.00	2.42	141.42
				2a	188.65	181.74	185.84	184.32	187.80	192.17	192.58	186.77	173.73	192.58	139.00	2.42	141.42
				1a	150.55	143.64	147.74	146.22	149.70	154.07	154.48	148.67	135.63	154.48	139.00	40.52	179.52
Béni M'tir	2010	73.43	57.20	3a	57.20	55.62	52.84	50.28	50.11	55.06	56.26	55.20	52.95	57.20	16.23	-	16.23
				2b	46.94	45.36	42.59	40.03	39.86	44.80	46.01	44.94	42.69	46.94	16.23	10.26	26.49
				2a	46.94	45.36	42.59	40.03	39.86	44.80	46.01	44.94	42.69	46.94	16.23	10.26	26.49
				1a	31.56	29.98	27.20	24.64	24.47	29.42	30.62	29.56	27.31	31.56	16.23	25.64	41.87
	2020	73.43	57.20	3a	57.20	55.62	52.84	50.28	50.11	55.06	56.26	55.20	52.95	57.20	16.23	-	16.23
				2b	47.22	45.64	42.87	40.31	40.14	45.08	46.29	45.22	42.97	47.22	16.23	9.98	26.21
				2a	47.22	45.64	42.87	40.31	40.14	45.08	46.29	45.22	42.97	47.22	16.23	9.98	26.21
				1a	32.26	30.68	27.90	25.34	25.17	30.12	31.32	30.26	28.01	32.26	16.23	24.94	41.17
	2030	73.43	57.20	3a	57.20	55.62	52.84	50.28	50.11	55.06	56.26	55.20	52.95	57.20	16.23	-	16.23
				2b	47.50	45.92	43.15	40.59	40.42	45.36	46.57	45.50	43.25	47.50	16.23	9.70	25.93
				2a	47.50	45.92	43.15	40.59	40.42	45.36	46.57	45.50	43.25	47.50	16.23	9.70	25.93
				1a	32.96	31.38	28.60	26.04	25.87	30.82	32.02	30.96	28.71	32.96	16.23	24.24	40.47

1a=1 année de sécheresse 1960/61 2a=2 ans sécheresse synthétique+restriction de demande 2b=pas de restriction de demande 3a=3 ans sécheresse synthétique

**Table B6.2.1 Storage Allocation for Reservoirs in the Mejerda Basin (2/3)**

Dam	Year	Caractéristiques des réservoirs (Mm3)		Storage volumes at the beginning of the month (Mm3)											Flood storage volumes (Mm3)		
		Total Storage HWL	Total storage NWL	Scenario	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Max	Designed (NWL to HWL)	Additional (below NWL)	Total
Bou Heurtma	2010	164.0	117.50	3a	84.56	76.00	70.04	66.37	77.31	111.54	117.50	114.23	99.65	117.50	46.50	-	46.50
				2b	84.56	76.00	70.04	66.37	77.31	111.54	117.50	114.23	99.65	117.50	46.50	-	46.50
				2a	84.56	76.00	70.04	66.37	77.31	111.54	117.50	114.23	99.65	117.50	46.50	-	46.50
				1a	46.13	37.57	31.61	27.94	38.88	73.11	80.07	76.80	62.23	80.07	46.50	37.43	83.93
	2020	164.0	117.50	3a	84.92	75.52	69.25	65.96	76.91	111.14	117.50	113.28	96.63	117.50	46.50	-	46.50
				2b	68.63	59.23	52.96	49.67	60.62	94.85	101.52	97.30	80.64	101.52	46.50	15.98	62.48
				2a	63.20	53.80	47.53	44.24	55.19	89.42	96.09	91.87	75.21	96.09	46.50	21.41	67.91
				1a	52.34	42.94	36.67	33.38	44.33	78.56	85.23	81.01	64.35	85.23	46.50	32.27	78.77
	2030	164.0	117.50	3a	79.91	71.57	65.91	62.97	73.92	108.14	114.99	112.81	97.88	114.99	46.50	2.51	49.01
				2b	58.43	50.09	44.43	41.49	52.44	86.66	93.51	91.33	76.40	93.51	46.50	23.99	70.49
				2a	47.69	39.35	33.69	30.75	41.70	75.92	82.77	80.59	65.66	82.77	46.50	34.73	81.23
				1a	42.32	33.98	28.32	25.38	36.33	70.55	77.40	75.22	60.29	77.40	46.50	40.10	86.60
Kasseb	2010	92.6	81.88	3a	63.27	61.74	59.19	57.01	57.55	65.63	66.13	64.58	62.70	66.13	10.72	15.75	26.47
				2b	53.97	52.44	49.89	47.71	48.24	56.32	56.82	55.28	53.39	56.82	10.72	25.06	35.78
				2a	53.97	52.44	49.89	47.71	48.24	56.32	56.82	55.28	53.39	56.82	10.72	25.06	35.78
				1a	41.57	40.03	37.49	35.30	35.84	43.92	44.42	42.87	40.99	44.42	10.72	37.46	48.18
	2020	92.6	81.88	3a	66.88	65.34	62.79	60.61	61.15	69.23	69.73	68.18	66.30	69.73	10.72	12.15	22.87
				2b	54.87	53.34	50.79	48.61	49.14	57.22	57.72	56.18	54.29	57.72	10.72	24.16	34.88
				2a	54.87	53.34	50.79	48.61	49.14	57.22	57.72	56.18	54.29	57.72	10.72	24.16	34.88
				1a	42.87	41.33	38.79	36.60	37.14	45.22	45.72	44.17	42.29	45.72	10.72	36.16	46.88
	2030	92.6	81.88	3a	67.38	65.84	63.29	61.11	61.65	69.73	70.23	68.68	66.80	70.23	10.72	11.65	22.37
				2b	55.77	54.24	51.69	49.51	50.04	58.12	58.62	57.08	55.19	58.62	10.72	23.26	33.98
				2a	55.77	54.24	51.69	49.51	50.04	58.12	58.62	57.08	55.19	58.62	10.72	23.26	33.98
				1a	44.17	42.63	40.09	37.90	38.44	46.52	47.02	45.47	43.59	47.02	10.72	34.86	45.58
Beja	2030	46.0	26.40	3a	11.20	11.27	11.23	11.36	12.63	16.59	17.68	17.91	17.67	17.91	19.60	8.49	28.09
				2b	11.20	11.27	11.23	11.36	12.63	16.59	17.68	17.91	17.67	17.91	19.60	8.49	28.09
				2a	11.20	11.27	11.23	11.36	12.63	16.59	17.68	17.91	17.67	17.91	19.60	8.49	28.09
				1a	11.20	11.27	11.23	11.36	12.63	16.59	17.68	17.91	17.67	17.91	19.60	8.49	28.09
Tessa	2030	73.43	44.43	3a	41.52	42.12	43.53	44.15	44.43	44.43	43.68	42.16	40.80	44.43	29.00	-	29.00
				2b	38.60	39.21	40.62	41.24	42.06	42.76	42.01	40.49	39.13	42.76	29.00	1.67	30.67
				2a	38.60	39.21	40.62	41.24	42.06	42.76	42.01	40.49	39.13	42.76	29.00	1.67	30.67
				1a	29.87	30.47	31.88	32.50	33.32	34.02	33.28	31.76	30.39	34.02	29.00	10.41	39.41
Khalled	2030	37.00	34.00	3a	29.74	29.34	29.37	29.34	29.54	29.77	29.84	29.55	28.83	29.84	3.00	4.16	7.16
				2b	25.48	25.08	25.11	25.08	25.28	25.51	25.58	25.29	24.57	25.58	3.00	8.42	11.42
				2a	25.48	25.08	25.11	25.08	25.28	25.51	25.58	25.29	24.57	25.58	3.00	8.42	11.42
				1a	21.22	20.82	20.85	20.82	21.02	21.25	21.32	21.03	20.31	21.32	3.00	12.68	15.68

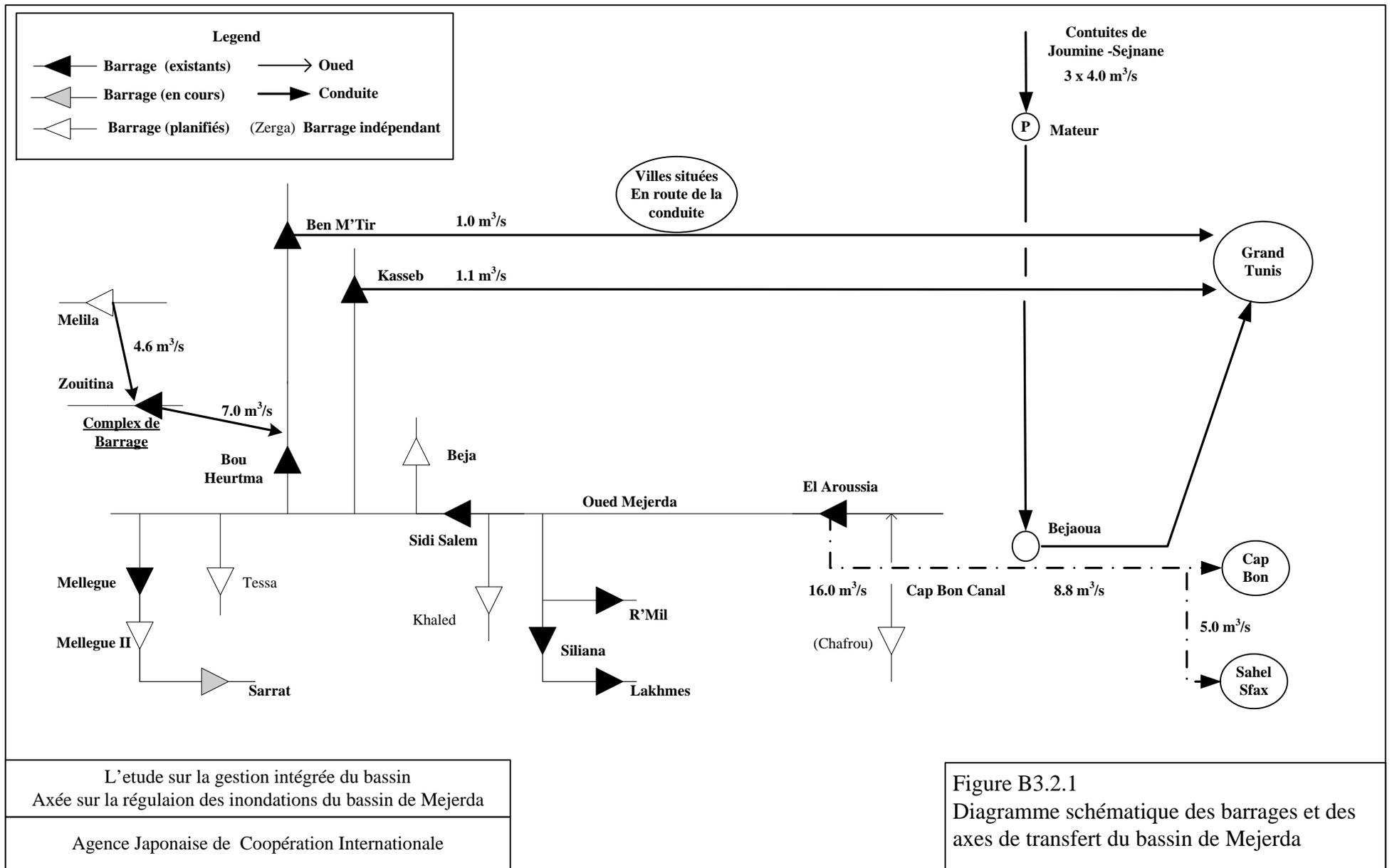
1a=1 année de sécheresse 1960/61 2a=2 ans sécheresse synthétique-restiction de demande 2b=pas de restriction de demande 3a=3 ans sécheresse synthétique

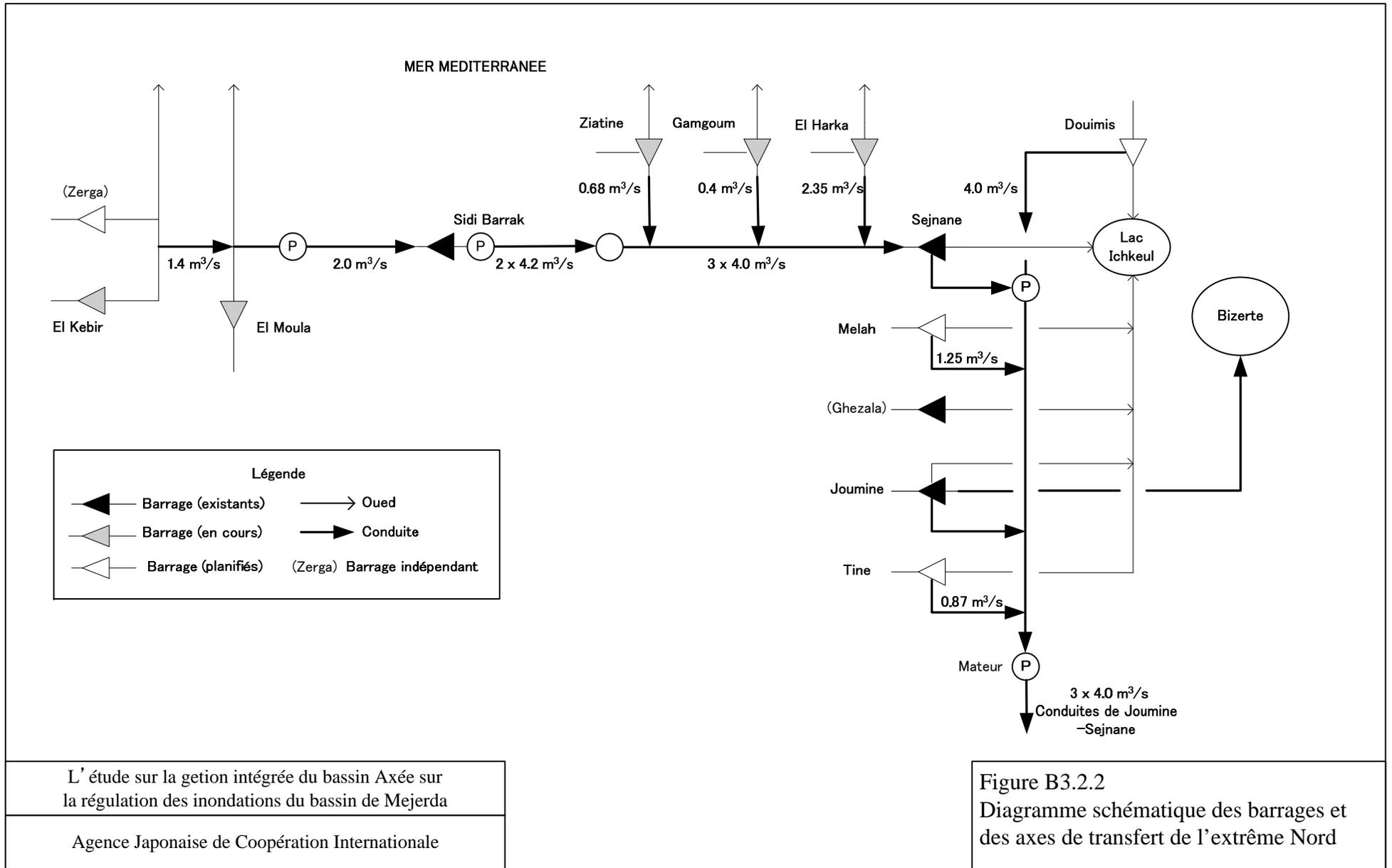
**Tableau B6.2.1 Allocation des stockages des réservoirs dans le bassin de la Mejerda (3/3)**

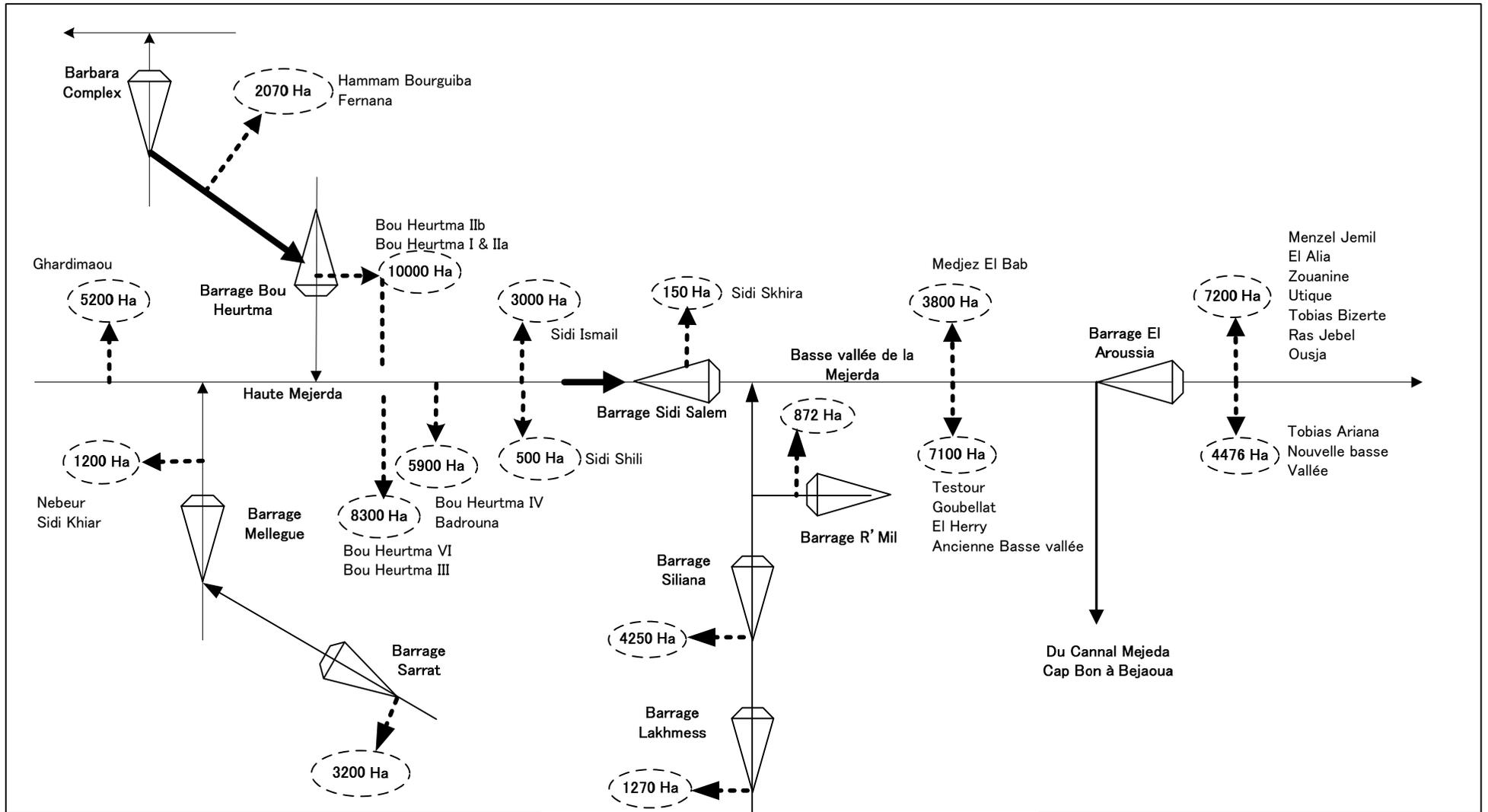
Dam	Year	Caractéristiques des réservoirs (Mm3)		Storage volumes at the beginning of the month (Mm3)											Flood storage volumes (Mm3)		
		Total Storage HWL	Total storage NWL	Scenario	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Max	Designed (NWL to HWL)	Additional (below NWL)	Total
Sidi Salem	2010	959.48	674.00	3a	413.29	402.17	408.16	417.25	453.08	552.95	600.33	590.74	549.10	600.33	285.48	73.67	359.15
				2b	326.39	315.27	321.26	330.34	366.18	466.05	513.42	503.84	462.19	513.42	285.48	160.58	446.06
				2a	326.39	315.27	321.26	330.34	366.18	466.05	513.42	503.84	462.19	513.42	285.48	160.58	446.06
				1a	239.49	228.37	234.36	243.44	279.27	379.15	425.52	415.93	374.29	425.52	285.48	248.48	533.96
	2020	959.48	674.00	3a	513.70	499.34	499.60	503.22	534.08	635.88	674.00	664.38	623.97	674.00	285.48	-	285.48
				2b	433.54	419.19	419.45	423.07	453.77	554.63	596.52	586.26	545.26	596.52	285.48	77.48	362.96
				2a	433.54	419.19	419.45	423.07	453.77	554.63	596.52	586.26	545.26	596.52	285.48	77.48	362.96
				1a	326.67	312.32	312.58	316.20	346.90	447.76	489.65	479.39	438.39	489.65	285.48	184.35	469.83
	2030	959.48	674.00	3a	527.20	509.87	505.22	504.40	531.04	632.60	670.63	657.04	614.38	670.63	285.48	3.37	288.85
				2b	527.20	509.87	505.22	504.40	530.50	631.36	669.39	655.80	613.14	669.39	285.48	4.61	290.09
				2a	502.73	485.41	480.75	479.94	506.03	606.89	644.92	631.33	588.67	644.92	285.48	29.08	314.56
				1a	380.39	363.07	358.42	357.60	383.70	484.56	522.58	509.00	466.34	522.58	285.48	151.42	436.90
Lakhmes	2010	8.36	7.22	3a	7.22	7.08	6.64	6.24	6.22	6.58	6.59	6.45	6.44	7.22	1.14	-	1.14
				2b	7.22	7.08	6.64	6.24	6.22	6.58	6.59	6.45	6.44	7.22	1.14	-	1.14
				2a	7.22	7.08	6.64	6.24	6.22	6.58	6.59	6.45	6.44	7.22	1.14	-	1.14
				1a	5.11	4.97	4.53	4.13	4.11	4.46	4.48	4.34	4.33	5.11	1.14	2.11	3.25
	2020	8.36	7.22	3a	7.22	7.11	6.71	6.35	6.33	6.69	6.71	6.59	6.58	7.22	1.14	-	1.14
				2b	7.22	7.11	6.71	6.35	6.33	6.69	6.71	6.59	6.58	7.22	1.14	-	1.14
				2a	7.22	7.11	6.71	6.35	6.33	6.69	6.71	6.59	6.58	7.22	1.14	-	1.14
				1a	5.44	5.33	4.93	4.57	4.55	4.91	4.93	4.81	4.80	5.44	1.14	1.78	2.92
	2030	8.36	7.22	3a	7.22	7.13	6.77	6.44	6.43	6.78	6.81	6.71	6.70	7.22	1.14	-	1.14
				2b	7.22	7.13	6.77	6.44	6.43	6.78	6.81	6.71	6.70	7.22	1.14	-	1.14
				2a	7.22	7.13	6.77	6.44	6.43	6.78	6.81	6.71	6.70	7.22	1.14	-	1.14
				1a	5.53	5.44	5.08	4.75	4.74	5.10	5.13	5.03	5.02	5.53	1.14	1.69	2.83
Siliana	2010	125.05	70.00	3a	70.00	68.72	66.47	64.82	64.87	66.08	65.75	64.68	64.90	70.00	55.05	-	55.05
				2b	70.00	68.72	66.47	64.82	64.87	66.08	65.75	64.68	64.90	70.00	55.05	-	55.05
				2a	70.00	68.72	66.47	64.82	64.87	66.08	65.75	64.68	64.90	70.00	55.05	-	55.05
				1a	47.56	46.28	44.04	42.39	42.44	43.64	43.31	42.24	42.46	47.56	55.05	22.44	77.49
	2020	125.05	70.00	3a	70.00	68.85	66.80	65.34	65.42	66.63	66.34	65.37	65.59	70.00	55.05	-	55.05
				2b	70.00	68.85	66.80	65.34	65.42	66.63	66.34	65.37	65.59	70.00	55.05	-	55.05
				2a	70.00	68.85	66.80	65.34	65.42	66.63	66.34	65.37	65.59	70.00	55.05	-	55.05
				1a	54.30	53.15	51.10	49.63	49.72	50.93	50.64	49.67	49.89	54.30	55.05	15.70	70.75
	2030	125.05	70.00	3a	70.00	68.97	67.09	65.80	65.92	67.13	66.88	65.99	66.21	70.00	55.05	-	55.05
				2b	70.00	68.97	67.09	65.80	65.92	67.13	66.88	65.99	66.21	70.00	55.05	-	55.05
				2a	70.00	68.97	67.09	65.80	65.92	67.13	66.88	65.99	66.21	70.00	55.05	-	55.05
				1a	61.40	60.37	58.50	57.20	57.32	58.53	58.28	57.40	57.62	61.40	55.05	8.60	63.65
R'Mil	2010	6.00	4.00	3a	4.00	3.94	3.64	3.39	3.43	3.75	3.76	3.67	3.73	4.00	2.00	-	2.00
				2b	4.00	3.94	3.64	3.39	3.43	3.75	3.76	3.67	3.73	4.00	2.00	-	2.00
				2a	3.00	2.94	2.64	2.39	2.43	2.75	2.76	2.67	2.73	3.00	2.00	1.00	3.00
				1a	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.00	4.00	6.00
	2020	6.00	4.00	3a	4.00	3.96	3.69	3.47	3.51	3.83	3.86	3.77	3.84	4.00	2.00	-	2.00
				2b	4.00	3.96	3.69	3.47	3.51	3.83	3.86	3.77	3.84	4.00	2.00	-	2.00
				2a	4.00	3.96	3.69	3.47	3.51	3.83	3.86	3.77	3.84	4.00	2.00	-	2.00
				1a	2.95	2.91	2.64	2.42	2.46	2.78	2.81	2.72	2.79	2.95	2.00	1.05	3.05
	2030	6.00	4.00	3a	4.00	3.98	3.73	3.54	3.58	3.91	3.94	3.87	3.93	4.00	2.00	-	2.00
				2b	4.00	3.98	3.73	3.54	3.58	3.91	3.94	3.87	3.93	4.00	2.00	-	2.00
				2a	4.00	3.98	3.73	3.54	3.58	3.91	3.94	3.87	3.93	4.00	2.00	-	2.00
				1a	2.95	2.93	2.68	2.49	2.53	2.86	2.89	2.82	2.88	2.95	2.00	1.05	3.05

1a=1 année de sécheresse 1960/61 2a=2 ans sécheresse synthétique+restriction de demande 2b=pas de restriction de demande 3a=3 ans sécheresse synthétique

## *Figures*



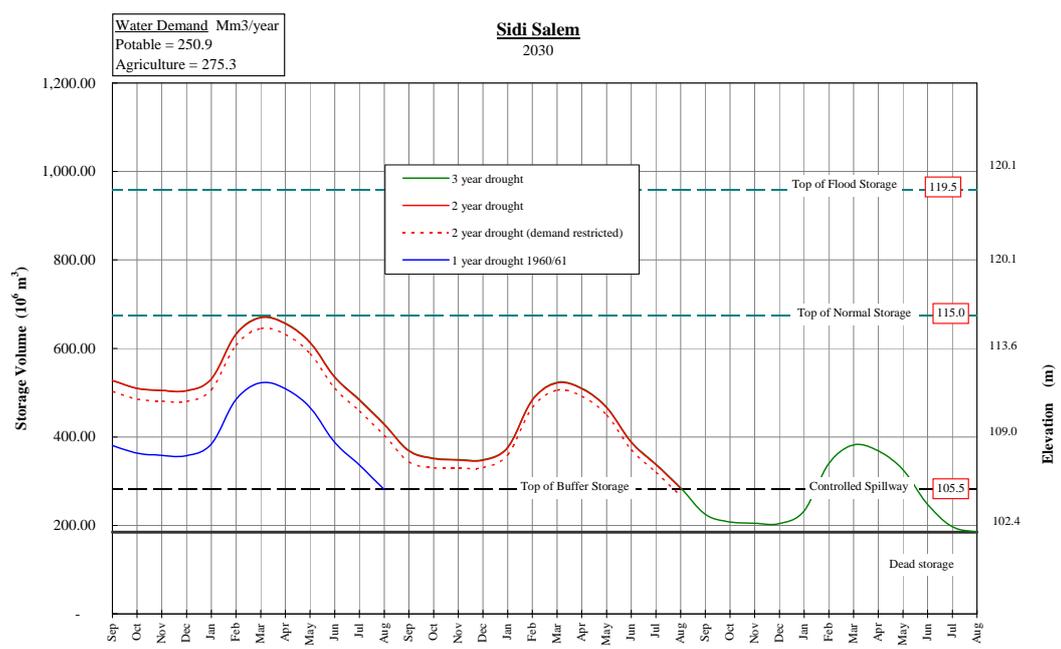
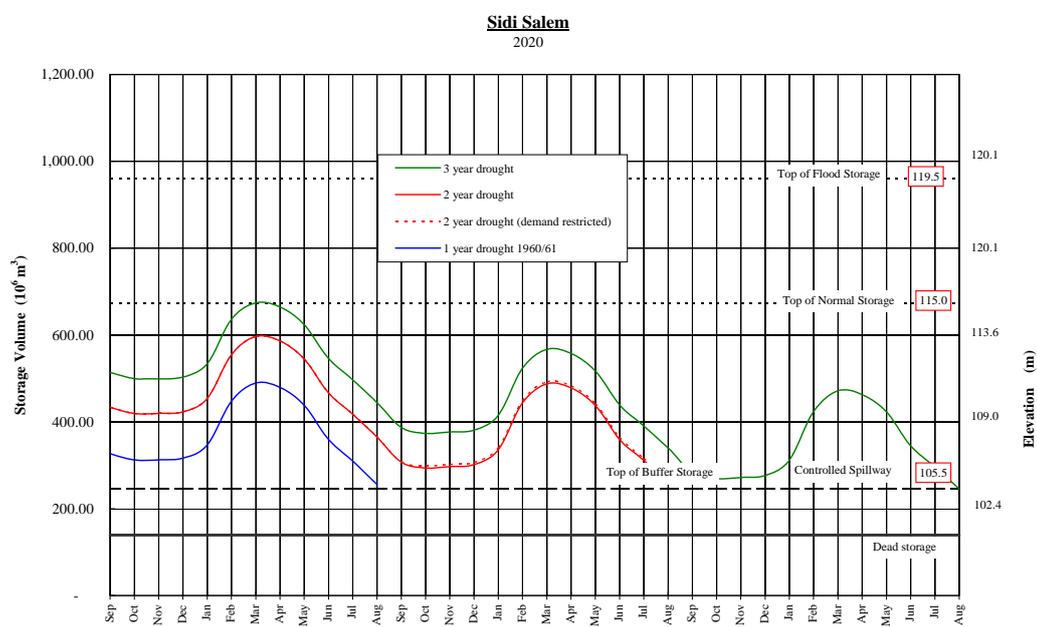
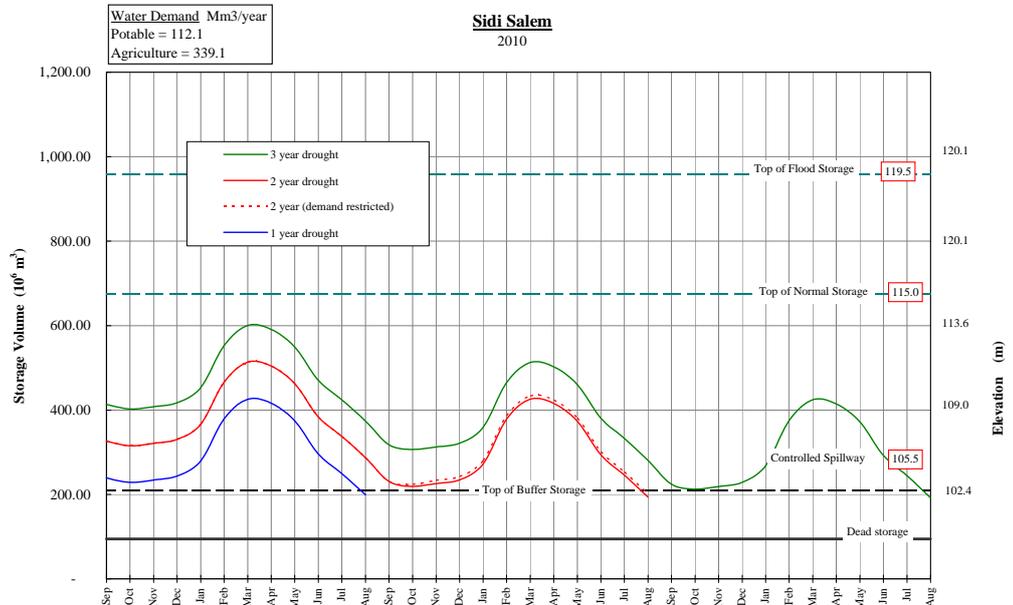




L' étude sur la gestion intégrée du bassin Axée sur la régulation des inondations du bassin de Mejerda

Agence Japonaise de Coopération Internationale

Figure B4.2.1 Réseaux d'irrigation dans le bassin de Mejerda



**Figure B6.1.1 Simulation de réservoir dans l'analyse du bilan d'eau de la totalité du bassin**

*Rapport Complémentaire C*  
***L'EXPLOITATION DE RÉSERVOIR***

L'étude sur  
LA GESTION INTEGREE DU BASSIN  
AXEE SUR LA REGULATION DES INONDATIONS  
DANS LE BASSIN DE LA MEJERDA  
EN  
REPUBLIQUE TUNISIENNE

**Rapport Final**

**Rapport Complémentaire C : L'exploitation de Réservoir**

Table des matières

	<u>Page</u>
<b>Chapitre C1 INTRODUCTION.....</b>	<b>C1-1</b>
<b>Chapitre C2 CARACTERISTIQUES PRINCIPALES DES BARRAGES ET DES RESERVOIRS DU BASSIN DE LA MEJERDA.....</b>	<b>C2-1</b>
C2.1 Vue d'ensemble sur les réservoirs du bassin de l'oued Mejerda .....	C2-1
C2.2 Etat des lieux de l'exploitation des Réservoirs avec des évacuateurs de crues avec ou sans vannes .....	C2-3
<b>Chapitre C3 METHODOLOGIE POUR L'EVALUATION DE LA CAPACITE DE CONTROLE DES CRUES DES RESERVOIRS .....</b>	<b>C3-1</b>
C3.1 Sélection des réservoirs importants pour un contrôle efficace des crues .....	C3-1
C3.1.1 Critères de sélection des réservoirs pour un contrôle efficace des crues .....	C3-1
C3.1.2 Réservoirs importants choisis pour un contrôle efficace des crues.....	C3-2
C3.2 Modèle mathématique pour l'analyse de l'exploitation du réservoir .....	C3-2
C3.2.1 Description du modèle d'exploitation du réservoir.....	C3-2
C3.2.2 Modèle d'étalonnage pour le bassin de l'Oued Medjerda .....	C3-3
<b>Chapitre C4 EXPLOITATION OPTIMISEE DU RÉSERVOIR.....</b>	<b>C4-1</b>
C4.1 Nécessité de l'exploitation optimisée du réservoir .....	C4-1
C4.2 Règles fondamentales pour l'exploitation optimisée du réservoir .....	C4-3
<b>Chapitre C5 ANALYSE DE LA CAPACITÉ DE MAITRISE DES CRUES DES RÉSÉROIRS .....</b>	<b>C5-1</b>
C5.1 Généralités .....	C5-1
C5.2 Analyse de l'oued Medjerda sous le scénario "aucun barrage" .....	C5-2

C5.3	Analyse des réservoirs existants “à l'étape actuelle” .....	C5-2
C5.3.1	Capacité de maîtrise des crues dans le cadre de l'exploitation standard de réservoir .....	C5-3
C5.3.2	Capacité de maîtrise des crues dans le cadre de l'exploitation optimisée de réservoir .....	C5-9
C5.4	Analyse des réservoirs sous l'exploitation optimisée de réservoir en 2010, 2020 et 2030 .....	C5-10
C5.4.1	Capacité de maîtrise des crues en l'an 2010 .....	C5-10
C5.4.2	Capacité de maîtrise des crues en l'an 2020 .....	C5-12
C5.4.3	Capacité de maîtrise des crues l'année cible 2030.....	C5-14
C5.5	Fiches d'exploitation pour les 7 réservoirs sélectionnés .....	C5-16

**Chapitre C6 RECOMMANDATIONS POUR L'EXPLOITATION DE RÉSERVOIR  
LORS D'ÉVÉNEMENTS DE CRUE ..... C6-1**

**List des Tableaux**

	<u>Page</u>
Table C2.1.1 Principales caractéristiques et autres informations des réservoirs du bassin de l'oued Mejerda .....	CT-1

**Liste des données contenues dans "Data Book" (la banque de données)**

	<u>Page</u>
Data C1 Résultats de la simulation de « sans barrages » condition in le bassin de l'oued Mejerda .....	DC1-1
Data C2 Fiches d'exploitation des 7 barrages sélectionnés .....	DC2-1

## **CHAPITRE C1      INTRODUCTION**

Au cours des 50 dernières années, neuf (9) barrages/réservoirs ont été construits dans le bassin de l'Oued Mejerda et six (6) autres sont en cours de construction ou en phase de conception/planification. Toutefois, les détails des règles régissant l'exploitation du réservoir pour les cas de crues n'ont pas été officiellement documentés en tant que normes ou manuels d'opération en Tunisie. Les lignes directrices intitulées «Gestion des inondations des principaux fleuves en Tunisie et le fonctionnement des installations hydrauliques» ont été établies par la DGBGTH [1] en 1988, mais à l'heure actuelle leur utilisation n'est pas assez répandue.

Le cadre général de fonctionnement du réservoir a été établi par les organisations parties prenantes en fonction des conditions de stockage des autres barrages, des précipitations, des débits des crues, des conditions générales de l'oued concerné, etc., et l'exploitation actuelle du réservoir est dû au devoir et aux prises de décisions du personnel expérimenté sur du site.

En principe, seuls deux réservoirs, à savoir le réservoir de Mellegue construit en 1954 et le réservoir de Sidi Salem construit en 1981, ont été construits dans le bassin de l'Oued Medjerda principalement pour contrôler les crues. Cela signifie que tous les réservoirs du bassin de l'Oued Medjerda ne peuvent pas contribuer de manière significative à l'atténuation des crues ou à la protection contre les inondations. Par conséquent, en utilisant certains critères ayant trait à la capacité de stockage pour le contrôle des crues, la surface du bassin versant du réservoir et aux installations pour contrôler efficacement les crues, 7 réservoirs importants ont été choisis dans cette étude pour l'analyse et l'évaluation du fonctionnement optimal pendant les crues.

Pour l'évaluation du fonctionnement du réservoir et de déversés des crues dans les oueds, un modèle mathématique a été élaboré en utilisant des logiciels de gestion de l'eau, qui sont des outils analytiques.

Une analyse de l'exploitation du réservoir a été conduite pour les réservoirs actuels et pour les phases du réservoir pour trois années cibles (2010, 2020 et 2030) dans le cas de crues avec une période de retour de 2, 5, 10, 20, 50, 100 et 200 ans.

Les résultats de l'analyse du fonctionnement du réservoir ont fourni des informations sur le comportement et la réactivité de l'ensemble du bassin de l'oued Medjerda face à ces crues. Des exploitations optimales de chaque réservoir sous différentes conditions de crues ont été étudiées et les limites de l'atténuation des crues de chaque réservoir ont été examinées. L'étude est arrivée à la conclusion que les 7 réservoirs choisis devraient être exploités comme un seul système coordonné, en d'autres termes, un système d'exploitation coordonné.

En outre, une analyse de l'exploitation du réservoir a été effectuée pour estimer les débits probables libérés des réservoirs pour le plan de contrôle des crues.

Les règles fondamentales de l'exploitation du réservoir ont été formulées et l'effet de pré-déversement du réservoir sur la base du contrôle et de la prévision des débits/précipitations a également été évalué. En outre, les principes d'exploitation et les règles fondamentales d'exploitation pour chaque réservoir ont été obtenus et l'efficacité de l'exploitation coordonnée des réservoirs a été débattue.

## CHAPTER C2 CARACTERISTIQUES PRINCIPALES DES BARRAGES ET DES RESERVOIRS DU BASSIN DE LA MEJERDA

### C2.1 Vue d'ensemble sur les réservoirs du bassin de l'oued Mejerda

Actuellement, 9 barrages fonctionnent dans le bassin de l'oued Medjerda; l'un d'entre eux, à savoir le barrage de Laroussia, est seulement un barrage mobile, fournissant de l'eau pour les prélèvements alimentant le canal du Mejrda-Cap Bon. et pour le turbinage

Il y a actuellement six barrages en cours de construction ou en phase de conception/ planification dans le bassin. Par conséquent, 14 réservoirs au total, comme l'indique le tableau ci-dessous, sont pris en compte dans l'analyse de l'approvisionnement en eau et le contrôle des crues dans cette étude.

Les réservoirs dans le bassin de l'oued Medjerda

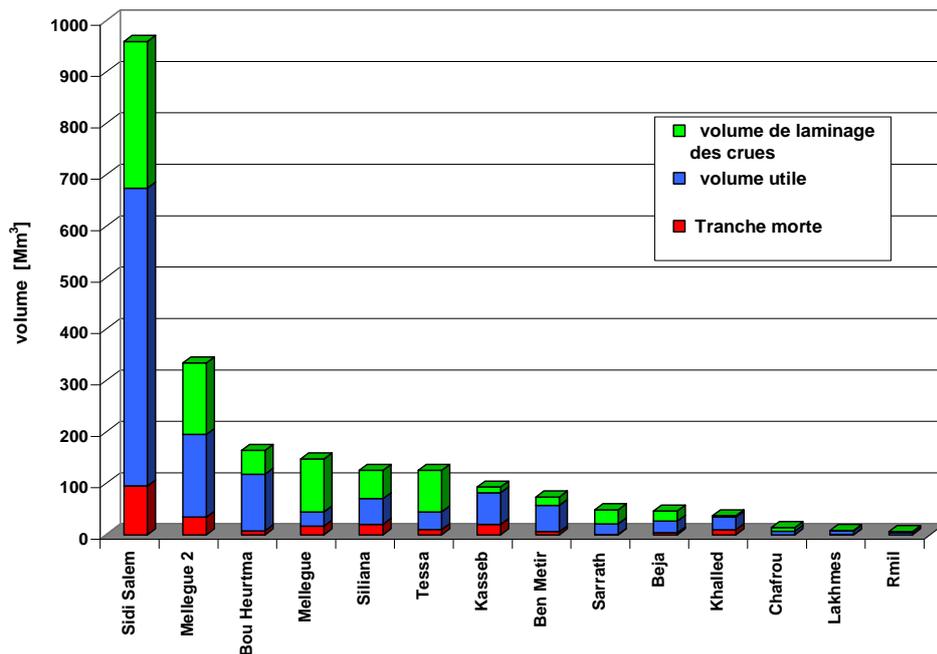
Nom du barrage	surface du bassin versant (km <sup>2</sup> )	Niveau RN		Niveau PHE		
		Elevation (m)	Capacité totale actuelle (Mil. m3)	Elevation (m)	Volume total (Mil. m3)	Volume de contrôle des crues (Mil. m3)
Sidi Salem	18 191	115,00	674,0	119,50	959,5	285,5
Mellegue 2*	10 100	295,00	195,0	304,00	334,0	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

Note: \* en cours de construction ou en phase de conception/planification  
Source: MARH

Le tableau ci-dessus montre le niveau normal de l'eau du réservoir, son volume de stockage correspondant, le niveau d'eau maximum et le stockage du contrôle des crues qui en résulte pour chaque réservoir. La partie significative des stockages du contrôle des crues projetées, à savoir 729 mil. m3 (91,4%), est fournie par les réservoirs du barrage de Sidi Salem et ses barrages situés en amont. L'opération de contrôle des crues et l'exploitation coordonnée de ces réservoirs revêtent une importance cruciale à la lumière de la situation des inondations et de la propagation des crues dans l'oued Medjerda de Testour jusqu'à l'embouchure. Des données plus détaillées sur ces 14 réservoirs sont compilées dans le **tableau C2.1.1**.

En principe, seuls deux réservoirs dans le bassin de l'oued Medjerda, le réservoir de Mellegue (1954) et le réservoir de Sidi Salem (1981), ont été construits avec pour but essentiel de contrôler les crues. L'objectif principal des autres réservoirs (et également du réservoir de Sidi Salem) est de satisfaire la demande en eau dans le nord de la Tunisie avec 9 réservoirs (Sidi El Barrak, Sejnane, Joumine et six autres réservoirs), situés à la pointe nord de la Tunisie à proximité de la Méditerranée.

Le volume de stockage de chaque réservoir, ainsi que la division du volume en tranche morte (qui ne peut être utilisée pour aucun usage), en volume d'exploitation (pour l'approvisionnement en eau) et en stockage de contrôle des crues sont tels que présentés ci-dessous.



### Stockages des réservoirs dans le bassin de l'oued Medjerda

Le plus grand réservoir du bassin de l'oued Medjerda est celui de Sidi Salem avec un volume de stockage total de 960 ml. m<sup>3</sup> au niveau d'eau maximal. Il est également le plus important réservoir du point de vue de contrôle des crues: le stockage nominal de contrôle des crues est d'environ 286 mil. m<sup>3</sup>. Grâce au stockage de contrôle des crues (103 mil. m<sup>3</sup>) du barrage Mellegue et à sa capacité de contrôler efficacement le débit sortant du réservoir à travers le fonctionnement des vannes, le barrage de Mellegue peut également influencer de manière significative les débits en aval du barrage.

Les autres barrages sont pour la plupart équipés de déversoirs libres uniquement et sont exploités avec un niveau d'eau normal avec un déversoir libre au niveau de la RN, c'est-à-dire que leur stockage de contrôle des crues ne peut être suffisamment contrôlé. En dépit de ce fait, certains barrages de taille moyenne construits sur les affluents contribuent, dans une certaine mesure, à atténuer les pointes des crues et à réduire les dommages causés par les crues le long de l'oued Mejerda, bien que les effets de contrôle des

inondations soient plutôt moins importants que ceux des deux plus grands réservoirs, les barrages de Sidi Salem et de Mellegue, comme indiqué ci-dessus.

Les réservoirs de Ben Metir, Bou Heurtma et Kasseb peuvent réduire de manière importante l'ampleur des débits des crues dans la ville de Bou Salem, située dans la zone qui a été la plus gravement touchée par les inondations dans le bassin de l'oued Medjerda. En plus du réservoir de Sidi Salem, le réservoir de Siliana peut retarder les pointes des débits des crues s'écoulant dans le courant principal de Medjerda et provenant du barrage de Sidi Salem.

## C2.2 Etat des lieux de l'exploitation des Réservoirs avec des évacuateurs de crues avec ou sans vannes

Grâce à l'analyse des données historiques collectées dans les sites des barrages, il est constaté que le niveau d'eau maximal précédent n'a jamais atteint le niveau d'eau nominal maximal comme indiqué ci-dessous. Cela signifie que les stockages nominaux de contrôle d'inondations n'ont pas été entièrement utilisés, même au cours des dernières crues importantes (par exemple les crues de l'année 2003).

Les valeurs historiques maximales dans les réservoirs existants

Nom du barrage	Évacuateur	Niveau PHE		Évènements historiques maximaux		
		Elevation (m)	Volume de contrôle d'inondation désigné (Mil. m <sup>3</sup> )	Niveau d'eau (m)	Volume de contrôle des crues (Mil. m <sup>3</sup> )	Volume de contrôle des crues utilisé/nominal
Sidi Salem	cont. / libre	119,50	285,5	117,50	156,0	55%
Mellegue	Contrôlé	269,00	103,1	268,70	98,6	96%
Siliana	Libre	395,50	55,1	389,70	7,1	13%
Bou Heurtma	Libre	226,00	46,5	222,00	8,4	18%
<b>TOTAL</b>			<b>490,2</b>		<b>270,1</b>	<b>55%</b>

Il existe de nombreuses raisons pour lesquelles seule une partie du stockage de contrôle des crues a été utilisée pour retarder les débits des crues dans le réservoir. Toutefois, il est en effet impossible de stocker l'eau des crues à un niveau d'eau plus élevé (par exemple, près de niveau d'eau maximal) quelque soit le débit dans un réservoir équipé d'un déversoir libre. Dans le cas de déversoir libre, le niveau d'eau maximum actuel (et le stockage maximal actuel de contrôle des crues) dépend entièrement du débit entrant dans le réservoir.

On peut voir dans le tableau ci-dessus que par exemple 13% seulement de stockage nominal de contrôle des crues du réservoir de Siliana ont été utilisés pour le contrôle des crues en décembre 2003 et environ 18% dans le cas du réservoir de Bou Heurtma en janvier 2003. Les deux barrages sont uniquement équipés de déversoirs libres. Il existe 2 types de déversoirs au barrage de Sidi Salem: le principal déversoir est contrôlé par 3 vannes et le second (déversoir en tulipe) est libre. Toutefois, la capacité de débit du déversoir en tulipe n'est pas très importante (700 m<sup>3</sup>/s; comparable à des débits de pointe typique des crues dans l'oued Medjerda à cet emplacement): la faible capacité du

déversoir en tulipe permet au niveau d'eau de monter et, par conséquent, une grande quantité de stockage de contrôle des crues est utilisée en cas d'inondation, par exemple 55% du stockage nominal de contrôle des crues en janvier 2003.

D'autre part, il y a seulement un déversoir contrôlé au barrage de Mellegue et c'est la raison pour laquelle tous les évacuateurs du réservoir (déversoir, puits de fond, etc.) peuvent être entièrement contrôlés pendant les crues. Comme on l'a vu dans le tableau ci-dessus, près de la totalité du stockage nominal de contrôle des crues (98,6 mil. m<sup>3</sup> = 96% stockage nominal de contrôle des crues) a été utilisée pour la diminution réussie des débits de pointe en décembre 2003.

Selon l'examen ci-dessus, il est évident que seule une partie (environ la moitié) des stockages nominaux de contrôle des crues dans l'ensemble du bassin de l'oued Medjerda peut être utilisée pour un contrôle efficace des crues, qui dépend de la probabilité de survenue des crues, de la répartition géographique des crues et de nombreux autres facteurs. Toutefois, d'autres stockages de contrôle des crues (déversoir au niveau de la crête) à certains réservoirs seraient vraiment appréciables, comme on le verra ci-après.

## CHAPITRE C3 METHODOLOGIE POUR L'EVALUATION DE LA CAPACITE DE CONTROLE DES CRUES DES RESERVOIRS

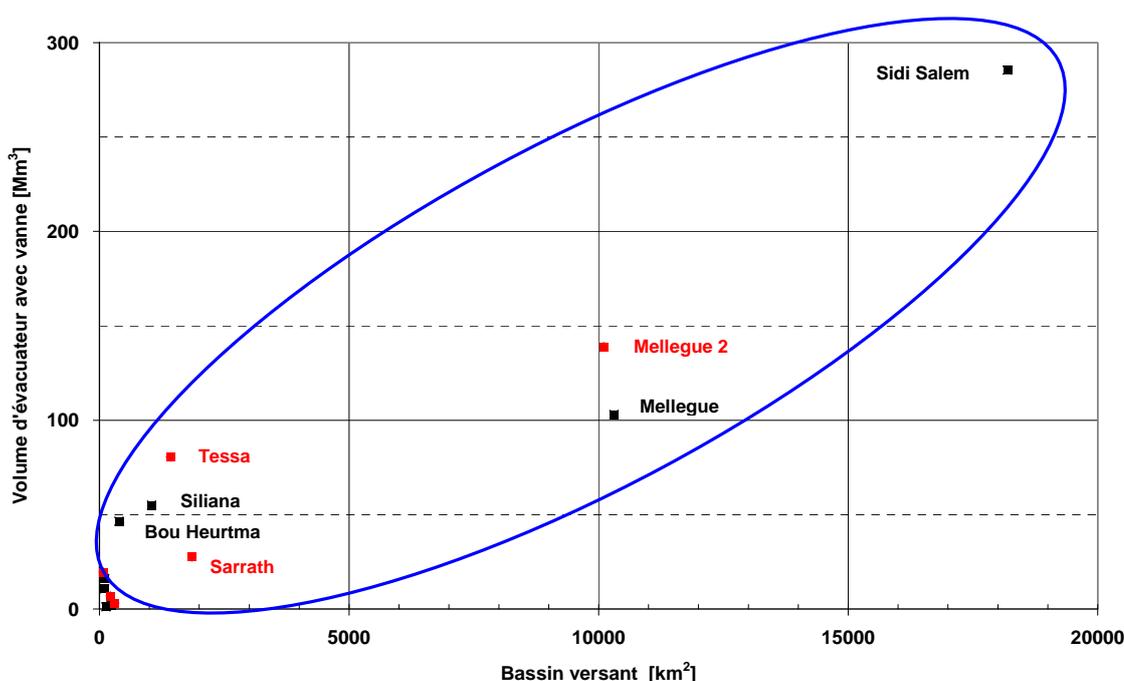
### C3.1 Sélection des réservoirs importants pour un contrôle efficace des crues

#### C3.1.1 Critères de sélection des réservoirs pour un contrôle efficace des crues

Tous les réservoirs du bassin de l'oued Medjerda ne peuvent pas contribuer efficacement à l'atténuation des crues ou à la protection contre les inondations. Etant donné que les dimensions et les objectifs des réservoirs déjà construits, en cours de construction ou en phase de planification diffèrent significativement les uns des autres, leur efficacité de contrôle des crues a été évaluée selon les critères suivants:

- le volume de stockage pour le contrôle des crues,
- la surface du bassin versant du réservoir (car le débit de pointe de la crue et le volume de la crue dépendent de la surface du bassin versant où l'inondation s'est produite), et
- les installations du barrage pour un contrôle efficace des crues (par exemple la possibilité de contrôler le débit sortant du réservoir grâce à un déversoir muni de vannes, la capacité d'un déversoir, la capacité d'un pertuis de fond, etc.)

En utilisant ces critères, tous les réservoirs du bassin de l'oued Mejerda ont été reportés dans un diagramme. Les réservoirs les plus importants du point de vue du contrôle des crues sont situés dans le coin supérieur droit et les réservoirs qui ne peuvent pas influencer significativement le débit sortant de la surface du bassin versant sont dans le coin inférieur gauche de ce diagramme.



Capacités de stockage pour le contrôle des crues des réservoirs du bassin de l'Oued Medjerda

### C3.1.2 Réservoirs importants choisis pour un contrôle efficace des crues

Selon les critères mentionnés ci-dessus, 7 réservoirs (4 existants: les réservoirs de Sidi Salem, Mellegue, Bou Heurtma et Siliana et 3 prévus ou en cours de construction: les réservoirs de Mellegue 2, Tessa et Sarrath) ont été choisis pour davantage d'analyse et d'évaluation des règles d'exploitation durant les crues. La capacité de stockage nominale totale pour le contrôle des crues des 7 réservoirs est 518 mil. m<sup>3</sup> (année 2010), 554 mil. m<sup>3</sup> (année 2020) et 634 mil. m<sup>3</sup> (année 2030), ce qui représente environ 91 à 95% de la capacité de stockage pour le contrôle des crues de l'ensemble des réservoirs du bassin de l'Oued Medjerda quand le développement du réservoir jusqu'à l'année cible 2030 est pris en compte. D'autres réservoirs sont éliminés au cours de l'étude suivante portant sur le contrôle des crues principalement en raison d'une capacité de stockage pour le contrôle des crues ou à une surface du bassin versant trop petite. C'est en fait la raison pour laquelle le réservoir de Beja, par exemple, n'a pas été choisi: il a une capacité de stockage pour le contrôle des crues relativement importante (19,6 mil. M<sup>3</sup>), mais la surface du bassin versant de 72 km<sup>2</sup> peut difficilement créer de plus grandes crues qui pourraient sensiblement affecter le débit dans l'oued Medjerda.

#### Réservoirs dans le bassin de l'oued Medjerda choisis pour l'évaluation de la fonction de contrôle des crues

Nom du barrage	Surface du bassin versant (km <sup>2</sup> )	Évacuateur	Niveau de PHE				
			Hauteur (m)	Volume total (Mil. m <sup>3</sup> )	Volume nominal de maîtrise des crues (Mil. m <sup>3</sup> )		
					Année 2010	Année 2020	Année 2030
Sidi Salem	18 191	cont. / Libre	119,50	959,5	285,5	285,5	285,5
Mellegue	10 309	Libre	269,00	147,5	103,1		
Siliana	1 040	Libre	395,50	125,1	55,1	55,1	55,1
Bou Heurtma	390	Libre	226,00	164,0	46,5	46,5	46,5
Mellegue 2*	10 100	Libre	304,00	334,0		139,0	139,0
Tessa*	1 420	Libre	369,00	125,0			80,6
Sarrath*	1 850	Libre	552,00	48,5	27,6	27,6	27,6
TOTAL					517,8	553,6	634,2
Dans tous les réservoirs dans la surface du bassin versant de Medjerda					547,9	583,7	693,9
Dans les reservoirs choisis					95%	95%	91%

Note: \* en cours de construction ou en phase de conception/planification.

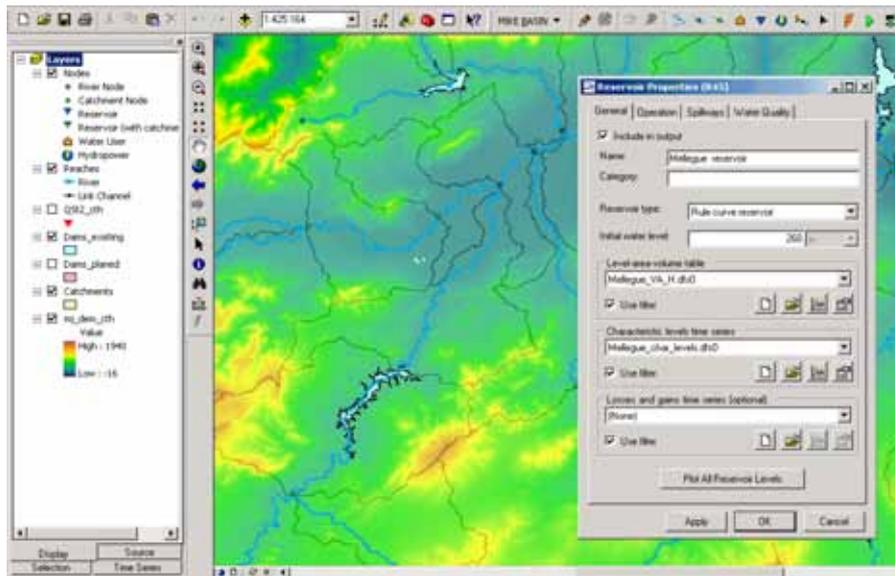
Les 7 réservoirs ci-dessus pourraient contrôler le débit sortant de surfaces du bassin versant importantes et relativement grandes: la plus petite surface du bassin versant est de 390 km<sup>2</sup> pour le réservoir de Bou Heurtma, et on s'attend à une influence significative sur l'injection des crues et les conditions des inondations dans l'ensemble du bassin de l'oued Medjerda.

### C3.2 Modèle mathématique pour l'analyse de l'exploitation du réservoir

#### C3.2.1 Description du modèle d'exploitation du réservoir

Pour l'étude de l'exploitation des 7 réservoirs choisis, un modèle mathématique a été

établi en utilisant le logiciel MIKE Bassin (développé par DHI Water and Environnement and Health, Danemark). MIKE Basin est un outil analytique de gestion de l'eau, combinant ArcGIS avec des outils de simulation des ressources en eau. Pour les simulations hydrologiques, y compris l'exploitation du réservoir, MIKE Bassin s'appuie sur un modèle de réseau dont les branches représentent les cours de fleuves et les nœuds représentent les confluent, les dérivations, les réservoirs ou les usagers de l'eau (voir la figure ci-dessous). Techniquement, MIKE Bassin est un modèle quasi-steady-state mass balance, permettant cependant de représenter également les débits des cours d'eau détournés.



**Le Modèle MIKE Basin pour le bassin de l'Oued Medjerda**

### C3.2.2 Modèle d'étalonnage pour le bassin de l'Oued Medjerda

Le modèle mathématique des réservoirs et des cours du fleuve dans l'ensemble du bassin de l'Oued Medjerda, établi en utilisant le logiciel MIKE Basin, a été calibré sur la base des données des crues historiques enregistrées dans les barrages et les stations de jaugeage. Les séries de données les plus complètes et les plus utiles proviennent des inondations de mai 2000, de janvier à février 2003 et de décembre 2003 à janvier 2004, et ces données sur les crues ont ensuite été utilisées pour le calibrage.

L'étalonnage des cours du fleuve dans les modèles MIKE Basin implique de trouver des paramètres d'équations d'injection des crues qui provoquent des ondes de propagation identiques ou très proches et la réduction des débits calculés par le modèle comme observé sur le terrain. Le modèle MIKE Basin propose quatre options pour décrire le transport du débit dans les cours de l'Oued (c'est-à-dire entre deux «nœuds» du modèle du fleuve):

- pas d'injection
- réservoir d'injection linéaire
- Injection Muskingum
- Transport de vague

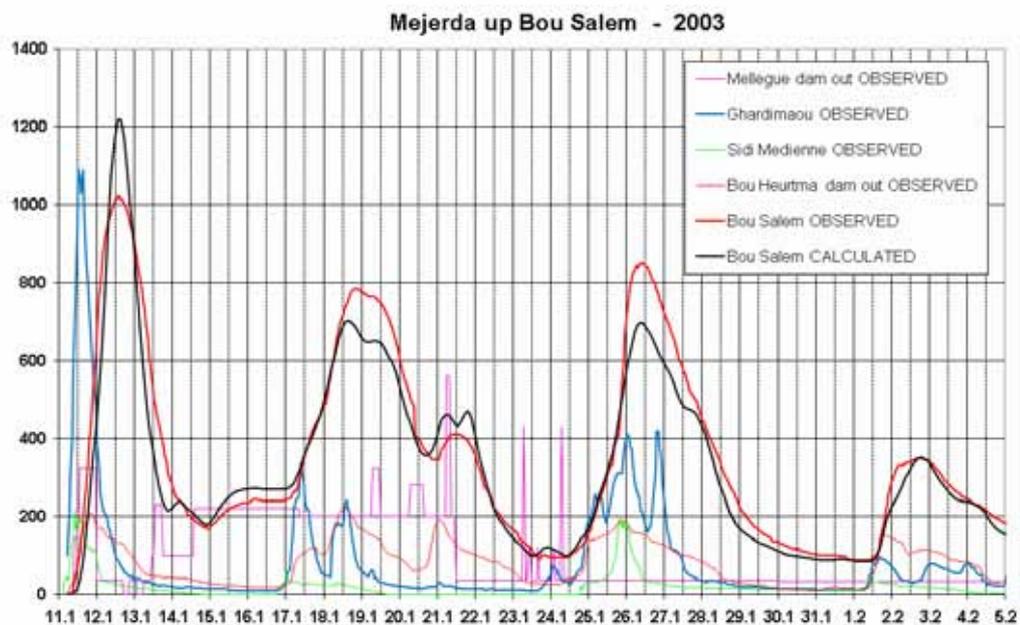
Selon la méthode retenue, deux paramètres décrivant le retard des débits et la forme de l'hydrogramme doivent être précisés. Il est important de prendre en considération l'injection des crues lorsqu'il y a un retard important et un lissage dans l'hydrogramme entre deux noeuds.

L'injection des crues selon la méthode Muskingum est couramment utilisée pour les cours du fleuve du modèle MIKE Basin du bassin de l'oued Medjerda. Seuls plusieurs cours encaissés du fleuve (en amont des oueds Sarrath ou Tessa) ont été calibrés en utilisant la méthode " transport de vague ".

Les hydrogrammes de débits calculés dans les sections les plus importantes (aux stations de jaugeage ou sites de barrage) sont comparés avec des hydrogrammes de débits observés réellement, comme indiqué ci-dessous, avec pour illustration la station hydrométrique de Bou Salem. On peut voir dans la figure suivante que l'hydrogramme calculé coïncide relativement bien avec celui observé. Pour l'évaluation quantitative, les critères suivants sont employés:

- Convergence des temps de propagation des inondations:  
La duplication du temps observé avec une différence <10% (au maximum)
- La convergence des valeurs de décharge:  
La duplication des débits observés avec une différence de débit de pointe <20% (au maximum)

Ces critères ont été respectés dans la simulation dans la station hydrométrique de Bou Salem et aussi pour tous les autres sites d'étude avec quelques exceptions négligeables. Par conséquent, le modèle mathématique mis au point pour l'étude décrit correctement l'injection des crues et la propagation des ondes d'inondation et a été utilisé pour l'analyse de l'exploitation des réservoirs et l'optimisation des règles encadrant l'exploitation pendant les crues.



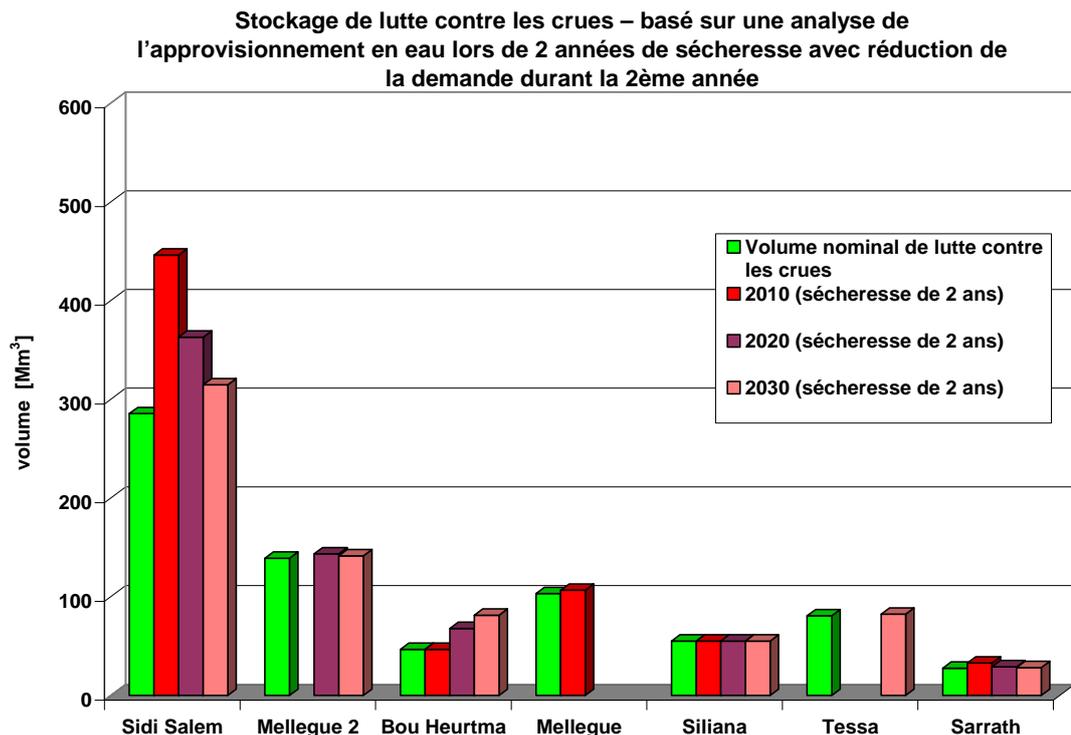
Calibrage du modèle MIKE Basin – Station hydrométrique de Bou Salem

## CHAPITRE C4 EXPLOITATION OPTIMISE DU RÉSERVOIR

### C4.1 Nécessité de l'exploitation optimisée du Réservoir

Tel que mentionné au chapitre C2.2, le total de la capacité conçue pour le stockage de lutte contre les inondations, ne peut être utilisé par l'ensemble des réservoirs existants pour atténuer les débits des crues. Par ailleurs, plusieurs réservoirs ne sont équipés que par des évacuateurs à seuil libre et par conséquent ils ne sont exploités qu'à des fins de lutte contre les inondations avec un niveau normal des eaux (RN) égal à la crête de ces évacuateurs; en d'autres termes, le stockage de lutte contre les inondations conçu assure la fonction de maîtrise des crues sans aucune autre opération de régulation par les vannes.

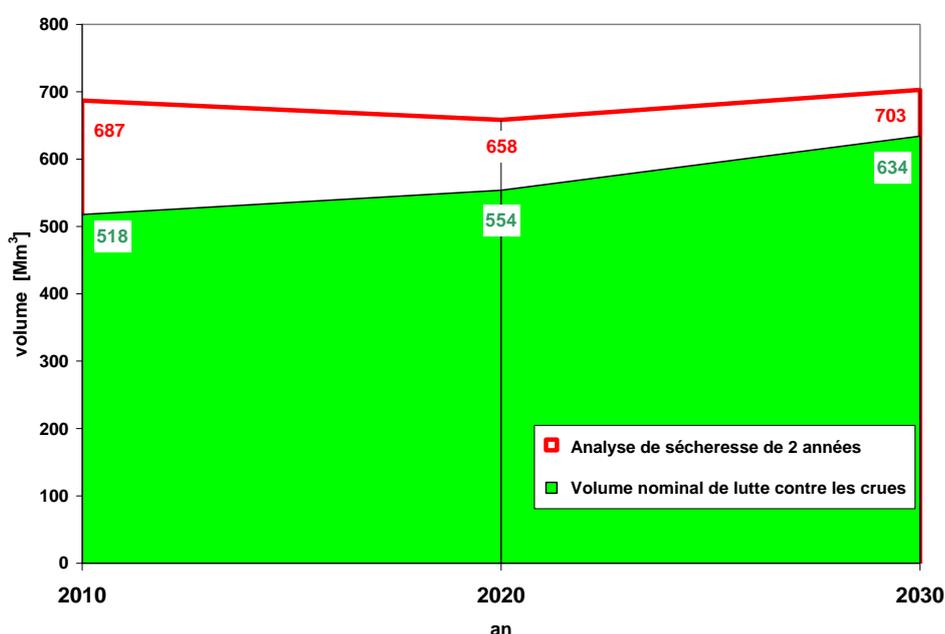
Sur la base de ce qui précède, la clef pour améliorer la lutte contre les inondations par les barrages réside en la disponibilité, de manière permanente et/ou même temporaire, de stockages additionnels de maîtrise des crues pour chaque réservoir. Le stockage additionnel de lutte contre les inondations qui pourrait être assuré en deçà du niveau de la crête de l'évacuateur peut être utilisé en actionnant un exutoire de fond.



#### Augmentation possible des stockages de lutte contre les inondations des réservoirs importants

Une analyse complète de l'approvisionnement en eau a déjà été réalisée (voir le rapport complémentaire B) et ses résultats ont montré la possibilité de trouver des stockages additionnels de lutte contre les inondations dans certains réservoirs. La figure ci-dessus illustre l'augmentation possible des stockages de lutte contre les inondations au niveau des réservoirs sélectionnés pendant les années cibles 2010, 2020 et 2030. Dans cette figure,

les stockages nominaux de lutte contre les inondations sont comparés pour chaque réservoir avec ceux additionnels (basé sur une analyse de l'approvisionnement en eau durant 2 années de sécheresse). Il est évident que, sur la base de l'analyse de l'approvisionnement en eau durant 2 années consécutives de sécheresse, les réservoirs de Sidi Salem et de Bou Heurtma sont les seuls pour lesquels des stockages de lutte contre les inondations additionnels et significatifs peuvent être trouvés. Le total de l'augmentation des stockages de lutte contre les inondations dans les 7 réservoirs sélectionnés est illustré ci-dessous. Le total du stockage de lutte contre les inondations pourrait atteindre 687 mil. m<sup>3</sup> en l'an 2010 (augmentation de 33 %) et 703 mil. m<sup>3</sup> l'année cible 2030 (augmentation de 11 %).



#### Augmentation possible du stockage de lutte contre les crues des 7 réservoirs sélectionnés

Un aspect important pour l'exploitation optimisée des barrages, qui pourrait être fortement soutenus par des lâchures d'eau d'un réservoir en temps opportun (au début de la crue ou même avant la crue) dans les limites de la «capacité d'écoulement» du cours à l'aval de la rivière. La capacité d'écoulement de l'oued Mejerda et de ses affluents (Mellegue, Tessa, Bou Heurtma, les rivières de Siliana, etc.) diffère le long du cours des oueds d'un site à l'autre. L'étude a estimé que la capacité d'écoulement réel varie entre 200 et 400 m<sup>3</sup>/s au niveau de certains cours des oueds, tout débit supérieur à la capacité d'écoulement engendre le déversement au delà des berges des oueds et l'épandage dans les plaines d'inondation.

Pour prendre une décision au sujet des lâchures de réservoir, il est nécessaire de lier l'optimisation des lâchers aux informations sur les débits entrants en amont, certaines stations pluviométriques à l'aval et la connaissance du temps de propagation des crues à l'aval. En outre, il est utile d'estimer les lâchures afin d'éviter que les débits de pointes

de deux sous-bassins ou plus se joignent. Ceci est un autre aspect, qui pourrait être renforcé par l'exploitation coordonnée de barrage.

L'utilisation effective du stockage de lutte contre les inondations disponible comprenant le stockage additionnel et l'exploitation coordonnée de barrage ont une importance capitale pour la lutte contre les inondations dans le bassin de l'oued Mejerda au vue des caractéristiques hydrologiques du bassin notamment le mode d'écoulement et de propagation des crues.

Actuellement en Tunisie, les modalités d'exploitation du réservoir lors des inondations ne sont pas formellement répertoriées comme normes ou manuels de procédure. Des lignes directrices intitulées « gestion des crues des principales rivières de la Tunisie et l'exploitation des ouvrages hydrauliques » ont été préparées par la DG/BGTH en 1988, mais ne sont pas utilisées, actuellement, lors de l'exploitation des infrastructures dédiées aux inondations bien que certains nomogrammes peuvent servir à la détermination des débits sortants des réservoirs calculés en fonction des débits entrants et les niveaux d'eau réels de ces réservoirs. Par ailleurs, bien qu'un cadre général d'exploitation du réservoir est établi communément, entre les parties prenantes concernées, considérant : les conditions de stockage d'autres barrages, les précipitations régionales, les états globaux du système de la rivière concernée, etc., l'exploitation réelle du réservoir dépend plutôt des expériences et des décisions ad hoc du personnel d'exploitation sur les lieux.

Au vu de ce qui précède, il est primordial d'adopter un système d'exploitation optimisée des barrages basé sur des règles rigoureuses et rationnelles d'exploitation, appuyées par des modèles mathématiques automatisés de prévision des crues et de simulation de réservoir pour ainsi réduire effectivement et efficacement au maximum les débits des crues dans le bassin de la rivière Mejerda.

#### **C4.2 Règles fondamentales pour l'exploitation optimisée du réservoir**

Plusieurs facteurs sont à considérer lors de la préparation des règles d'exploitation du réservoir et de la prise de décision sur son fonctionnement. Les 14 réservoirs du bassin de la Mejerda (8 existants et 6 en construction ou en conception/planification) ont donné lieu à une structure de gestion de l'eau. Ainsi tous ces réservoirs doivent être exploités en tant que structure unique, c.-à-d. d'une manière coordonnée. Ainsi, il est nécessaire d'établir des règles fondamentales et de les suivre à tout moment pour réussir une exploitation optimisée des barrages y compris la coordination, pour une lutte efficace contre les inondations et un approvisionnement approprié en eau.

Il est aussi recommandé que lors d'événements d'inondation tous les réservoirs du bassin de l'oued Mejerda soient exploités sur la base de la décision d'un centre de commandement, qui devrait disposer continuellement des informations « en ligne » sur (les débits dans les stations de jaugeage, l'état et l'exploitation réels de tous les barrages, la prévision des débits, la prévision des précipitations, etc.). La gestion et la prise de décision par un centre unique favorisent une coordination des barrages la plus pratique et la plus efficace aussi pour les opérations elles ne sont pas entreprises séparément sur la base des apports de chaque réservoir, mais sont entreprises uniformément selon la

situation hydrologique dans la totalité du bassin de la rivière Mejerda. En règle générale, le personnel d'exploitation du barrage ne décide pas des opérations, il applique plutôt les décisions du centre de commandement. Toutefois, ce personnel d'exploitation doit disposer de toutes les informations et de tous les équipements nécessaires pour pouvoir entreprendre par eux-mêmes des opérations d'urgence en cas de rupture du contact avec le centre de commandement.

L'objectif principal de l'exploitation optimisée du réservoir est d'utiliser le stockage de lutte contre les inondations disponible au-dessus du niveau normal des eaux (RN) aussi efficacement que possible et de réduire au maximum les débits de pointe à l'aval des barrages. Par conséquent, ce qui suit devrait être soigneusement considéré comme règles fondamentales pour l'exploitation du réservoir :

(a) Hors des périodes des crues:

- Pour maintenir le niveau d'eau dans les réservoirs correctement au niveau normal des eaux (RN) (réellement validé et approuvé) conçu pour la régulation appropriée de l'approvisionnement en eau.

(b) Lors de période des crues :

- La priorité la plus élevée doit être accordée à la sécurité du barrage durant toutes les phases de son exploitation.
- Pré-lâcher de l'eau de réservoir  
Pour abaisser le niveau d'eau dans les réservoirs dès que les informations sur le risque d'inondation seront fournies, en libérant l'eau de réservoir de manière égale au débit de crue présumée atteindre le réservoir avec comme limite la capacité d'écoulement des canaux à l'aval de la rivière (ci-après désignés sous le nom « la capacité de canal "). Ce pré-lâcher peut être déterminé à partir des informations sur les débits calculés des cours d'eau en amont du réservoir ou à partir des résultats de la prévision de débits basée sur les données des précipitations.
- Lâchure de l'eau de réservoir en quantité égale à la capacité de canal  
Pour exploiter le réservoir de telle manière que la rivière à l'aval ne déborde pas du fait des lâchures des eaux du réservoir aussi longtemps que possible.
- L'action d'éviter la rencontre des débits de pointe dans un site donné  
Pour maîtriser les débits sortants du réservoir selon la connaissance des temps de propagation des crues à l'aval des barrages dans le but d'éviter le cumul des débits de pointe de deux sous-bassins ou plus dans un site donné afin de réduire au maximum l'écoulement à l'aval.
- Exploitation en cascade de réservoirs (par exemple Mellegue et Mellegue 2)  
Pour remplir les réservoirs en amont avec les eaux de crue et vider ceux à l'aval,
- Lâchures du stockage de lutte contre les inondations en prévision de la prochaine crue  
Après l'atteinte du niveau d'eau du réservoir et en prévision de la prochaine

crue, le stockage de lutte contre les crues doit être libéré. Tout d'abord, la libération du stockage de lutte contre les crues est faite suivant des débits sortants dépassant de peu les débits entrants dans le réservoir : le débit sortant est diminué d'une façon continue. Dès que le débit sortant chute et atteint la capacité de canal en aval du barrage, l'eau de réservoir est libérée suivant un débit « de capacité de canal » (ou si proche - selon la situation des affluents) jusqu'à ce que le stockage de lutte contre les crues soit vidé en totalité.

## CHAPITRE C5 ANALYSE DE LA CAPACITÉ DE MAITRISE DES CRUES DES GRANDS RÉSERVOIRS

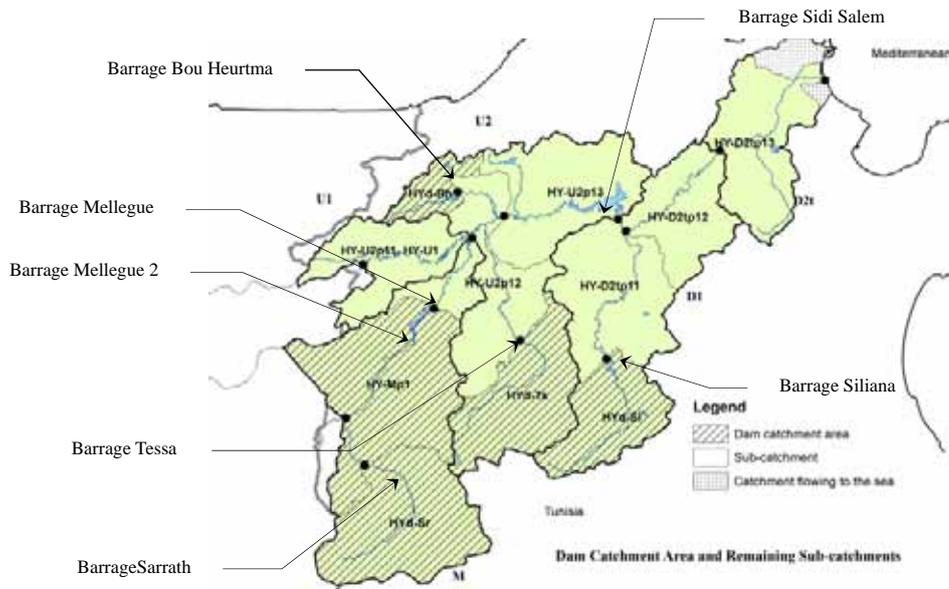
### C5.1 Généralités

Comme mentionné dans la **sous-section C3.1.1**, 7 réservoirs (4 réservoirs existants : Sidi Salem, Mellegue, Bou Heurtma et Siliana et 3 réservoirs en construction ou au stade de la conception/planification: Sarrath, Mellegue 2 et le réservoir Tessa) ont été sélectionnés aux fins de l'analyse de la capacité de maîtrise des crues dans le bassin de la Mejerda avec comme objectif l'amélioration de l'exploitation des réservoirs durant les crues.

L'analyse a été effectuée au niveau des 4 étapes du stockage de maîtrise des crues dans les réservoirs sélectionnés :

<b>Étapes</b>	<b>Stockage de maîtrise des crues</b>
Étape actuelle	Stockage nominal de maîtrise des crues (OFCS originally designed flood control storage)
Étape année 2010	OFCS + stockage additionnel disponible directement, sous OFCS pour la maîtrise des crues, garantissant l'approvisionnement en eau durant 2 années de sécheresse consécutives avec une récurrence d'une fois sur 9 de demande en eau en 2010
Étape année 2020	OFCS + stockage additionnel disponible directement, sous OFCS pour la maîtrise des crues, garantissant l'approvisionnement en eau durant 2 années de sécheresse consécutives avec une récurrence d'une fois sur 9 de demande en eau en 2020.
Étape année cible 2030	OFCS + stockage additionnel disponible directement, sous OFCS pour la maîtrise des crues, garantissant l'approvisionnement en eau durant 2 années de sécheresse consécutives avec une récurrence d'une fois sur 9 de demande en eau en 2030

L'analyse a considéré les crues de périodes de retour de 2, 5, 10, 20, 50, 100 et 200 ans et les conditions hydrologiques du bassin de l'oued Medjerda, prises à partir des résultats de l'analyse de l'écoulement des crues décrite dans le rapport complémentaire A: Hydrologie et Hydraulique. Par ailleurs, la subdivision du bassin de la Medjerda en territoire tunisien est établie selon les indications de la figure ci-dessous.



### Subdivision du bassin de la Medjerda en territoire tunisien

Le bassin de l'oued Medjerda en territoire tunisien se compose de :

- 5 sous bassin versants à l'amont des barrages existants et/ou à l'étude/planification,
- 7 sous bassin versants de l'oued Medjerda et de ses affluents à l'aval des barrages, et
- 2 apports originaires du territoire algérien.

#### C5.2 Analyse de l'oued Medjerda sous le scénario "sans barrage"

Les résultats de la simulation du scénario "sans barrage" dans le bassin de l'oued Medjerda, fournissent des informations sur la réponse et le comportement de l'ensemble du bassin de la Medjerda en cas de situation hypothétique, en d'autres termes avant la construction des barrages et dans les conditions actuelles des canaux de la oued et des plaines d'inondation. Ceci signifie que ces résultats décrivent la propagation et les débits des crues avec différentes périodes de retour sous le scénario "sans barrage" n'est construit dans l'ensemble du bassin de la Medjerda. Les résultats, qui comme spécifiés dans les **Données C1**, sont employés pour la quantification de l'impact des réservoirs sur les caractéristiques des débits des crues.

#### C5.3 Analyse des réservoirs existants "l'étape actuelle"

L'analyse de l'exploitation des réservoirs durant les inondations fournit des informations de base sur la capacité d'un réservoir d'atténuer les crues dans le bassin de l'oued situé à l'aval. Les résultats les plus importants des 4 réservoirs existants, à savoir Bou Heurtma, Siliana, Mellegue et Sidi Salem, sont examinés ci-après:

- Débit de pointe entrant dans chaque réservoir,
- Débit de pointe sortant du réservoir exprimé en pourcentage du débit de pointe entrant (i) dans le cas de "l'exploitation standard de réservoir", qui est définie comme l'exploitation du réservoir effectuée d'une manière standardisée en employant pour l'évacuation des eaux crues les évacuateurs et exutoires existants et (ii) dans le cas de l'exploitation optimisée de réservoir, et
- Le débit de pointe d'un affluent au niveau de sa confluence avec l'oued Medjerda,

exprimé également en pourcentage du débit de pointe de l'affluent, sous le scénario "aucun barrage" (examiné dans la **section C5.2**).

### C5.3.1 Capacité de maîtrise des crues dans le cadre de l'exploitation standard de réservoir

(a) Le réservoir de **Bou Heurtma** (stockage de maîtrise de crue conçu de 46.5 mil m<sup>3</sup>)

Le barrage de Bou Heurtma est équipé d'un évacuateur de crue à seuil libre (niveau de cote: 221,00 m) et le niveau normal de la retenue est celui du seuil de l'évacuateur de crue. Le réservoir de Bou Heurtma peut atténuer, avec un succès relatif, à l'aval du barrage les pointes de crues de l'ensemble des crues probables considérées, tel que montré ci-après. Sa contribution à l'atténuation des crues sur l'oued Medjerda est relativement importante: en effet le débit de pointe au niveau de la confluence de la Medjerda et Bou Heurtma représente 55 à 69 % du débit naturel venant de l'oued Bou Heurtma sans le barrage Bou Heurtma. Le réservoir de Bou Heurtma peut également faire passer sans risque une crue de période de 200 ans (débit entrant maximal dans le réservoir: 3.390 m<sup>3</sup>/s) et l'atténuer de manière significative.

**Capacité de maîtrise des crues du réservoir de Bou Heurtma**

Période de retour des crues	Débits de pointe entrants (m <sup>3</sup> /s)	Débits de pointe sortants (m <sup>3</sup> /s)	Débits de pointe « avec barrage » / Débits de pointe « sans barrage » à l'extrémité inférieure de l'oued Bou Heurtma
5 ans	491	~ 42 %	~ 55 %
10 ans	745	~ 46 %	~ 59 %
20 ans	1 083	~ 48 %	~ 61 %
50 ans	1 732	~ 52 %	~ 66 %
100 ans	2 426	~ 54 %	~ 69 %

(b) Le Réservoir de **Siliana** (stockage de maîtrise de crue conçu de 55.1 mil. m<sup>3</sup>)

Le barrage de Siliana est équipé de deux évacuateurs sans vannes (un évacuateur principal et un évacuateur circulaire; chacun ayant un niveau de crête de: 388,50 m) et le niveau normal actuel de la retenue est celui du niveau du seuil de l'évacuateur de crue. Le réservoir de Siliana peut également atténuer avec succès les débits de pointe à l'aval du barrage, mais avec moins d'efficacité que le réservoir de Bou Heurtma même en cas de crues avec des périodes de retour inférieures, comme présenté ci-après.

**Capacité de maîtrise des crues du réservoir de Siliana**

Période de retour des crues	Débits de pointe entrants (m <sup>3</sup> /s)	Débits de pointe sortants (m <sup>3</sup> /s)	Débits de pointe « avec barrage » / Débits de pointe « sans barrage » à l'extrémité inférieure de l'oued Siliana
5 ans	334	~ 56 %	~ 78 %
10 ans	508	~ 61 %	~ 80 %
20 ans	738	~ 65 %	~ 83 %
50 ans	1 180	~ 72 %	~ 87 %
100 ans	1 654	~ 74 %	~ 89 %

Les évacuateurs de crue du barrage de Siliana ont été conçus pour des débits supérieurs à ceux des évacuateurs de crue de Bou Heurtma, de sorte qu'une faible quantité du stockage

de maîtrise des crues ait été utilisée comparée à celle du barrage de Bou Heurtma. Leur contribution à l'atténuation des crues dans la Medjerda est plutôt minime en raison de la longueur des cours des oueds entre le barrage et sa confluence avec la Medjerda. Les débits de pointes au niveau de cette confluence représentent 78 à 89 % des écoulements naturels venant de l'oued Siliana sans le barrage de Siliana. Le réservoir de Siliana peut faire passer sans risque une crue de période de 200 ans (débit de pointe entrant dans le réservoir : 2.312 m<sup>3</sup>/s).

(c) Réservoir de **Mellegue** (stockage de maîtrise de crue conçu de 103,1 mil. m<sup>3</sup>)

Le barrage de Mellegue est équipé d'un évacuateur avec vannes (déversoir avec 3 vannes) et de niveau normal de retenue égal à 260.00 m (niveau maximal d'eau : 269,00 m). Avec un stockage de maîtrise des crues relativement important et en raison des évacuations entièrement contrôlées des écoulements des crues à l'aval du barrage, le réservoir de Mellegue peut atténuer parfaitement aussi bien les petites crues que celle décennales (voir le tableau suivant). Comme la période de retour des crues devient plus longue, la capacité de maîtrise des crues du réservoir est plus petite; l'effet de la réduction du débit de pointe est de 7% seulement dans le cas d'une crue centennale.

Le réservoir de Mellegue ne peut, sous l'exploitation standard de réservoir, faire passer sans risque une crue de période de 200 ans (débit de pointe dans le réservoir : 8.558 m<sup>3</sup>/s). En effet, la capacité totale d'évacuation des organes évacuateurs et des exutoires d'un maximum de 5.920 m<sup>3</sup>/s au niveau maximal des hautes eaux, n'est pas suffisante et le stockage de maîtrise des crues est ainsi atteint, en cas de crue de débit de pointe entrant de 30 mil. m<sup>3</sup>/heure, rapidement. Il est à craindre que le réservoir de Mellegue déborde durant la crue de période de 200 ans. Malgré ce fait, le réservoir de Mellegue reste en deuxième position des réservoirs importants pour la maîtrise des crues du bassin de l'oued Medjerda.

**Capacité de maîtrise des crues du réservoir de Mellegue**

Période de retour des crues	Débits de pointe entrants (m <sup>3</sup> /s)	Débits de pointe sortants (m <sup>3</sup> /s)	Débits de pointe « avec le barrage » / Débits de pointe « sans le barrage » à l'extrémité inférieure de l'oued Mellègue
5 ans	1 262	~ 25 %	~ 31 %
10 ans	1 884	~ 32 %	~ 37 %
20 ans	2 821	~ 64 %	~ 72 %
50 ans	4 452	~ 74 %	~ 84 %
100 ans	6 108	~ 93 %	~ 94 %

(d) Réservoir de **Sidi Salem** (stockage de maîtrise de crue conçu de 285.5 mil. m<sup>3</sup>)

Le barrage de Sidi Salem est équipé d'un déversoir principal avec vannes et un déversoir sans vanne du type "morning glory" avec un niveau RN de 115.00 m et un niveau normal de retenue de 115.0 m. Avec la plus grande capacité de stockage de maîtrise des crues, comparée à celle de tous les autres réservoirs du bassin de la Medjerda, le réservoir de Sidi Salem peut avec succès atténuer les écoulements de l'ensemble des crues probables, comme montré ci-dessous. Comme la période de retour des crues devient plus grande,

l'efficacité du réservoir est quant à elle plus petite mais pas aussi rigoureusement que dans le cas du réservoir de Mellegue.

Le réservoir de Sidi Salem peut passer sans risque une crue de période de 200 ans (débit de pointe entrant dans le réservoir : 8.725 m<sup>3</sup>/s) sans submerger le barrage grâce au stockage de maîtrise des crues relativement grand, mais le niveau des hautes eaux dans le réservoir durant une crue de période de 200 ans dépasse de 2 mètres le niveau nominal des hautes eaux (119.50 m), ce qui constitue un vrai danger pour le barrage.

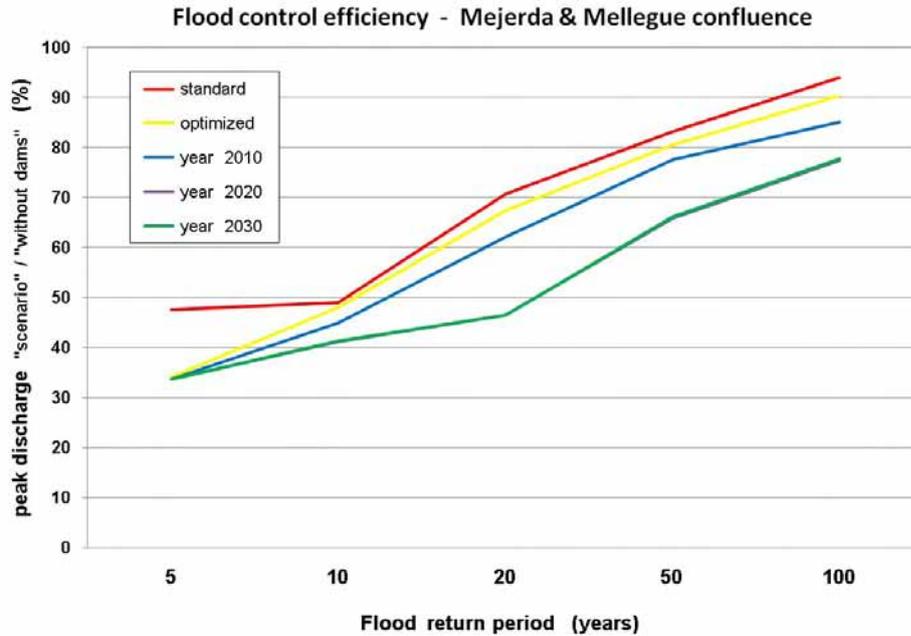
**Capacité de maîtrise des crues du réservoir de Sidi Salem**

Période de retour des crues	Débits de pointe entrants (m <sup>3</sup> /s)	Débits de pointe sortants (m <sup>3</sup> /s)
5 ans	925	~ 46 %
10 ans	1 331	~ 51 %
20 ans	2 321	~ 53 %
50 ans	4 249	~ 66 %
100 ans	6 055	~ 89 %

(e) Réactivité de l'oued Medjerda à l'exploitation des réservoirs.

Quant à la réponse de l'oued Medjerda à l'exploitation de réservoir, il est constaté que les écoulements des crues de l'oued Mellegue, qui est la plus importante et qui a le plus vaste bassin à l'amont du réservoir Sidi Salem, sont atténués avec succès par le réservoir de Mellegue jusqu'à l'inondation décennale. Le débit de pointe adjacent à l'aval de la confluence Medjerda - Mellegue est réduit à plus de 50 % comparé à celui du scénario "sans barrage" (voir la figure ci-dessous).

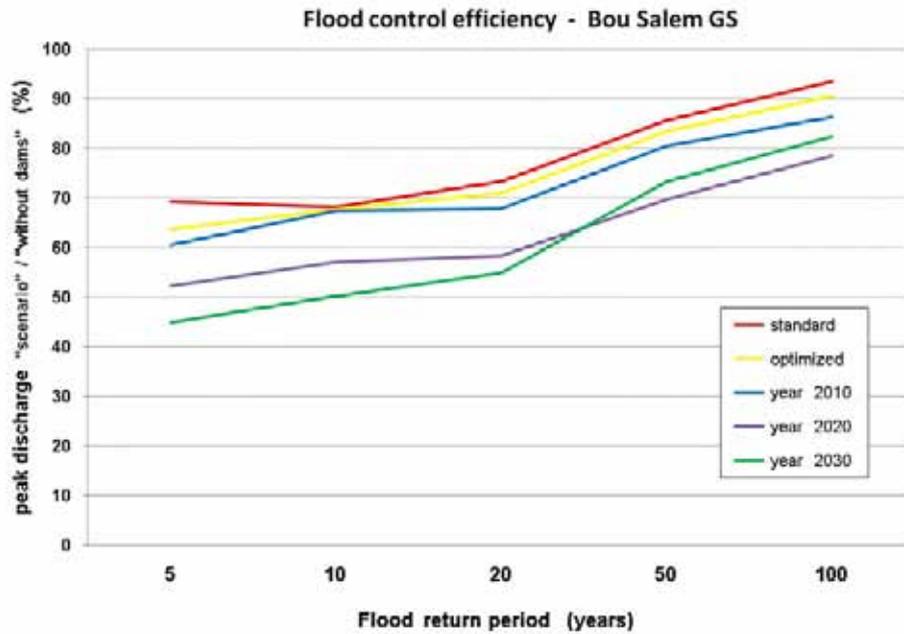
D'une part, le débit de pointe à la station de jaugeage de Bou Salem, située à environ 26 km à l'aval de la confluence Medjerda – Mellegue, est généré par l'apport des sous bassins versants restants de l'oued Medjerda et également de l'oued Tessa. La réduction du débit de pointe d'environ 30 % comparée à celle du scénario "sans de barrage" est moins affectée par l'exploitation de réservoir de Mellegue.



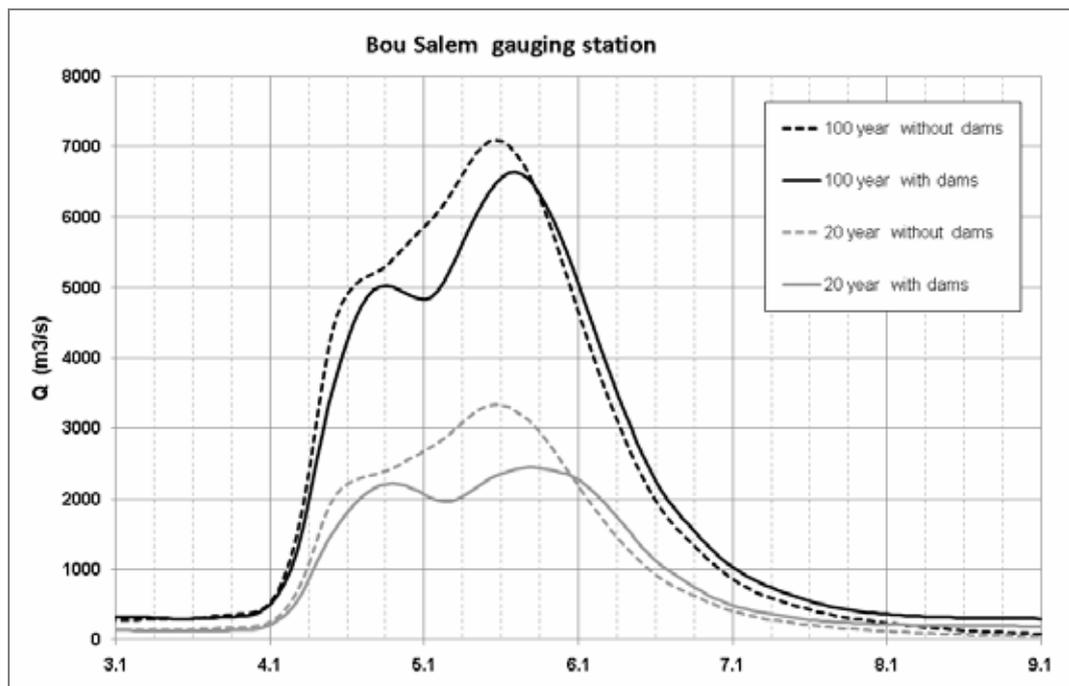
#### **Efficacité de la maîtrise des crues à l'aval de la confluence des oueds Medjerda et Mellegue**

L'efficacité du réservoir Mellegue d'atténuation des crues est sensiblement moins performante pour de plus grandes crues: si évaluée en contiguïté à l'aval de la confluence Medjerda - Mellegue, la réduction du débit de pointe varie de 30 %, pour des crues de période de 20 ans à 6 % seulement pour des crues centennales (comme précisé dans la figure ci-dessus). C'est également la raison pour laquelle le débit de pointe de ces crues (plus importantes que les crues de période de 20 ans) à la station de jaugeage de Bou Salem correspond toujours au débit de pointe de la confluence Medjerda - Mellegue (c.-à-d. provoqué par les évacuations du réservoir de Mellegue).

La réduction du débit de pointe du scénario "exploitation standard de réservoir" comparée à celle du scénario "sans le barrage" pour des crues de période de 20 ans et centennales montre qu'elles sont très semblables pour les deux "points de contrôle": à savoir, la confluence Medjerda - Mellegue et la station de jaugeage de Bou Salem.



#### Efficacité de maîtrise des crues à la station de jaugeage de Bou Salem

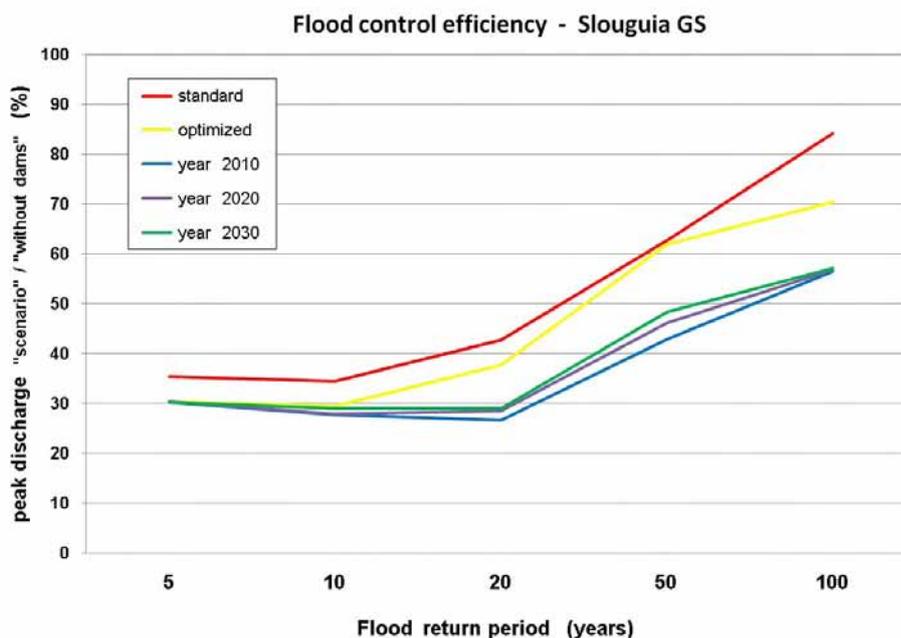


#### Effet d'atténuation des crues à la station de jaugeage de Bou Salem

L'effet d'atténuation de crue provoqué par la conjugaison des réservoirs de Mellegue et Bou Heurtma dans la zone d'inondation représentée par la station de jaugeage de Bou Salem (un des secteurs d'inondation les plus importants à l'amont du barrage Sidi Salem) est illustré dans la figure ci-dessus. Durant la crue de période de 20 ans, le débit de pointe est réduit de 900 m<sup>3</sup>/s (c.-à-d. de 27%) et la pointe est atteinte avec un retard de 6 heures, alors que lors d'une crue centennale, le débit de pointe est réduit de 450 m<sup>3</sup>/s seulement (c.-à-d. de 7%) et le retard de l'occurrence du débit de pointe est de 3 heures, comparés à

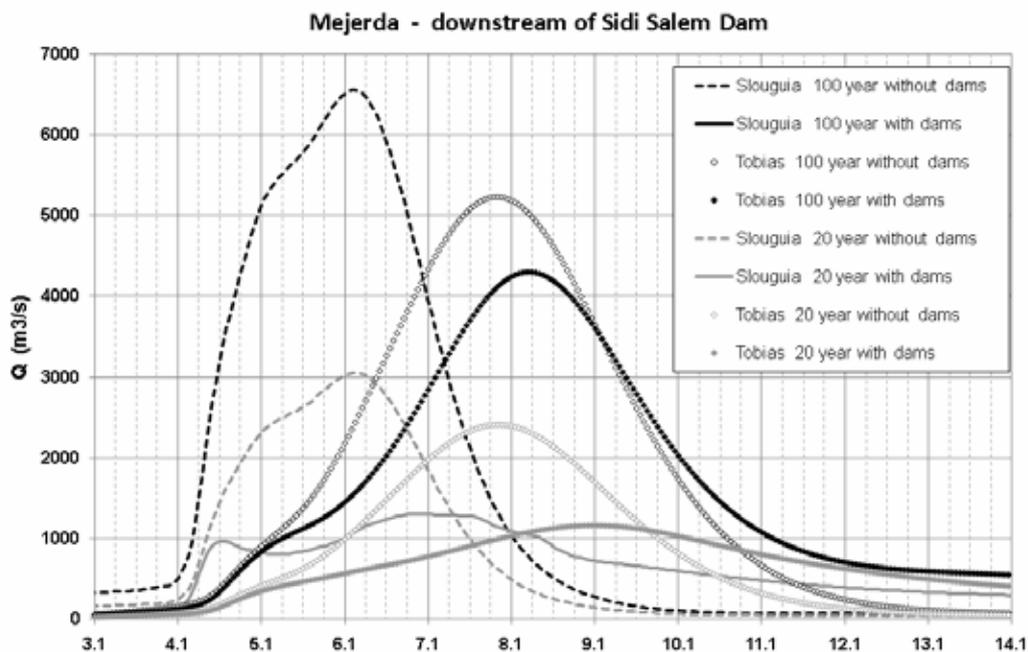
ceux du scénario “sans barrage”.

La réponse aux crues à l’aval du barrage Sidi Salem est influencée principalement par le réservoir de Sidi Salem et partiellement par le réservoir de Siliana. La zone à proximité de la ville de Mejez El Bab et les vastes zones situées entre la ville de Jedeida et le déversoir de Tobias sont relativement plates et par conséquent sont à maintes reprises sérieusement affectées par les crues.



#### Efficacité de maîtrise des crues à la station de jaugeage de Slouguia

Le débit de crues en aval du barrage de Sidi Salem est atténué avec succès jusqu'à celui de la crue de période 20 ans : à savoir de 50 à 60 % du débit de pointe du scénario “sans barrage” (voir la figure ci-dessus pour la station de jaugeage de Slouguia). Les débits de pointe de crues plus importantes (crues de période de 50 ans et centennale) sont sensiblement réduits grâce à un stockage relativement grand de maîtrise des crues du réservoir de Sidi Salem (285 mil.m<sup>3</sup>). Le premier débit de pointe vigoureux à l’aval du barrage Sidi Salem est provoqué par l’écoulement des lâchers de l’oued Siliana et des sous bassins restants de l’oued Medjerda à l’aval du barrage Sidi Salem, sans être affecté par le réservoir de Sidi Salem. L'efficacité de maîtrise des crues du réservoir de Siliana est plutôt faible et presque négligeable d'un point de vue d'écoulement des crues dans l’oued Medjerda: la réduction du débit de pointe à la confluence Medjerda - Siliana est de 10 à 20 % seulement dans la marge des crues jusqu’à celle centennale.



#### Effets d'atténuation des crues dans l'oued Medjerda à l'aval du barrage Sidi Salem

Un exemple d'atténuation des crues le long de l'oued Medjerda en aval du barrage de Sidi Salem est illustré par la figure ci-dessus, dans laquelle des inondations sont comparées au niveau de deux stations de jaugeage. Le réservoir de Sidi Salem peut réduire de manière significative les débits de la crue de période de 20 ans : le débit de pointe est réduit de  $1.700 m^3/s$  à Slouguia et de  $1.250 m^3/s$  à Tobias, qui représentent des taux de réduction de 52 à 57 % des débits naturels "sans barrage". Le retard des débits de pointe est approximativement de 24 heures. D'autre part, pendant les crues centennales le débit de pointe est réduit de  $1.000 m^3/s$  à Slouguia et de  $900 m^3/s$  à Tobias, ce qui représente des réductions de 16 à 18 % des débits naturels. Le retard des débits de pointe est de 12 heures, c.-à-d. approximativement la moitié du retard maximal pendant le cas de crue de période de 20 ans.

#### C5.3.2 Capacité de maîtrise des crues dans le cadre de l'exploitation optimisée de réservoir

Dans le cas des oueds Mellegue et Medjerda à l'amont du barrage Sidi Salem, l'effet d'atténuation des débits des crues "à l'étape actuelle" dans le cadre de l'exploitation optimisée de réservoir s'avère très proche des résultats enregistrés dans le cadre de l'exploitation standard de réservoir mentionnée en **sous-section C5.3.1**. La seule exception est celle du cas de crue de période de 5 ans : le lâcher de réservoir reporté et l'ouverture partielle de l'exutoire de fond (1 tuyau) peut réduire le débit de pointe à la confluence Medjerda - Mellegue par un pourcentage additionnel 15 % du débit de pointe naturel pour le scénario « sans barrage » (voir la figure de la confluence Medjerda - Mellegue).

L'efficacité de la maîtrise des crues des réservoirs examinée au niveau des stations de jaugeage de Bou Salem est légèrement supérieure à celle analysée sous l'exploitation

standard de réservoir. Le niveau d'eau nominal naturel du réservoir Bou Heurtma (égal à la cote RN de l'évacuateur sans vanne = 221.00 m) limite toute exploitation flexible de réservoir : n'importe quel apport plus élevé dans les réservoirs est automatiquement refoulé. L'effet de pré-évacuation de ce réservoir est minime en raison de la capacité limitée des vidanges de fond et également de la capacité limitée de chenal de l'oued à l'aval du barrage Bou Heurtma : la réduction du débit de pointe à la confluence Medjerda - Bou Heurtma est moins de 10 %.

L'effet d'atténuation des débits des crues de l'oued Medjerda à l'aval du barrage Sidi Salem est également semblable aux résultats enregistrés sous l'exploitation standard de réservoir, bien que l'effet soit un peu plus élevé du fait qu'un délai plus long est nécessaire pour l'information préalable au sujet d'inondation attendue, c.-à-d. un temps plus long pour les pré-évacuations du réservoir de Sidi Salem, comparé au réservoir de Mellegue. D'une part, les pré-évacuations du réservoir Sidi Salem ne peuvent être employées de la manière la plus efficace parce qu'au cours de la période de pré-évacuation quelques crues arrivent du bassin versant de la Siliana et des sous bassin le long des tronçons inférieurs de l'oued Medjerda, ce qui constitue une contrainte à la pré-évacuation du réservoir Sidi Salem.

#### **C5.4 Analyse des réservoirs sous l'exploitation optimisée de réservoir en 2010, 2020 et 2030**

L'analyse de l'exploitation de réservoir en 2010, 2020 et 2030 comme année cible a été effectuée dans le but d'évaluer la contribution des 3 réservoirs nouvellement construits/planifiés (Mellegue 2, Sarrath et les réservoirs de Tessa) à la maîtrise des crues de l'oued Medjerda. En outre, le but de l'évaluation est de trouver l'exploitation optimale de réservoir à appliquer aux 7 réservoirs choisis (Mellegue, Bou Heurtma, Sidi Salem, les réservoirs de Siliana et les 3 nouvellement construits/planifiés) en considérant les stockages de maîtrise des crues disponibles additionnels qui ont été estimés directement au-dessous du niveau d'eau nominal par l'étude d'approvisionnement en eau pour les besoins en eau des années 2010, 2020 et 2030 (voir le **rapport complémentaire B**).

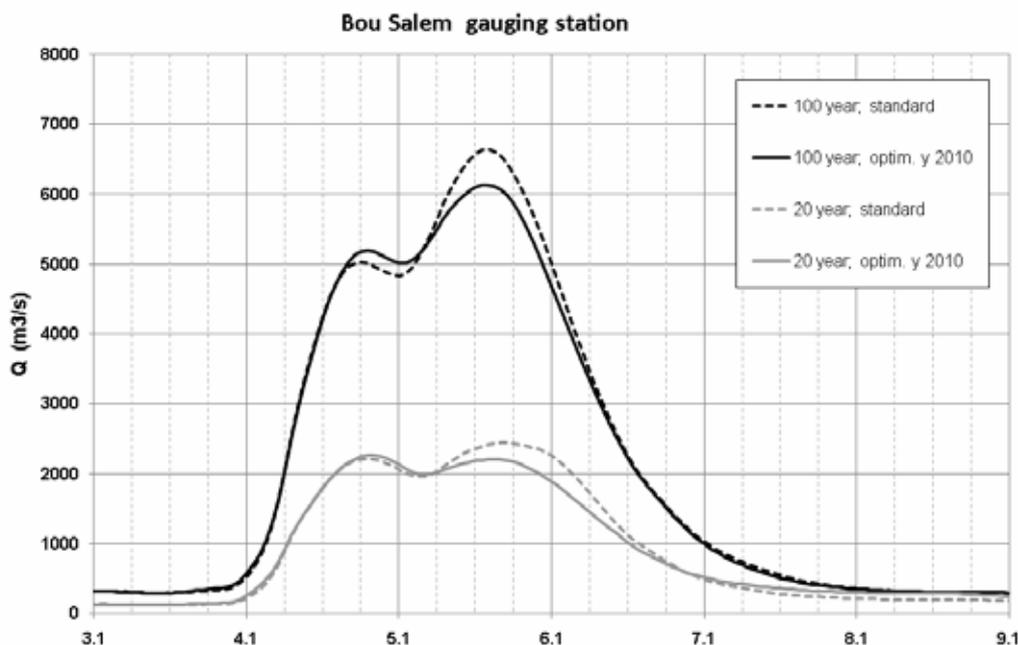
Les règles fondamentales de l'exploitation optimale de réservoir mentionnées dans le chapitre 4.2 ont été appliquées dans cette analyse, et les débits de crues résultants ont été comparées à ceux dérivées de l'analyse des réservoirs existants "l'exploitation standard de réservoir" (voir la **sous-section C5.3.1**) afin de clarifier l'effet de l'exploitation optimale de réservoir.

##### **C5.4.1 Capacité de maîtrise des crues en l'an 2010**

L'analyse de la capacité de maîtrise des crues à l'étape de l'an 2010 a incorporé l'effet de maîtrise des crues du réservoir de Sarrath, dont la construction est attendue avant 2010, en plus de ceux de Mellegue, de Bou Heurtma, de Sidi Salem et des réservoirs de Siliana.

Le débit de crues de l'oued Mellegue est atténué par le réservoir de Mellegue et également le réservoir de Sarrath nouvellement construit. Le stockage de maîtrise des crues du réservoir de Sarrath (28 mil. m<sup>3</sup>) est relativement faible et par conséquent la

réduction du débit de pointe y est également faible. L'effet le plus important du réservoir de Sarrath sur la maîtrise des crues consiste à retarder l'évacuation des crues dans le réservoir, de sorte que les débits de crues de les oueds Mellegue et des Sarrath ne puissent se rencontrer à la confluence Sarrath - Mellegue. On estime que le taux de réduction du débit de pointe d'inondation est de 30 % au plus à la station de jaugeage K 13 située à l'amont du barrage Mellegue. En conséquence, la coopération des réservoirs Mellegue et Sarrath provoque la réduction maximale jusqu'à 5 % à la confluence Medjerda - de Mellegue (voir la figure ci-dessus : confluence Medjerda - Mellegue). Le même effet de réduction à la station de jaugeage de Bou Salem apparaît aussi dans la figure précédente et également la figure suivante. Lors de la crue de période de 20 ans, le débit de pointe est réduit de 180 m<sup>3</sup>/s (c.-à-d. de 7%), alors que pendant la crue centennale, le débit de pointe est réduit de 500 m<sup>3</sup>/s (c.-à-d. de 8%) sans différence significative en temps maximal d'occurrence, comparé à ceux sous l'exploitation standard de réservoir.

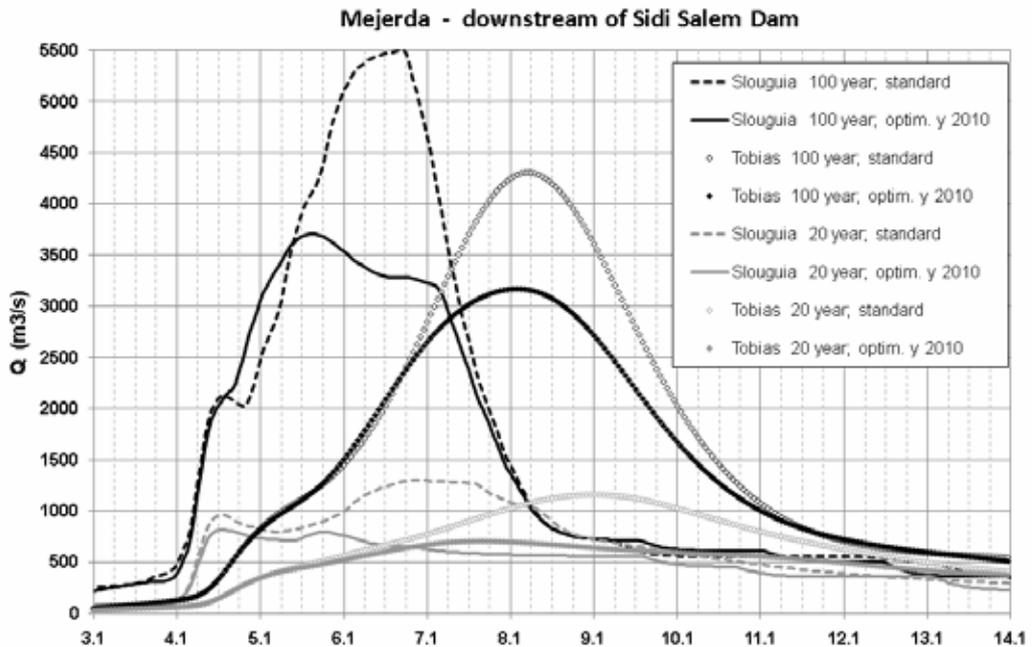


#### Effet de réduction d'inondation à la station de jaugeage de Bou Salem en l'an 2010

L'atténuation du débit de crues à l'aval du barrage de Sidi Salem est la plus efficace en l'an 2010, en effet selon l'étude d'approvisionnement en eau (voir le **rapport complémentaire B**) le réservoir de Sidi Salem pourrait être actionné avec un niveau d'eau normal de 111.83 m (3,17m en dessous du niveau d'eau nominal actuel égal à 115,0 m), qui peut fournir un stockage additionnel de maîtrise des crues de 161 mil. m<sup>3</sup>, pour un résultat de stockage total de maîtrise des crues de 446 mil. m<sup>3</sup>. En conséquence, plusieurs petites inondations (jusqu'aux crues de périodes de 20 ans) sont atténuées avec succès avec des taux de réduction de débit de crues de plus de 70 % (voir la figure suivante de la station de jaugeage de Slouguia). D'ailleurs, de plus grandes crues (crues de période de 50 ans et décennales) sont également relativement bien atténuées.

Dans le cas de la crue de période de 20 ans, le réservoir de Sidi Salem peut réduire des

débites de pointes de 500 m<sup>3</sup>/s à Slouguia et de 460 m<sup>3</sup>/s à Tobias, ce qui représente des taux de réduction de 37 à 40 % des pointes de crues sous l'exploitation standard de réservoir. Pendant l'événement de crue centennale, la réduction du débit de pointe est également relativement haute : 1.800 m<sup>3</sup>/s à Slouguia et plus de 1.100 m<sup>3</sup>/s à Tobias, ce qui représente des taux de réduction de 26 à 33 % des pointes de crues sous l'exploitation standard de réservoir (voir figure suivante).



Effets d'atténuation de crue dans la Medjerda à l'aval du barrage Sidi Salem en l'an 2010

#### C5.4.2 Capacité de maîtrise des crues en l'an 2020

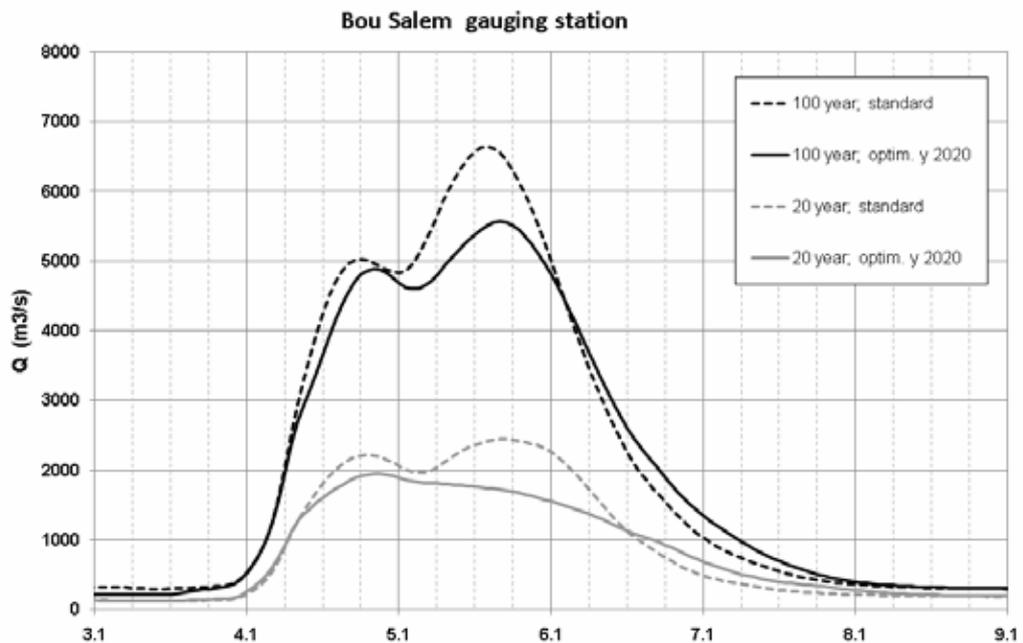
L'analyse de la capacité de maîtrise des crues dans l'étape de l'an 2020 a incorporé l'effet de maîtrise des crues du réservoir de Mellegue 2, qui sera construit entre 2010 et 2020, en plus de ceux de Sarrath, Mellegue, Bou Heurtma, Sidi Salem et des réservoirs de Siliana.

La situation des débits de crue dans l'oued Mellegue est changée par l'addition du nouveau réservoir Mellegue 2. Le réservoir Mellegue existant ne sera plus employé pour l'approvisionnement en eau une fois le réservoir Mellegue 2 entré en exploitation, mais restera pour la maîtrise des crues avec son stockage nominal conçu de 103 mil. m<sup>3</sup>. Selon le dernier plan du MARH pour la conception du barrage Mellegue 2, ce barrage sera équipé d'un déversoir sans vanne. Par conséquent, seule une infime partie du stockage nominal de maîtrise des crues sera employée pour un événement mineur d'inondation. D'autre part, l'effet significatif du réservoir Mellegue 2 de retardement d'une crue peut être provoqué dans le cas d'une grande crue, car le stockage de maîtrise des crues de 143 mil. m<sup>3</sup> disponible dans l'étape de l'an 2020 peut être entièrement employé pendant un grand événement de crue.

Le réservoir de Mellegue 2 cause deux effets de réduction des débits de crues et d'atténuation d'inondation, et par conséquent le débit de pointe à la confluence Medjerda - Mellegue est réduit avec des taux additionnels de 4 à 8 % que la réduction de l'étape de

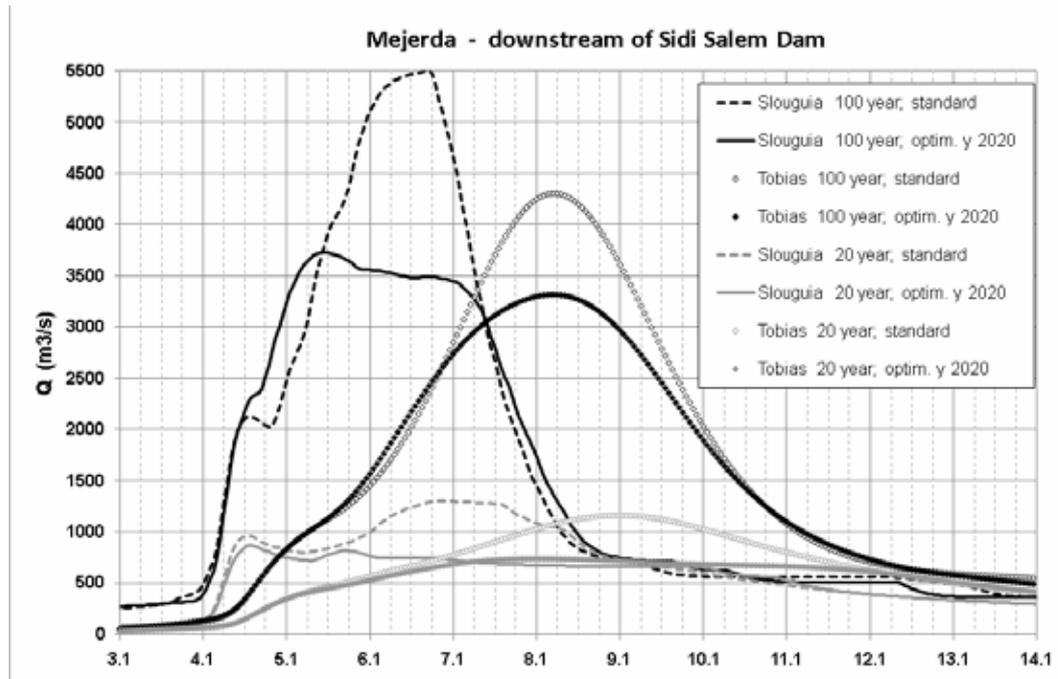
l'an 2010. En conclusion, le faible débit jusqu'à la crue de la période de 20 ans est réduit par plus de 50 % au confluent sous la conjugaison des trois réservoirs (Sarrath, Mellegue 2 et Mellegue), et même dans le cas de crue centennale, les réductions de débit de crue atteignent 23 % sous le scénario "aucun barrage".

Un effet similaire est observé à la station de jaugeage de Bou Salem. L'atténuation des crues par la maîtrise des crues des trois réservoirs du bassin de la Mellegue est rendue plus significative par le réservoir de Bou Heurtma qui est exploité avec un niveau d'eau normal réduit à 218,38 m dans l'étape de l'an 2020, favorisant ainsi un stockage additionnel de maîtrise des crues de 21 mil. m<sup>3</sup> directement au-dessous du niveau d'eau naturel de conception. Pendant l'événement de crue de période de 20 ans, le débit de pointe à la station de jaugeage de Bou Salem est réduit de 500 m<sup>3</sup>/s (c.-à-d. de 21%), alors que pendant la crue centennale, le débit de pointe est réduit de moins de 1.000 m<sup>3</sup>/s (c.-à-d. de 16%), comparés à la situation du cas standard d'exploitation de réservoir, comme présenté ci-après.



#### Effets d'atténuation d'inondation dans la station de jaugeage de Bou Salem l'an 2010

L'atténuation des inondations en aval du barrage Sidi Salem est proche de la situation de l'étape de l'an 2010, en particulier dans des cas de petites crues. La réduction des pointes de crues de grandes inondations n'est pas aussi efficace, du fait que le réservoir de Sidi Salem dans l'étape de l'an 2020 devrait être actionné avec un niveau d'eau normal de 113,54 m (voir le **rapport complémentaire C** : Exploitation de réservoir), qui fournit un stockage additionnel de maîtrise des crues de 77 mil. m<sup>3</sup>, c.-à-d. approximativement 50% du stockage additionnel de maîtrise des crues de l'étape 2010.



#### Effets d'atténuation des crues dans la Medjerda à l'aval du barrage Sidi Salem en 2020

Le réservoir de Sidi Salem peut réduire de manière significative le débit de pointe durant l'évènement d'une crue de période de 20 ans. La pointe est réduite de 430 m<sup>3</sup>/s à Slougua et de 420 m<sup>3</sup>/s à Tobias, ce qui représente des taux de réduction de 33 à 36 % des débits du cas standard d'exploitation de réservoir. Pendant la crue centennale, la réduction du débit de pointe est relativement près de celle de 2010 : par 1.800 m<sup>3</sup>/s à Slougua et par 1.000 m<sup>3</sup>/s à Tobias, qui représente des taux de réduction de 23 à 32 % du débit sous l'exploitation standard de réservoir, comme illustré dans la figure ci-dessus.

#### C5.4.3 Capacité de maîtrise des crues l'année cible 2030

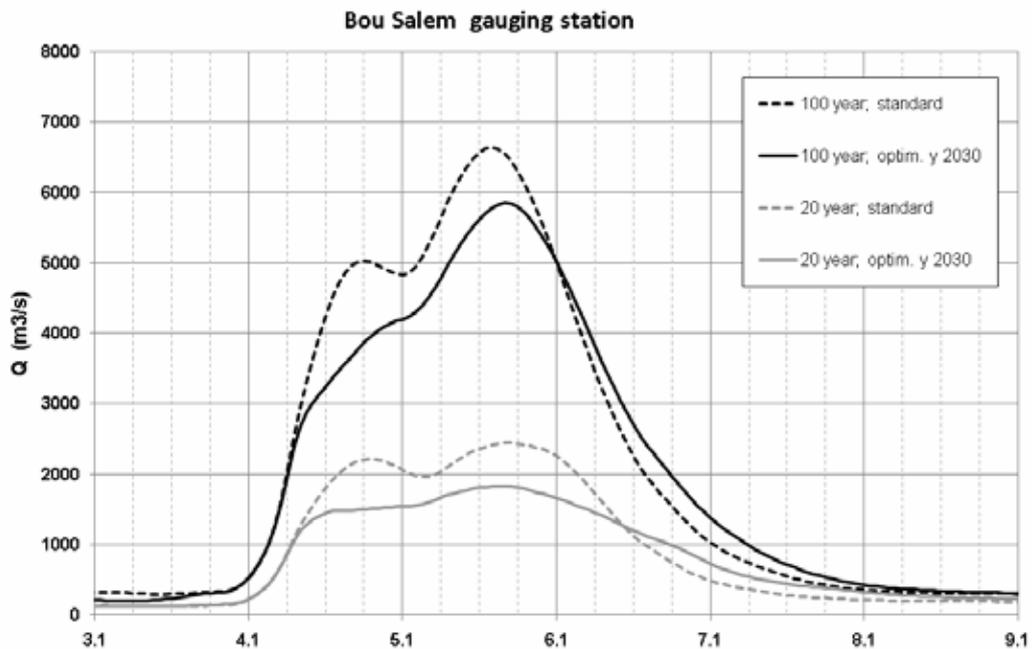
L'analyse de la capacité de maîtrise des crues lors de l'année cible 2030 a incorporé également l'effet de maîtrise des crues du réservoir de Tessa, qui sera construit entre 2020 et 2030, en plus de ceux de Mellegue 2, de Sarrath, de Mellegue, de Bou Heurtma, de Sidi Salem et des réservoirs de Siliana.

Il n'y a presque aucune différence d'effet de réduction de la pointe de crue dans le bassin de l'oued Mellegue entre les années 2020 et 2030, car le niveau normal des eaux du réservoir de Mellegue 2 pendant l'année cible 2030 est réduit de 0,18 m par rapport au niveau nominal initial de la retenue qui est de 295,0 m, et est seulement 15 cm plus haut du niveau normal du réservoir de Mellegue 2 pendant l'année 2020, en d'autres termes le stockage de maîtrise des crues disponible au-dessous du niveau nominal initial est de 141 mil. m<sup>3</sup> en l'an 2030, qui est seulement 2 mil. m<sup>3</sup> de moins comparé au stockage disponible additionnel en 2020. C'est pourquoi les effets de réduction de la pointe de la crue sont presque les mêmes entre 2020 et 2030 dans chaque évènement de crue évalué.

D'autre part, lors de l'étape de 2030 la réduction de la pointe de la crue à la station de jaugeage de Bou Salem, située en aval de la confluence Medjerda - Tessa, diffère de la

situation 2020. L'apport du bassin de l'oued Tessa est contrôlé par le réservoir de Tessa avec un stockage de maîtrise des crues de 82 mil. m<sup>3</sup>. Le barrage de Tessa est équipé d'un évacuateur de crues sans vanne qui affecte le débit des crues dans le canal de l'oued en aval à cause de l'effet du retard sur les débits de crues. La capacité maximale de la vidange de fond du barrage de Tessa est de 75 m<sup>3</sup>/s seulement, ce qui limite considérablement l'opération de pré-évacuation de l'eau de réservoir. En combinaison avec l'évacuateur sans vanne, le réservoir de Tessa peut être contrôlé et l'effet de transformation sur l'hydrogramme d'inondation dans le réservoir est prévu. Le réservoir de Tessa réduit les débits à un stade initial de la crue.

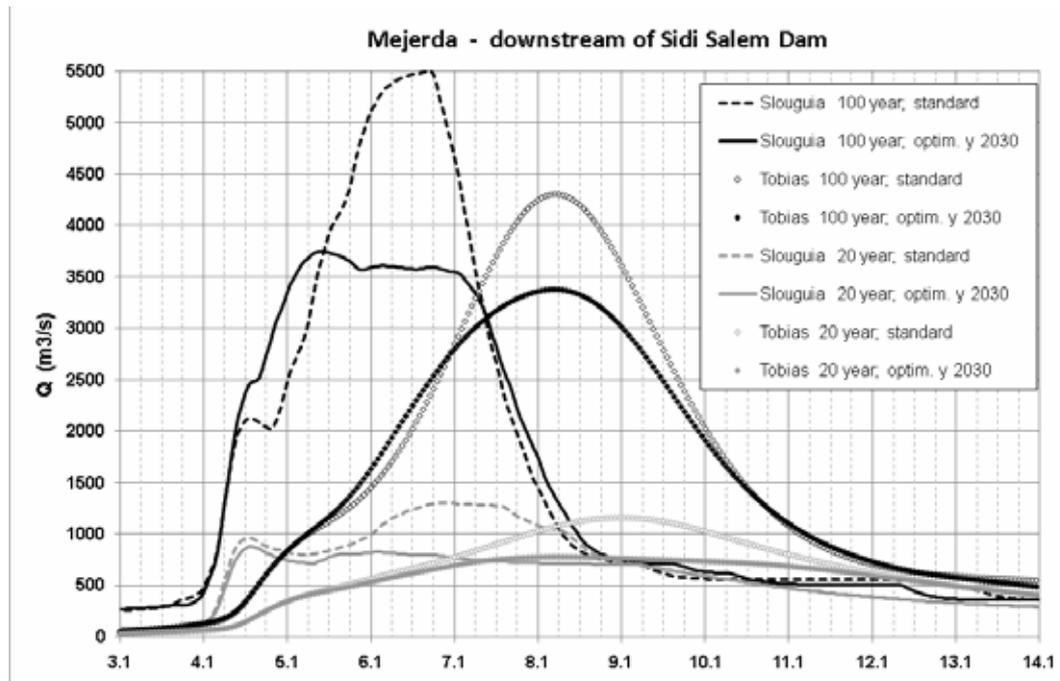
À la station de jaugeage de Bou Salem, le débit de la crue est atténué, au stade initial, par le réservoir de Bou Heurtma également (voir la figure ci-dessous). Ce réservoir est exploité avec le niveau d'étiage de 216.77 m pour chaque étape des cas futurs, ce qui représente un stockage additionnel de maîtrise des crues de 35 mil. m<sup>3</sup> au-dessous de la pointe de l'évacuateur sans vanne.



#### Effets d'atténuation des crues à la station de jaugeage de Bou Salem en 2030

Le réservoir de Sidi Salem peut réduire en l'année cible 2030 les débits même pendant l'événement de crue centennale grâce à un plus grand stockage de maîtrise des crues de 29 mil. m<sup>3</sup> directement au-dessous du niveau normal de la retenue actuel et également à une exploitation efficace de l'ensemble des réservoirs en amont du barrage de Sidi Salem. L'efficacité de la maîtrise des crues du réservoir de Sidi Salem est très proche de la situation en l'année 2020.

Les hydrogrammes suivants montrent les effets de la fonction du contrôle des crues sous l'exploitation de réservoir améliorée à l'aval du barrage de Sidi Salem en 2030.



**Effets d'atténuation des crues dans la Medjerda à l'aval du barrage Sidi Salem en 2030**

Dans l'analyse précédente, le réservoir de Sidi Salem est exploité avec un stockage additionnel de maîtrise des crues de 29 mil. m<sup>3</sup> et une règle d'exploitation améliorée, il est constaté que le barrage peut réduire de manière significative les débits des crues à l'aval même pendant une crue centennale; le débit de pointe est réduit de 1.770 m<sup>3</sup>/s à Slouguia et de 930 m<sup>3</sup>/s à Tobias, qui sont équivalents aux taux de réduction de 22 % et de 32 % du débit de pointe aux sites respectifs, comparé à ceux sous l'exploitation standard de réservoir.

Comme pour les crues de période de 20 ans, les débits de pointe sont réduits par 420 m<sup>3</sup>/s à Slouguia et par 385 m<sup>3</sup>/s à Tobias, qui signifient des taux de réduction de 32 % et de 33 % des débits de pointes à ces sites, respectivement.

Gardant à l'esprit ce qui précède, il est plus que probable à dire que l'adoption de l'exploitation améliorée de réservoir au barrage de Sidi Salem pourrait améliorer la maîtrise des crues à tel point que les dommages d'inondation dans zones en aval soient sensiblement allégés.

En outre, il peut être formulé que les réservoirs du bassin de l'oued Medjerda peuvent avec succès atténuer les débits des crues jusqu'aux crues de période de 20 ans : dans le cas 2030, de 50 % du débit de pointe dans le cas du scénario "sans barrage" à la confluence Medjerda - Mellegue et également à la station de jaugeage de Bou Salem, et de 70 % à la station de jaugeage de Slouguia. Comme pour les crues plus importantes, l'efficacité de maîtrise de crue de période de 50 ans est de 20 % ou moins à tous les points de contrôle.

#### **C5.5 Fiches d'exploitation pour les 7 réservoirs sélectionnés**

Les caractéristiques les plus importantes, y compris les niveaux d'eau de réservoir importants, la subdivision des stockages de réservoir, les dimensions de telles structures

comme les évacuateurs, conduit et vidanges de fond, d'un point de vue d'exploitation de réservoir pour la maîtrise des crues ont été collectées sur la base des données rassemblées et à travers l'analyse de crue pendant l'étude. Elles ont été consignées en tant que « fiches d'exploitation » dans **Data C2**.

## CHAPITRE C6 RECOMMANDATIONS POUR L'EXPLOITATION DE RÉSERVOIR LORS D'ÉVÉNEMENTS DE CRUE

Afin d'optimiser leur fonction de maîtrise des crues, les réservoirs situés sur le territoire tunisien du bassin de l'oued Mejerda doivent être exploités en tant que système coordonné. D'où la nécessité de munir ce système de règles fondamentales d'exploitation à suivre à tout moment en vue d'assurer une exploitation coordonnée et optimale des barrages aussi bien pour la maîtrise effective des crues que pour l'approvisionnement approprié en eau.

L'objectif principal de l'exploitation optimisée de réservoir est d'utiliser, autant que possible, la réserve de maîtrise des crues disponible au-dessus du niveau normal des eaux (RN) et de réduire au maximum les pointes des crues à l'aval des barrages. Par conséquent, les recommandations qui suivent, qui sont validées et/ou basées sur les résultats d'analyse obtenus au chapitre 5, devraient être soigneusement considérées en totalité lors de l'exploitation future des réservoirs lors d'événements d'inondation :

- En vue de maintenir un niveau d'eau dans les réservoirs, égal au niveau normal des eaux, et qui doit être validé, approuvé et aussi conçu pour un approvisionnement approprié en eau.
- Pour accorder la priorité absolue à la sécurité durant toutes les phases d'exploitation du barrage.
- Pour pré-lâcher les eaux de réservoir, aussitôt que l'information sur l'arrivée imminente de crue est fournie, par le déversement d'un débit égal à la capacité d'écoulement des canaux situés à l'aval de la oued (ci-après désignés sous le nom "capacité de canal").
- Pour coordonner l'exploitation de réservoirs et le contrôle des débits sortants des réservoirs, grâce aux données disponibles sur le temps de propagation des crues à l'aval des barrages, de sorte à pouvoir éviter le cumul des pointes des crues de deux sous-bassins ou plus en un seul point et de réduire ainsi au maximum l'écoulement à l'aval. Et
- Pour écouler, une fois que le niveau d'eau dans un réservoir est atteint, le débit égal à la capacité de canal à l'aval du réservoir donc à prévoir contre la prochaine inondation.

Par ailleurs, les recommandations suivantes sont formulées, sur la base des résultats de l'analyse de plusieurs cas de débits de crues probables, pour augmenter les effets des barrages récemment planifiés :

1. Plus d'efficacité dans la maîtrise des crues pourrait être apportée, en particulier pour des crues jusqu'à celles de période de 20 ans, si les barrages Mellegue 2 et Tessa nouvellement planifiés sont équipés d'évacuateur avec vannes.
2. Lors des crues de la haute vallée de l'oued Mejerda, les écoulements des crues en aval du bassin de l'oued Tessa ont atteint la région de Bou Salem plus tôt que ceux de

l'oued Mellegue. Cependant, la capacité maximum de l'évacuateur de fond du barrage Tessa est de 75 m<sup>3</sup>/s seulement, ce qui limite considérablement les pré-lâchers d'eau de réservoir. Comme discuté à la **sous-section C5.4.3**, le réservoir de Tessa retarde les débits de pointe, ce qui augmente les débits de pointe dans la région de Bou Salem du fait de la rencontre des apports des oueds Mellegue et Tessa. L'augmentation de la capacité d'évacuation de l'évacuateur de fond du barrage Tessa jusqu'à la capacité de canal de l'oued Tessa en aval du barrage Tessa (environ 250 m<sup>3</sup>/s) peut donner à l'opérateur de barrage un outil approprié pour une exploitation meilleure du réservoir.

## *Tableaux*

**Table C2.1.1 Principales caractéristiques et autres informations des réservoirs du bassin de l'oued Mejerda**

Nom de barrage	Gouvernorat	Année de mise en service	Bassin versant km <sup>2</sup>	Données Hydrauliques																
				Niveau d'eau inactif				Tranche morte - 2010		Déversoir		Niveau d'eau normal				Niveau d'eau maximal (déversoir)				
				Niveau de fond au barrage (m)	Le seuil le plus bas du déversoir (m)	volume inactif Mil.m <sup>3</sup>	Niveau de la vanne la plus basse d'approvisionnement en eau	Niveau (m)	Volume Mm <sup>3</sup>	Niveau de déversoir (m)	contrôlé/non-contrôlé	Hauteur (m)	Surface (ha)	Capacité initiale Mil.m <sup>3</sup>	Capacité totale actuelle Mil.m <sup>3</sup>	Hauteur de crête de barrage(m)	Hauteur (m)	Volume total (Mil.m <sup>3</sup> )	Capacité de déversoir (m <sup>3</sup> /s)	Pertuis de fond m <sup>3</sup> /s
Ben Metir	Jendouba	1954	103	375.0	390.0	0.30	406.8	406.8	5.92	425.00	non-contrôlé	435.10	300.00	61.63	57.20	443.00	440.00	73.43	610	360
Kasseb	Beja	1968	101	241.0	251.0	4.58	257.5	272.2	19.86	292.04	non-contrôlé	292.00	430.00	81.88	81.88	295.00	294.40	92.60	400	77
Bou Heurtma	Jendouba	1976	390	184.0	186.0	2.17	196.0	196.0	7.7	221.00	non-contrôlé	221.00	894.00	117.50	117.50	228.00	226.00	164.00	2,500	163
Mellegue	Le Kef	1954	10309	205.0	212.0	0.00	216.0	254.2	16.87	255.20	non-contrôlé	260.00	1,010.00	182.20	44.40	270.00	269.00	147.54	5,260	625
Mellegue2*	Le Kef	P	10100	254.5	260.0		260.5	274.5	34.0	295.00	non-contrôlé	295.00	1,280.00	195.00	195.00	305.00	304.00	334.00	7,938	1,113
Sarrath*	Le Kef	C	1850	523.0	525.0		527.0	527.0	0.47	546.00	non-contrôlé	546.00	300.00	21.00	20.95	556.00	552.00	48.53	5,800	93
Tessa*	Siliana	P - 2008	1420	330.0	341.0		352.0	353.0	10.1	361.00	non-contrôlé	361.00	694.00	46.00	44.43	371.50	369.00	125.00	5,079	75
Beja*	Beja	P - 2008	72					212.0	3.7			230.00	220.00		26.40	237.00	234.00	46.00	1,000	60
Sidi Salem	Beja	1981	18191	65.0	72.5	0.00	75.0	97.4	94.65	105.00	contrôlé/non-cont	115.00	5,656.00	762.00	674.00	122.00	119.50	959.48	4,870	550
Khalled:	Beja	P - 2011	303					189.0	9.5			207.00	185.00		34.00	216.00	213.60	37.00	2,210	80
Rmil	Siliana	2002	232						0.0			285.00	62.00	4.00	4.00		288.00	6.00	810	112
Siliana	Siliana	1987	1040	356.0	357.0		370.0	376.6	20.1	388.50	non-contrôlé	388.50	600.00	70.00	70.00	398.00	395.50	125.05	3,200	183
Lakhmes	Siliana	1966	127					509.0	0.18			517.00	109.20	8.22	7.22	523.50	521.20	8.40	1,000	9
Chafrou*	Manouba	P	217									49.00	471.00		7.00	53.00	51.00	14.00	1,600	

Nom de barrage	Gouvernorat	Année de mise en service	Bassin versant a km <sup>2</sup>	Données Hydrauliques				Données Hydrauliques								roduction hydro-électrique		
				Envasement				Débit								Puissance Mw	Prise m <sup>3</sup> /s	
				Mesuré Mil.m <sup>3</sup>	Annuel Mil.m <sup>3</sup> /an	Envasement %	l'érosion du bassin versant mm/an	Moyenne annuelle Mil.m <sup>3</sup>	Minimum depuis la mise en service Mil.m <sup>3</sup>	Moyenne des précipitations (mm/an)	Evaporat. moyenne (mm/an)	crue avec période de retour de 1000 ans m <sup>3</sup> /s	crue avec période de retour de 100 ans m <sup>3</sup> /s	crue avec période de retour de 10 ans m <sup>3</sup> /s	Salinité moyenne annuelle (g/l)			
Ben Metir	Jendouba	1954	103	4.00	0.14	6.49	1.39	40.57	3.74	1,200	1,559					0.2	9	6
Kasseb	Beja	1968	101	2.80	0.20	3.42	1.98	45.55	7.84	1,000	1,400					0.3	0.66	up 1.5
Bou Heurtma	Jendouba	1976	390	2.00	0.12	1.70	0.30	118.41	8.39	685								
Mellegue	Le Kef	1954	10309	137.80	2.81	75.63	0.32	179.40	36.20	400	1,093	11,300	4,500			2.2	13	2 x 12.5
Mellegue2*	Le Kef	P	10100		3.40			170.00		400						2.4		
Sarrath*	Le Kef	C	1850		0.41			26.00		450		8,000	3,800			0.9		
Tessa*	Siliana	P - 2008	1420		0.52			37.25		395	1,455	3,500	2,500	1,250		1.6		
Beja*	Beja	P - 2008	72		0.37			18.34		585	1,975	750	500	240		1.5		
Sidi Salem	Beja	1981	18191		4.50			666.61	94.29	450	1,265					1.4	36	100
Khalled:	Beja	P - 2011	303		0.32			16.00		509	1,210		865			2.0		
Rmil	Siliana	2002	232		0.35			11.52	1.61	405								
Siliana	Siliana	1987	1040	16.96	1.06	24.23	1.02	49.43	3.67	550								
Lakhmes	Siliana	1966	127	1.00	0.03	12.19	0.23	10.96	0.86	450								
Chafrou*	Manouba	P	217					7.00		450	1,300	1,667	1,045	471		3.5		

Note: \* en cours de construction ou en étape de conception / planification

*Rapport Complémentaire D*  
***D'AMÉLIORATION DE RIVIÈRES ET***  
***DE DESTION DES PLAINES***  
***D'INONDATION***

L'étude sur  
LA GESTION INTEGREE DU BASSIN  
AXEE SUR LA REGULATION DES INONDATIONS  
DANS LE BASSIN DE LA MEJERDA  
EN  
REPUBLIQUE TUNISIENNE

**Rapport Final**

**Rapport Complémentaire D :  
D'amélioration de Rivières et de Gestion des Plaines d'inondation**

**Table de Matières**

	<u>Page</u>
<b>Chapitre D1 INTRODUCTION .....</b>	<b>D1-1</b>
<b>Chapitre D2 DEGATS CAUSES PAR LES CRUES : SITUATION ACTUELLE ET CONTRE-MESURES .....</b>	<b>D2-1</b>
D2.1 Données et informations disponibles .....	D2-1
D2.2 Dégâts causés par les dernières crues importantes.....	D2-1
D2.2.1 Régions sujettes aux crues .....	D2-1
D2.2.2 Archives relatives aux dégâts des crues.....	D2-2
D2.2.3 Caractéristiques des dégâts causés par les grandes crues .....	D2-4
D2.3 Résultats de l'enquête sur les inondations et les dégâts causés par les crues.....	D2-7
D2.4 Mesures existantes en matière de contrôle des crues .....	D2-10
D2.5 Identification des problèmes actuels liés au contrôle des crues .....	D2-11
D2.6 Maintenance actuelle des lits de l'oued .....	D2-14
<b>Chapitre D3 PLAN D'AMÉLIORATION DE L'OUED.....</b>	<b>D3-1</b>
D3.1 Concept de base pour la formulation du Plan .....	D3-1
D3.2 Méthodologie .....	D3-1
D3.3 Zones prioritaires pour l'amélioration de l'oued .....	D3-2
D3.4 Configuration des travaux d'amélioration de la oued.....	D3-3
D3.4.1 Répartition des débits de crue probables .....	D3-3
D3.4.2 Configuration des travaux d'amélioration de l'oued.....	D3-3
D3.5 Distribution des débits des crues de projet.....	D3-8
D3.6 Projet de plan d'amélioration des écoulements de l' oued Mejerda .....	D3-9

**Chapitre D4 ETUDE DU NIVEAU DE PROTECTION CONTRE LES INONDATIONS.....D4-1**

D4.1	Méthodologie .....	D4-1
D4.1.1	Généralités .....	D4-1
D4.1.2	Principes de Base pour la Formulation des Mesures Structurales pour le Contrôle des Inondations .....	D4-1
D4.1.3	La Règle Fondamentale pour L'amélioration de l'oued .....	D4-1
D4.1.4	Zonage (Division) du Bassin de la Mejerda .....	D4-1
D4.2	Niveau optimal de protection contre les inondations .....	D4-3
D4.2.1	Sous bassin en amont du barrage de Sidi Salem .....	D4-3
D4.2.2	Sous bassin en aval du barrage de Sidi Salem .....	D4-4
D4.3	Les avantages de l'amélioration de l'oued dans le contrôle des inondations.....	D4-5
D4.3.1	Le concept de base de protection contre les inondations par l'amélioration de l'oued.....	D4-5
D4.3.2	La composition des estimations des dégâts dans les zones inondées.....	D4-6
D4.3.3	Etudes des dégâts causés par les inondations importantes dans le passé.....	D4-6
D4.4	Estimation préliminaire du coût des améliorations de l'oued .....	D4-7
D4.4.1	La distribution probable des décharges.....	D4-7
D4.4.2	La configuration de l'amélioration de l'oued avec les structures qui lui sont liées .....	D4-7
D4.4.3	Prix Unitaire et cout estimatif .....	D4-7
D4.4.4	Résumé des coûts estimatif.....	D4-8
D4.5	L'Avantages du contrôle des inondations.....	D4-8
D4.5.1	Les dégâts en termes de production agricole .....	D4-8
D4.5.2	Les dégâts en bien immobiliers et mobiliers.....	D4-8
D4.5.3	Dégâts des biens dépréciables et des stocks inventaires .....	D4-9
D4.5.4	Les dégâts causés à l'infrastructure .....	D4-9
D4.5.5	Les dégâts indirects des inondations.....	D4-10
D4.5.6	Les dégâts causés par les inondations avec le projet .....	D4-10
D4.5.7	Résumé de la réduction des dégâts des inondations .....	D4-10
D4.6	Le choix du niveau optimal de protection.....	D4-10
D4.6.1	La condition de base .....	D4-10
D4.6.2	Le niveau de protection contre les inondations.....	D4-11

**Chapitre D5 PLAN DES TRAVAUX D'AMELIORATION DE LA MEJERDA.....D 5-1**

D5.1	Le volume des travaux et la période de construction .....	D5-1
D5.2	Période des activités associées .....	D5-1
D5.3	Plan d'exécution et plan annuel de déboursement .....	D5-2
D5.4	Les autres coûts liés aux travaux d'amélioration de l'oued Mejerda .....	D5-2
D5.5	Plan général des travaux d'amélioration de l'oued Mejerda.....	D5-3

<b>Chapitre D6</b>	<b>AFFECTATION DES COÛTS POUR LE FUTUR PROJET DE BARRAGES A USAGES MULTIPLES .....</b>	<b>D6-1</b>
D6.1	Méthodologie .....	D6-1
	D6.1.1 Objectif .....	D6-1
	D6.1.2 Méthodologie .....	D6-1
D6.2	Caractéristiques principales des barrages sélectionnés .....	D6-2
D6.3	L'affectation du coût de la fonction de lutte contre les inondations.....	D6-3
D6.4	Echéancier d'exécution .....	D6-4
D6.5	Autres coûts associés à partager.....	D6-4
<b>Chapitre D7</b>	<b>REGLEMENT/ GESTION DES PLAINES D'INONDATION.....</b>	<b>D7-1</b>
D7.1	Justification du règlement / gestion des plaines d'inondation .....	D7-1
	D7.1.1 Directive inondations de la Mejerda.....	D7-1
	D7.1.2 Tendances au sein des Communautés Européennes.....	D7-1
D7.2	Travaux de délimitation du domaine public hydraulique (DPH).....	D7-2
	D7.2.1 Définition juridique du Domaine Public Hydraulique.....	D7-2
	D7.2.2 Travaux de délimitation par la DGRE du MARH .....	D7-3
D7.3	Concept de base pour le règlement/Gestion des plaines d'inondation et du bassin de l'oued Mejerda .....	D7-5
D7.4	Niveau de risque cible pour la formulation d'un Plan .....	D7-5
D7.5	Analyse préliminaire de l'occupation actuelle des sols dans les zones d'inondation .....	D7-6
	D7.5.1 Zones d'inondation due au débit des crues de projet (zone à haut risque) .....	D7-6
	D7.5.2 Les zones d'inondations dues aux crues excessives (crue de retour de 100 ans).....	D7-8
D7.6	Projet d'un Plan de renforcement du règlement / gestion de la zone d'inondation.....	D7-9
	D7.6.1 Les grandes lignes du projet du Plan .....	D7-9
	D7.6.2 Consistance des activités proposées.....	D7-12
	D7.6.3 Questions clés pour la mise en œuvre du Plan.....	D7-14

### Liste des Tableaux

	<u>Page</u>
Tableau D2.3.1 Résultats de l'enquête sur l'inondation par des crues et leur dommages (Dommages causés par les crues et les inondations) (1/2 – 2/2).....	DT-1
Tableau D2.3.2 Résultats de l'enquête sur l'inondation par des crues et leur dommages (Mesures de protection des crues) (1/2 – 2/2) .....	DT-3
Tableau D2.3.3 Résultats de l'enquête sur l'inondation par des crues et leur dommages (Evaluation et alerte précoce) (1/2 – 2/2) .....	DT-5
Tableau D2.5.1 Problèmes principaux de la protection des crues et mesures structurelle possibles (pour la mise préliminaire et les alternatives) (1/2 – 2/2) .....	DT-7
Tableau D3.6.1 Caractéristiques principales de l'amélioration de l'oued proposée .....	DT-9

Tableau D4.3.1	Documents disponibles relatifs aux dommages causés par les crues et les travaux de rétablissements dans la division administrative de Manouba (1/3 – 3/3) .....	DT-10
Tableau D4.3.2	Information de base sur les dommages causés aux cultures agricoles par les crues (1/2 – 2/2) .....	DT-13
Tableau D4.4.1	Configuration des travaux d'amélioration de l'oued par les debits probables (1/2 – 2/2) .....	DT-15
Tableau D4.5.1	Population and nombre de ménages par délégation .....	DT-17
Tableau D4.5.2	Valeur des biens de ménage .....	DT-17
Tableau D4.5.3	Valeur des actifs dépréciables et stock d'inventaire par travailleur par le secteur industriel .....	DT-18
Tableau D4.5.4	Nombre de travailleurs par le secteur industriel selon les divisions administratives .....	DT-18
Tableau D4.5.5	Valeur totale par la division administrative.....	DT-18
Tableau D4.5.6	Taux de dommage pour l'évaluation des dommages des actifs dépréciables et stock d'inventaire.....	DT-18
Tableau D4.5.7	Information de base sur les dommages causés par les crues aux infrastructures .....	DT-19
Tableau D5.3.1	Programme d'exécution du projet de gestion des crues de l'oued Majerda (Zone D2 et D1).....	DT-20
Tableau D5.3.2	Programme d'exécution du projet de gestion des crues de l'oued Majerda (Zone D2 et U1+ M) .....	DT-21
Tableau D5.3.3	Coût de projet pour la Zone D2 (Coût financier).....	DT-22
Tableau D5.3.4	Coût de projet pour la Zone D1 (Coût financier).....	DT-23
Tableau D5.3.5	Coût de projet pour la Zone U2 (Coût financier).....	DT-24
Tableau D5.3.6	Coût de projet pour la Zone U1+M (Coût financier).....	DT-25
Tableau D6.3.1	Affectation du coût pour les projets futurez de construction de barrages dans le bassin de l'oued de Mejerda .....	DT-26
Tableau D6.5.1	Coût de projet de la Zone U2 avec la construction de barrage (Coût financier).....	DT-27
Tableau D6.5.2	Coût de projet de la Zone U1 avec la construction de barrages (Coût financier).....	DT-28

### Liste des Figures

	<u>Page</u>	
Figure D2.2.1	Carte d'inondationsd par les crues en mai 2000 (Jendouba).....	DF-1
Figure D2.2.2	Carte d'inondations par les crues de jan.- fév. 2003 (Ensemble du bassin de l'oued Mejerda).....	DF-2
Figure D2.2.3	Carte d'inondations par les crues de jan.- fév. 2003 (Ensemble de Bou Salem) .....	DF-3
Figure D2.2.4	Carte d'inondations par les crues de jan.- fév. 2003 (En amont de Bou Salem) .....	DF-4
Figure D2.2.5	Carte d'inondations par les crues de jan.- fév. 2003 (En aval de Bou Salem) .....	DF-5

Figure D2.2.6	Carte d'inondations par les crues de jan.- fév. 2003 (Mejez El Bab).....	DF-6
Figure D2.2.7	Carte d'inondations par les crues de jan.- fév. 2003 (Tebrouba - El Battane - Jedeida).....	DF-7
Figure D2.2.8	Carte d'inondations par les crues de jan.- fév. 2003 (Municipalité de El Battane Municipality) .....	DF-8
Figure D2.2.9	Carte d'inondations par les crues de jan.- fév. 2003 (Ville de Jedeida) .....	DF-9
Figure D2.2.10	Carte d'inondations par les crues en janvier 2004 (En amont de Jedeida) ....	DF-10
Figure D2.2.11	Carte d'inondations par les crues en janvier 2004 (En aval de Jedeida).....	DF-11
Figure D2.2.12	Carte d'inondations par les crues en février 2005 (Mejez El Bab) .....	DF-12
Figure D3.4.1	Division des zones prioritaires dans la plaine d'El Mabtouh Plain .....	DF-13
Figure D3.4.2	Conditions actuelles du canal de déversement au long du canal El Mabtouh .....	DF-14
Figure D3.4.3	Conditions actuelles du canal de déversement au long du canal El Mabtouh .....	DF-15
Figure D3.4.4	Carte d'emplacement des canaux de déversement existants au long du canal El Mabtouh .....	DF-16
Figure D3.6.1	Profil de la partie en aval de l'oued Mejerda (1/5 – 5/5) .....	DF-17
Figure D3.6.2	Profil de la partie en amont de l'oued Mejerda (1/6 – 6/6).....	DF-22
Figure D3.6.3	Plan général: Zone de projet de la partie en aval de barrage Sidi Salem .....	DF-28
Figure D3.6.4	Plan général: Zone de projet de la partie en amont de barrage Sidi Salem....	DF-29
Figure D7.5.1	Zone prédisposée aux crues avec une possibilité de crues pendant 100 ans (en amont de barrage Sidi Salem) .....	DF-30
Figure D7.5.2	Zone prédisposée aux crues avec une possibilité de crues pendant 100 ans (en aval de barrage Sidi Salem) .....	DF-31

#### Liste des données contenues dans "Data Book" (la banque de données)

	<u>Page</u>
Data D1	Bénéficiaire – Rapport du coût pour chaque zone..... DD1-1

## **CHAPITRE D1 INTRODUCTION**

Dans le bassin de l'oued Mejerda, et sur l'initiative du MARH, plusieurs barrages et réservoirs de tailles importantes ont été construits et d'autres sont en phase de planification ou de construction. Cependant, il est tout à fait évident que les barrages et les réservoirs existants ne peuvent servir, comme mesure structurelle, pour la lutte contre les inondations majeures comme ce fut le cas lors des dernières inondations de 2003, 2004 et 2005. Dans ce contexte, hormis l'amélioration des règles d'exploitation des réservoirs existants en temps d'inondation, des travaux d'amélioration de l'oued sont à entreprendre pour atténuer le risque d'inondation.

Les questions et les problèmes concernant la protection contre les inondations dans le bassin ont été identifiés suite à l'examen des dommages répertoriés et de la reconnaissance de terrain effectuée et ce afin de se décider sur les fondements de la politique de lutte contre les inondations. Les zones à protéger contre les inondations ont été soigneusement sélectionnées et hiérarchisées sur la base de la fréquence des inondations et de l'ampleur des dommages potentiels. En l'absence de norme/critère préétablis en Tunisie pour la détermination du niveau approprié de protection contre les inondations, il a été décidé pour des raisons de coût-profit de procéder à la division du bassin en cinq zones. Les résultats de l'analyse des inondations au moyen de la méthode MIKE FLOOD et de la base de données SIG ont été entièrement utilisés pour estimer les avantages de la lutte contre les inondations.

A la suite du choix de niveau de protection contre les inondations, une conception préliminaire des ouvrages hydrauliques et une estimation des coûts des travaux d'amélioration de l'oued ont été effectuées. Le niveau optimum de protection contre les inondations a été choisi. Avec la localisation des débits sortants des grands réservoirs par l'amélioration des règles de leur exploitation, les zones d'inondation le long de la Mejerda et des principaux affluents ont été évaluées. La configuration de l'amélioration du lit de la rivière a été intensivement testée et répétée en combinaison avec l'analyse des inondations. La conception préliminaire des ouvrages d'amélioration de l'oued comme le curage / élargissement des digues du canal, les canaux de dérivation et les bassins de retardement, etc. sont décrits dans le rapport complémentaire E.

En particulier, étant donné que de si importants travaux d'amélioration des oueds, tels que spécifiés ci-dessus, n'ont pas été entrepris depuis l'indépendance de la Tunisie, il est attendu que le procédé de planification et de conception établi pour la Mejerda constitue un cas concret pour application, à l'avenir, à d'autres systèmes de rivières. Cependant, le plan d'amélioration de la rivière, présenté ci-dessus, est proposé préliminairement comme plan directeur, qui deviendra plus tard un concept de grande portée pour des réalisations futures et ce à travers les analyses hydrauliques détaillées et la conception d'ouvrage dans les phases des études de faisabilité après la présente étude.

Ce rapport complémentaire D se compose de sept chapitres avec les questions pour les plans l'amélioration de rivière, le niveau de protection contre les inondations, l'allocation des coûts pour des projets de barrage à usage multiples, l'échéancier d'exécution des travaux d'amélioration des oueds et de gestion des plaines d'inondation.

## **CHAPITRE D2 DEGATS CAUSES PAR LES CRUES : SITUATION ACTUELLE ET CONTRE-MESURES**

### **D2.1 Données et informations disponibles**

Les données relatives aux dégâts des crues doivent être compilées et utilisées comme base de l'analyse économique des options en matière de mesures structurelles. Les principales sources des données/informations collectées dans le cadre de la présente Etude sont les suivantes :

- (1) Les documents et rapports du MARH sur les précédentes grandes crues (disponibles pour les crues de 1969, 1973 et 2003)
- (2) Les données/informations collectées dans les bureaux des CRDA par "l'Enquête sur les inondations et les dégâts causés par les crues ", menée entre décembre 2006 et mars (par ECO Ressources International)
- (3) Les informations relatives aux dégâts, collectées au moyen de l'enquête par interview sur les dégâts (mêmes 300 échantillons que dans (2)) menée auprès d'agriculteurs, habitants, magasins et usines
- (4) Les données/informations relatives aux dégâts des crues et aux travaux de maintenance occasionnés par les crues de 2003, 2004 et 2005 et collectés par les CRDA.

Par ailleurs, pour cette Etude, les cartes des surfaces inondées durant les dernières crues ont été collectées et compilées dans la mesure du possible, dans le but de vérifier les surfaces inondées et l'ampleur des dégâts des inondations.

### **D2.2 Dégâts causés par les dernières crues importantes**

#### **D2.2.1 Régions sujettes aux crues**

Les régions les plus sujettes aux crues se trouvent principalement dans les basses plaines qui longent le cours principal de la Mejerda. La visite sur le terrain et les interviews avec les agences publiques concernées ont révélé que Jendouba, Bou Salem, Sidi Ismail, Slouguia, Medjez El Bab, El Herri, Tebourba, El Battan, Jedeida, El Henna, , El Mabtouh and Kalaat Andalous sont devenus des villes/régions sujettes aux crues, qui ont subi de graves dégâts durant les grandes crues de mai 1973, janvier-février 2003 et janvier 2004. Le tableau suivant donne un aperçu rapide des régions inondées suite aux grandes crues, ainsi que quelques remarques.

**Inondations causées par les grandes crues et  
Disponibilité des données/informations sur les dégâts occasionnés**

Flood Event	Governorate							Remarks
	Jendouba	El Kef	Siliana	Beja	Manouba	Bizerte	Ariana	
	Ghardimaou Jendouba Bou Salem	Mellegue Dam Mellegue Dam DS	Tessa Dam Siliana Dam Lakhmes Dam Rmil Dam	Sidi Salem Testour Slouguia Mejez El Bab El Herri	Laroussia Dam Tebourba El Battane Jedeida	El Mabtough Hir Tobias (left bank side) Kalaat Landelous	Sidi Thabet Hir Tobias (right bank side)	
1969 Sep-Oct								
1973 Mar-Apr	○	○	○	○	○	○	○	Experienced maximum inundation along the entire reaches
	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	
2000 May	○	○	x	x	x	x	x	Experienced maximum in Jendouba
	Yes	Yes	-	-	-	-	-	
2003 Jan-Feb	○	○	○	○	○	○	○	Experienced maximum inundation, but smaller discharge than 1973 flood
	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	
2003 Sep	x	x	x	x	○	○	○	Jedeida area only
	-	-	-	-	Yes	Yes	Yes	
2004 Jan	○	○	○	○	○	○	○	Downstream area from Chafrou River
	No	No	No	Yes	Yes	No	No	
2005 Jan-Feb	x	x	x	○	○	○	○	Downstream area from Chafrou River
	-	-	-	Yes	Yes	No	Yes	
2005	x	x	x	○	○	○	○	Mejez El Bab, upstream of Pont Andalou Bridge
	-	-	-	Yes	Yes	Yes	Yes	

Legend: Upper Cell **○, Inundated** Lower Cell Availability of damage data  
 x, No inundation Yes, Some information available -, Not applicable  
 ?, To be confirmed No, No information available ?, To be confirmed

Source: JICA Study Team  
 (Based on the Flood Reports prepared by MARH and results of "Flood Inundation and Damage Survey" under the current Study)

**D2.2.2 Archives relatives aux dégâts des crues**

Les tableaux suivants présentent les dégâts causés par les grandes crues du passé, classés selon le type, à savoir récoltes agricoles, logement et effets domestiques, infrastructure et dégâts indirects, tels qu'énumérés par les gouvernorats concernés :

Dégâts causés par les crues de mai 2000

Gouvernorat : Jendouba

Catégorie : Agriculture

No	Type de dégât	Surface affectée (ha)	Pertes (TND)	Nbre d'agriculteurs affectés	puits perdus (nbre)	Pompes perdues (nbre)	Tuyaux endommagés (km)	Etables endommagées (nbre)
1	Céréales	1450	560 000					
2	Fourrage vert	125	46 000					
3	Fourrage sec	-	118 000					
		180	50 000					
4	légumes	287	515 000					
5	Plantations industrielles	34	70 000					
6	Arbres fruitiers	31	15 000					
	total	2107	<b>1374 000</b>	814	73	59	347	20

### Dégâts causés par les crues de janvier-février 2003

Gouvernorat : Jendouba

Catégorie : Infrastructure

N°	Type de structures	Dégâts (TND) 1000
1	Pompes d'irrigation	60
2	Réseau d'irrigation	80
3	Chemins ruraux	300
4	Réseau de drainage	600
5	Infrastructure d'eau potable	586
6	Conservation de l'eau et du sol	525
7	Barrages de montagne	145
8	Recharge des nappes souterraines	55
9	Chemins forestiers	480
	Total	<b>2 831</b>

Gouvernorat : Béja

Catégorie : Agriculture

N°	Type de dégât	Surface endommagée (ha)	Valeur (TND)
1	céréales	2360	395000
2	Fourrage vert	707	71000
3	légumes	296	250000
4	Arbres fruitiers	752	148000
	total	4115	<b>864 000</b>

Gouvernorat : Ariana

Catégorie : Agriculture, infrastructure et gestion des cours d'eau

	Type de dégât	Unité	Valeur
1	Agriculture	Nombre de victimes	490
		Surface affectée	4900
		Pertes (TND) (ha)	2900000
2	Chemins ruraux	Longueur affectée (en km)	40
		Pertes (TND)	320000
3	Canaux de drainage	Longueur affectée (km)	60
		Pertes (TND)	215000
4	Réseau d'irrigation	Longueur affectée (km)	
		Pertes (TND)	
5	Stations de pompage	Coût des réparations	120000
6	Petits barrages	Coût des réparations	112500
	Total	Coût (TND)	<b>3 825 000</b>

### Dégâts causés par les crues de septembre-décembre 2003

Gouvernorat : Ariana

Catégorie : Agriculture, infrastructure et gestion des cours d'eau

	Type de dégât	unité	valeur
1	Agriculture	Nombre de victimes	218
		Surface affectée (ha)	1035
		Pertes (TND)	1676900
2	Chemins ruraux	Longueur affectée (km)	41
		Pertes (TND)	352000
3	Canaux de drainage	Longueur affectée (km)	72
		Pertes (TND)	148000
4	Gestion des affluents	Coût des réparations (TND)	4200000
5	Petits barrages	Coût des réparations (TND)	445000
6	Dragage de l'oued	Coût (TND)	30000
7	Chemins forestiers	Coût (TND)	35000
8	Reboisement	Coût (TND)	50000
9	Boisement urbain et zones vertes	Coût (TND)	315000
	Total	Cost (TND)	<b>3 471 900</b>

### Dégâts causés par les crues de janvier – février 2005

Gouvernorat : Ariana

Catégorie : Agriculture (terre)

	Type de dégât	unité	Testour	Medjez El Bab	total
1	Terres cultivées	ha	35	770	805
2	Légumes	ha	10	13	23
3	Arbres fruitiers	ha	10	104	114
4	Oliviers	ha	0	3	3
	Total	ha	55	890	<b>945</b>
	Nombre de victimes	tête	37	144	181

#### D2.2.3 Caractéristiques des dégâts causés par les grandes crues

##### (1) Crue de Septembre – Octobre 1969

Durant la crue, les débits de pointe aux stations de jaugeage de Bou Salem de K13 du Mellègue ont été de 1485 m<sup>3</sup>/s et 4480 m<sup>3</sup>/s respectivement. Au K13, le débit entrant au barrage Mellègue était le second en importance depuis la construction du barrage (le premier était de 4770 m<sup>3</sup>/s en 1988). Cependant, les régions les plus touchées ne se trouvaient pas dans le bassin de la Mejerda, mais dans le Centre de la Tunisie.

##### (2) Crue de mars-avril 1973

En mars 1973, des pluies torrentielles se sont abattues sur la quasi-totalité du bassin de la Mejerda, et les débordements causés par les crues ont touché plusieurs villes situées sur les rives du cours principal de la Mejerda. La pluviométrie de mars 1973 était de 3 à 7 fois supérieure à la pluviométrie moyenne pour ce mois, comme le montre le tableau suivant. Les précipitations se sont surtout concentrées dans les journées du 26 et 27 mars et ont concerné tout le bassin. Elles ont atteint ou dépassé en 24 heures la moyenne du mois de mars.

**Pluies enregistrées en mars 1973 dans le bassin de la Mejerda**

Station de jaugeage	Pluviométrie moyenne de mars (mm)	Pluviométrie du mois de mars 1973 (mm)	Précipitations maximum en 24 hrs en mars 1973 (mm)	Date enregistrée	Indice mensuel
	a	b			b/a
Tunis	47,2	179,6	53,0	Mar.26	3,81
Bizerte	51,6	183,8	50,3	Mar.27	3,56
Mateur	43,9	291,3	90,0	Mar.27	6,64
Tabarka	84,2	288,4	73,5	Mar.27	3,43
Béja	61,1	261,5	60,5	Mar.27	4,28
Teboursouk	58,1	259,2	80,0	Mar.27	4,46
Medjez El Bab	46,7	190,0	52,0	Mar.27	4,07
Jendouba	49,9	185,8	46,3	Mar.26	3,72
Ain Draham	166,1	543,4	138,0	Mar.27	3,27
Le Kef	57,2	261,0	90,0	Mar.26	4,56
Siliana	34,2	255,9	89,3	Mar.27	7,48

Source: "Guide pratique du contrôle des crues pour les ingénieurs et les techniciens de DGBGTH, MARH, 1988"

Lorsque la crue est survenue, le barrage du Mellègue existait déjà, mais celui de Sidi Salem n'avait pas encore été construit. On peut donc dire que le cours situé en aval présentait les conditions naturelles de crue, n'étant pas retardé par un barrage. La carte illustre la vaste région inondée de Jendouba, Mejez El Bab, Tebourba- El Battane-Jedeida and Kalaat Landelous. Cependant, les informations données par la carte sur cette région restent insuffisantes.

(3) Crue de mai 2000

Des pluies intenses ont été enregistrées en mai 2000, notamment dans le bassin du Mellègue. A la S/G du K13 installée en amont du barrage, le débit maximum enregistré en 1969 (4480 m<sup>3</sup>/s) a été égalé le 26 mai 2000. Le niveau d'eau maximum durant la crue était de 135,5 m NGT au K13, tandis qu'un niveau de 134,8 m NGT était enregistré à Jendouba, située à proximité, en amont du confluent des oueds Mellègue et Mejerda.

Comme le montre le **figure D2.2.1**, la crue a submergé la rive droite de l'oued Mellègue (à 22 km en amont du confluent avec le cours principal de la Mejerda). Ensuite elle a longé la partie de la ville de Jendouba, pour se déverser finalement dans le cours principal de la Mejerda à 2 km en amont du confluent avec le Mellègue. On notera que le même schéma d'inondation s'est produit durant la crue de mars 1973. La visite sur le terrain effectuée par l'Equipe de l'Etude en août 2007 et l'enquête sur les sections transversales ont montré que l'élévation du terrain dans la section submergée est moindre que dans les tronçons situés en amont et en aval.

(4) Crue de janvier-février 2003

La crue de janvier-février 2003 se distingue par 4 débits de pointe enregistrés les 12, 18, 26 janvier et le 2 février dans le cours principal de la Mejerda. Les basses terres situées le long du cours moyen à inférieur ont été inondées durant une période allant d'une semaine à plus d'un mois dans parties les plus basses. Les murs de bâtiments et de

maisons de Jendouba, Bou Salem, Sidi Ismail et d'autres villes environnantes portent encore les marques de la crue.

Selon les études existantes, la pluviométrie du mois de janvier 2003 a dépassé celle d'une période de retour de 100 ans dans le bassin de l'oued Mellègue et dans la haute vallée de la Mejerda, comme le montre le tableau suivant. En revanche, le rapport technique élaboré par le MARH estime que les périodes de retour de la pluviométrie mensuelle enregistrée dans les basses terres étaient inférieures à 100 ans.

**Pluviométrie de janvier 2003**

Station de jaugeage	Pluviométrie moyenne de janvier (mm)	Pluviométrie du mois de janvier 2003 (mm)	Indice mensuel	Période de retour (ans)
Pont du Mellègue	53	229	4,32	>>100
Jendouba	64	204	3,19	>100
Ain Draham	256	660	2,58	>100
Béja	74	246	3,32	>>100
Teboursouk	84	295	3,51	>>100
El Herri	62	186	3,00	82
Barrage d'El Aroussia	61	168	2,75	40
El Battane	52	122	2,35	21
Ghar el Melh	81	130	1,60	8

Source: "Rapport de Synthèse, Crue et inondations dans Le Bassin Versant de La Mejerda, MARH, Mai 2003"

De son côté, l'Equipe de l'Etude a effectué une analyse de fréquence au moyen d'une série de débits de pointe annuels enregistrés et actualisés dans la présente Etude. Les débits de pointe et les probabilités correspondantes enregistrées pour les principales crues aux S/G de Ghardimaou et de K13 sont comparés ci-dessous :

**Comparaison de l'échelle des débits de pointe durant les crues importantes**

Crue	S/J Ghardimaou		S/J K13	
	max Q (m <sup>3</sup> /s)	Probabilité	max Q (m <sup>3</sup> /s)	Probabilité
1973 mars	2370	1/70~1/100	1280	1/5~1/10
2000 mai	737	1/5~1/10	4480	1/70~1/100
2003 jan – fev	1090	1/15~1/20	2600	1/30
2004 Janvier	1470	1/30	2480	1/30

Source : Equipe de l'Etude

Pour ce qui est des cartes des plus grandes crues historiques, c'est la crue de janvier-février 2003 qui bénéficie de la couverture la plus complète. Certaines cartes ont mis l'accent sur les régions ayant subi les plus lourds dégâts, comme l'illustrent les **figures D2.2.2 à D2.2.9**.

(5) Crue de décembre 2003-janvier 2004

La surface inondée était particulièrement étendue en aval du barrage de Sidi Salem en raison des excédents d'eau provenant du barrage. En décembre 2003, on a enregistré à deux reprises des précipitations importantes (110 mm en 3 jours à partir du 10 décembre

et 40 mm en 2 jours à partir du 22 décembre 2003). En raison des pluies précédemment enregistrées en amont de la Mejerda, le niveau d'eau du réservoir est monté progressivement et l'eau en excès s'est déversée en aval. Des inondations se sont produites de Medjez El Bab à Hir Tobias les 14 et 15 décembre 2003. Bien qu'on ne dispose pas de carte des inondations pour la zone en amont, les interviews faites à l'occasion de « L'enquête sur les dégâts des crues et les inondations » menée dans le cadre de la présente Etude confirment l'existence d'inondations à Jendouba et à Nebeur. Un débit maximum de 1040 m<sup>3</sup>/s a été enregistré à Jendouba à 9 du matin le 13 décembre 2003.

Dans la zone située en aval, les inondations se sont produites immédiatement en aval du vieux pont de Jendouba. L'eau a envahi les la basse vallé d'El Henna et de Henchir Lizardine au nord, de même que la partie plus en aval de l'oued Chafrou près du confluent de la Mejerda et la plaine du Mabtouh.

#### (6) Crue de janvier-février 2005

Durant la dernière crue de janvier – février 2005, l'eau a débordé à El Henna lorsque la jauge a enregistré 8,03 m (Q=200 m<sup>3</sup>/s) au niveau du mur de pierre sec de la S/J de Jdeida. Le débordement a commencé le 20 février 2005 à 2 heures du matin et s'est poursuivi jusqu'au 23 février à 7h du matin. Un second débordement s'est produit le 1<sup>er</sup> mars à 18h et s'est poursuivi jusqu'au 3 mars à 17h. La vanne du canal Chaouat était fermée durant la crue. En revanche, celle du canal Mabtouh était constamment ouverte. Selon le rapport sur « La crue de la Mejerda, jan-fev 2005 », Le 23 mars, dans la zone d'El Mabtouh, le réseau de drainage était complètement envasé et peu fonctionnel depuis la crue de janvier-février 2003, et ne permettait donc pas l'écoulement normal de l'eau.

Les deux crues successives de 2004 et 2005 qui ont frappé la région située entre Jedeida et Hir Tobias montrent bien les points les plus vulnérables de la basse Mejerda. La **figure D2.2.12** donne la carte des inondations entre Medjez El Bab et Jedeida.

### **D2.3 Résultats de l'enquête sur les inondations et les dégâts causés par les crues**

#### (1) Objectif et enquêtés ciblés

Dans le but de comprendre la situation actuelle en matière d'inondations et de dégâts subis, une "Enquête sur les inondations et dégâts des crues" a été réalisée entre décembre 2006 et mars 2007. L'enquête par entretiens a été confiée à Eco Ressources International, bureau d'études tunisien. Les enquêteurs ont rendu visite et interviewé directement 300 enquêtés, avec l'aide de formulaires ciblant les agriculteurs, les habitants, les commerces et les industries. Les questionnaires comportent quatre sections, à savoir :I: Informations générales, II: Dégâts des crues, III: Expérience vécue et leçons tirées, IV: Evacuation et alerte précoce. L'enquête a permis de collecter de précieuses informations qui pourront servir de référence dans l'élaboration du plan directeur. Le tableau suivant donne le nombre d'enquêtés par municipalité :

### Nombre d'enquêtés dans le cadre de l'Enquête sur les inondations et les dégâts causés par les crues

	Name of City	Code	Governorate	Number of Respondents				
				Total	Farmers	Residents	Shops	Industries
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
<b>Total</b>				<b>300</b>	<b>179</b>	<b>89</b>	<b>22</b>	<b>10</b>

Source: Equipe d'Etude

#### (2) Grandes crues

Chaque enquêté a eu à se prononcer sur ce qu'il considérait comme la crue la plus importante dans son expérience. Dans la région en amont, comme Jendouba, les réponses ont été presque équitablement partagées entre crue de 1973 et crue de 2000. En revanche, pour la région en aval de Bou Salem (à l'exception de Slouguia), toutes les municipalités ont répondu que la plus grande crue était celle de 2003. Ainsi que cela est discuté à la **Section D2.2**, les crues de 1973 et 2003 ont été des événements exceptionnels en termes de quantité de pluies et de volume d'eau écoulee dans le bassin.

#### Expérience de la crue la plus importante

##### Farmers

No.	Code	Answers as most severe flood			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	10	99	179
		39%	6%	55%	100%

##### Residents

No.	Code	Answers as most severe flood			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	7	60	89
		25%	8%	67%	100%

##### Shops

No.	Code	Answers as most severe flood			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

##### Industries

No.	Code	Answers as most severe flood			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

Source: Equipe d'Etude

(3) Hauteur et durée des inondation (voir **tableaux D2.3.1 et D2.3.2**)

Pour les agriculteurs interrogés, la hauteur et la durée de l'inondation étaient respectivement de 295 cm et 76 jours (dans les deux cas il s'agit d'une moyenne), correspondant aux chiffres enregistrés à Slouguia. La zone en amont, Medjez El Bab et El Herri viennent en seconde position, avec 140 à 160 cm de hauteur d'inondation et 39 à 55 jours de durée. Cette durée est considérable et aurait dû endommager sérieusement les récoltes, les logements, les biens domestiques et l'infrastructure etc. En fait, la gravité de l'inondation est évaluée en termes d'interruption des commerces et des industries, le maximum étant de 80 jours à Medjez El Bab.

(4) Dégâts causés par les crues (voir **tableau D2.3.1**)

Les dégâts les plus importants subis par les récoltes agricoles concernent les oliviers, les céréales, les légumes, les fruits et autres produits. En ce qui concerne les ménages moyens, les dégâts ont touché le logement même (fenêtres, murs et toits etc.), le mobilier et les denrées alimentaires. Les dégâts moyens dans les municipalités objet de l'enquête s'élèvent à :

- agriculteurs : TND 25 917 (par agriculteur)
- Magasins : TND 5 044 (par magasin)
- Industries : TND 10 963 (par usine)

En ce qui concerne les compensations reçues des agences gouvernementales concernées, plus de 50% des municipalités – parmi lesquelles Bou Salem, Slouguia, El Herri, Tebourba, Jedeida and El Battane - ont déclaré avoir reçu des compensations, même si les disparités entre les municipalités sont considérables. En revanche, seuls deux enquêtés parmi les magasins et les industries disent avoir été couverts par une assurance contre les dégâts causés par les crues.

(5) Enseignements tirés et mesures de protection contre les crues (voir **Tableau D2.3.2**)

Plus de 70% de l'ensemble des enquêtés ont exprimé leur ressentiment (à l'égard de l'assistance fournie) suite aux dernières crues dévastatrices. En rapport à cette question, la plupart ont exprimé leurs craintes des dégâts et pertes qu'ils subiraient si des crues d'ampleur similaire se reproduisaient. Cette tendance est confirmée dans les commentaires exprimés à propos des enseignements tirés.

Les réponses aux questions relatives à la connaissance des structures de gestion des crues existantes (digues et canaux) se trouvant dans leur voisinage révèlent que 70% à 90% des enquêtés ignorent totalement leur existence. De plus, concernant la question sur les mesures de protection les plus importantes, les réponses "mise en place de structures" et « système d'alerte précoce » figurent dans 80 à 90% des cas. La part représentée par « instructions adéquates », « personnel d'appui » et « assistance à l'évacuation » était assez modeste. Il convient de noter que les réponses se répartissent assez nettement selon les municipalités comme le montre le tableau suivant :

### Corrélation entre les municipalités et les mesures préconisées pour la protection contre les crues

Mesure de protection jugée la plus importante	Réponse des municipalités
Construction de structures de protection	Nebeur, Bou Salem, Mejez El Bab, El Herri
Installation d'un système d'alerte précoce	Jendouba, Sidi Ismail, Testour, Slouguia, Tebourba, Jedeida, El Battane

Ces réponses ont été prises en considération dans l'élaboration des mesures structurelles et non structurelles envisageables.

#### (6) Evacuation et alerte précoce ( voir **tableau D2.3.3**)

79 % des agriculteurs et 76 % des résidents ont vécu une expérience d'évacuation suite aux crues de 1973, 2000 et/ou 2003. La source d'information concernant l'évacuation varie selon les municipalités. 67 % des agriculteurs ont décidé par eux-mêmes s'ils devaient être évacués ou pas. Bien que les réponses puissent être partiales, cette information sera utile pour l'élaboration du plan concernant la diffusion future des informations concernant le système d'alerte précoce et la lutte contre les crues.

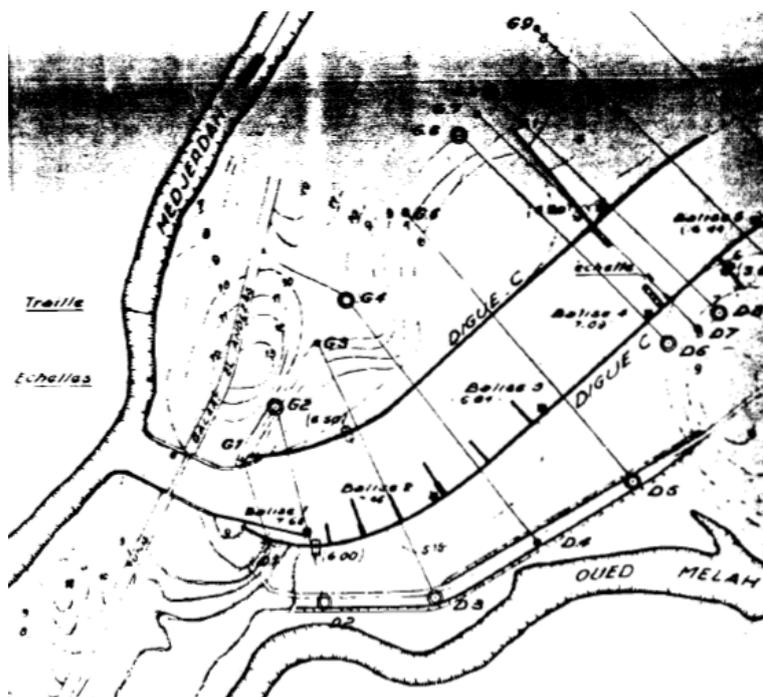
Seuls 20% des enquêtés ont été avertis de l'évacuation par une agence déterminée. De même, seuls 20% environ étaient au courant de l'existence d'un plan d'évacuation. Cependant, environ 80 % des enquêtés reconnaissent la nécessité d'un plan d'évacuation pour protéger leurs biens. Dans la zone couverte par l'enquête, il ne semble pas que des exercices d'évacuation aient souvent été organisés, puisque 92% des agriculteurs et 82% des habitants déclarent « ne pas avoir participé à des exercices d'évacuation ».

#### **D2.4 Mesures existantes en matière de contrôle des crues**

Les mesures existantes consistent essentiellement à travers des barrages et réservoirs, car l'ampleur des crues en termes de débit maximum et de volume de ruissellement est considérable. En fait, les barrages de Mellègue et de Sidi Salem jouent un rôle essentiel dans l'atténuation des dangers des crues en aval. C'est pourquoi le système de digues accompagnant l'amélioration des cours d'eau a été maintenu à un niveau minimal et se limite à de brefs tronçons situés en aval entre Jedeida et Hir Tobias.

Outre les grands barrages, un déversoir mobile situé à Hir Tobias joue un rôle vital dans le contrôle du débit de la Basse vallée Mejerda et de l'émissaire de crue se déversant dans la mer. Cet émissaire date des années 1950. Après sa construction, le lit originel de la Mejerda a été recouvert d'un revêtement en béton et sa largeur a été réduite de manière drastique. Le déversoir mobile a été réalisé en 1990 et la station de pompage qui se trouve à proximité, qui est exploitée par SECADENORD, a été construite en 1991.

Le dessin suivant montre l'ancien cours de la Mejerda et le nouvel émissaire après sa construction.



Source : Rapport sur l'enquête sur les débits de crue de 1959, MARH

#### Changements à Henchir Tobias (embranchement du cours original de la Mejerda et de l'effluent de crue)

Sur la base des précédents grandes crues du bassin de la Mejerda, divers problèmes et questions liés aux crues et intéressant principalement la formulation de plan ont été identifiés et sont discutés dans la **section D2.5** ci-après.

### D2.5 Identification des problèmes actuels liés au contrôle des crues

#### (1) Généralités

L'examen approfondi des documents concernant les dernières crues ainsi que les visites sur le terrain ont permis d'identifier les problèmes liés aux crues avant l'élaboration du Plan-Cadre. Le cours principal de l'oued a été divisé en quatre tronçons principaux, à savoir : (i) la Mejerda en amont, (ii) le confluent de la Mejerda et du Mellègue, (iii) le cours moyen de la Mejerda, et (iv) la Mejerda en aval. Le **tableau D2.5.1** résume les éléments suivants pour chaque tronçon :

- (a) Caractéristiques principales du bassin versant et du lit de l'oued
- (b) Conditions de crues
- (c) Dégâts causés par les crues
- (d) Contre-mesures possibles
- (e) Questions à étudier en priorité

Nous donnons ci-après les principales conclusions, illustrées par des photographies :

#### (2) La Mejerda en amont (de Ghardimaou à Jendouba)

La région en amont a été frappée trois fois : en mars 1973, mai 2000 et janvier-février 2003. La région la plus touchée par les inondations est celle située entre Ghardimaou et

Jendouba. La zone inondée s'étend au nord de la Route N° 6. Cette section de l'oued a un lit profond (10 à 20 m de hauteur) et des rives à pente abrupte. La situation dans la région qui entoure Jendouba est particulièrement préoccupante. C'est pourquoi cette ville doit être la plus visée par les mesures de protection. En termes de hauteur et de surface de l'inondation, la situation à Jendouba était plus grave lors de la crue de mai 2000 que lors de celle de janvier -février 2003. A la jonction avec l'oued Rarai près de Chamtou s'étend une plaine inondable où se déversent les eaux de la Mejerda. Selon les résultats des calculs hydrauliques réalisés au moyen du logiciel HEC RAS, basés sur les sections transversales obtenues dans la présente Etude (décembre 2006 ~ mars 2007), la capacité de débit actuelle (à raz bord) est estimée comme suit :

- Frontière naturelle ~ Ghardimaou : 500 m<sup>3</sup>/s <
- Confluent du Rarai ~ Jendouba : 250 m<sup>3</sup>/s
- Jendouba ~ confluent du Mellègue : 200 ~ 250 m<sup>3</sup>/s



Vue en amont du pont de Jendouba (envasement important et section étroite près du pont pont)



Marques laissées par les crues de mai 2000 et Jan 2003 dans le centre ville de Jendouba

### (3) Confluent de la Mejerda et du Mellègue, y compris la partie en aval

Jusqu'à environ 22 km du confluent du Mellègue, le lit de l'oued a une section relativement large (Ref: photographie ci-dessous). Près du pont de la Route N°6 qui enjambe le Mellègue, le lit rétrécit et tend à devenir sinueux, avec des rives escarpées de 10 à 15 mètres de profondeur. A proximité du confluent s'étend une région ondulée dans laquelle se trouve un bassin de retardement naturel qui ralentit les débits de pointe jusqu'à Bou Salem.

A la section se trouvant à 22 km en amont, le ruissellement a atteint l'est de Jendouba pour rejoindre à nouveau le Mellègue près du confluent de la Mejerda. Le cours du ruissellement en mars 1973 et en mai 2000 était pratiquement le même et a suivi l'ancien lit du Mellègue (zone de dépression). Ces données ont été vérifiées au cours de la visite sur le terrain d'août 2007

- Confluent du Mellègue ~ confluent de Tessa : 200 ~ 250 m<sup>3</sup>/s
- Confluent de Tessa ~ confluent de Bou Heurtma : 400 m<sup>3</sup>/s
- Confluent de Bou Heurtma ~ barrage de Sidi Salem : 250 ~ 350 m<sup>3</sup>/s



Vue de l'aval de l'oued Mellègue (à 22 km du confluent de la Mejerda = débordement sur la rive gauche en mars 1973 et mai 2000 )



Confluent de la Mejerda et du Mellègue, Jendouba (site envisagé pour un bassin de retardement naturel )

#### (4) Cours moyen de la Mejerda (de Bou Salem à Medjez El Bab)

La ville de Bou Salem est l'une des plus vulnérables en cas de crue et d'inondation, essentiellement en raison de la topographie et de la morphologie de l'oued. Plusieurs facteurs s'associent pour favoriser des crues fréquentes, tels que les eaux stagnantes provenant du réservoir de Sidi Salem (le dépôt de sédiments en suspension en raison du ralentissement du ruissellement est un problème aigu qui doit être résolu rapidement), le goulot d'étranglement au pont de Bou Salem, l'influence de l'oued Bou Heurtma et la très basse altitude de la ville elle-même, etc.

Un nouveau tracé de dérivation a été identifié et incorporé dans le plan d'amélioration proposé. Il convient de noter qu'un épi de terre a été construit par le MEHAT dans la section de l'oued se trouvant au niveau du pont de Bou Salem de juin à juillet 2007. Selon le MARH, l'objectif était de protéger la rive de l'oued contre l'érosion à environ 200 m en aval (sur la droite). Un nouveau lit bas a été construit (aménagé) du côté gauche à l'intérieur du cours initial en aval du pont de Bou Salem. Des mesures plus appropriées, comportant la protection des rives pour atténuer l'érosion de la rive droite deviennent absolument nécessaires.

Par ailleurs, les plants de tamaris encombrant l'oued Bou Heurtma et cela réduit considérablement la section du ruissellement. L'amélioration de l'oued sera nécessaire après l'évaluation de l'ampleur de l'effet des remous venant du confluent avec la Mejerda.

- |     |   |                              |
|-----|---|------------------------------|
| (a) | Bou Salem ~ barrage de Sidi Salem       | : 250 ~350 m <sup>3</sup> /s |
| (a) | Barrage S. Salem ~ confluent de Siliana | : 250 m <sup>3</sup> /s      |
| (b) | Confluent de Siliana ~ Slouguia         | : 450 m <sup>3</sup> /s      |
| (c) | Slouguia ~ Mejez El Bab                 | : 600 m <sup>3</sup> /s      |



Vue de l'amont du viaduct de Bou Heurtma  
(végétation dense et section étroite)



Vue de l'aval du pont de Bou Salem  
(un lit bas a été construit)

(5) En aval de la Mejerda (de Medjez El Bab à l'embouchure de l'oued)

Dans la partie située en aval de la Mejerda, se trouvent le vieux pont historique et un déversoir. Etant donné la valeur culturelle de ces structures, il serait difficile de les supprimer. Par conséquent, il est inévitable de recourir à la réduction drastique des débits de pointe du barrage de Sidi Salem. Les zones critiques ont été identifiées à travers les enseignements tirés des crues passées et les études techniques effectuées par le MARH. Il convient de retenir que Medjez El Bab, Jedeida, El Battane, El Henna et le confluent de Chafrou sont des zones à haut risque d'inondation. Les contre-mesures appropriées seront étudiées en tenant compte des structures et des propriétés à protéger, et en envisageant l'adoption de mesures non-structurelles.

(a) Mejez El Bab ~ barrage de Laroussia : 200 ~ 250 m<sup>3</sup>/s

(d) Barrage de Laroussia ~ barrage de Tobias : 100 ~ 200 m<sup>3</sup>/s



Vue en aval du vieux pont (on peut voir une végétation dense et un ensablement considérable sur les deux rives)



Nouvelle autoroute menant à Tunis (direction sud) à Zaouia (partie de la plaine du Mabtough)

## D2.6 Maintenance actuelle des lits de l'oued

Dans le bassin de la Mejerda, il n'y a jamais eu de travaux d'amélioration à grande échelle. En termes de règles obligatoires de gestion de lit de la Mejerda, les CRDA ont une responsabilité à assumer dans le territoire du Gouvernorat. Il convient de noter que durant les dernières années, on a procédé à l'excavation des lits et à l'abattage d'arbres

dans le gouvernorat de Manouba après les grandes crues qui se sont produites de novembre 2003 à janvier 2004.

De mai à novembre 2004, le CRDA Manouba a également procédé à des excavations sur des tronçons de 5km allant du nouveau pont routier de Jedeida à Sidi Thabet (limite du gouvernorat de l'Ariana) et a coupé les plants de tamaris dans le lit de l'oued (Budget : TND 50,000). Le tamaris est un arbuste à feuilles caduques pouvant pousser dans des milieux divers. Il figure sur la liste des cent "pires envahisseurs" dans le monde. Deux ans après cette intervention, la plupart des plants avaient repoussé à partir des racines restantes, atteignant 2 à 4 mètres de haut.

Par ailleurs, sur une longueur de 500 mètres en amont du pont routier de Jedeida, le tamaris a été déraciné au moyen d'un bulldozer muni d'une défonceuse appartenant à l'armée. Dans ce cas, le tamaris ne pouvait pas repousser aussi vite et a donc perdu en densité selon le responsable du CRDA Manouba. En fait, le CRDA a eu des difficultés à assurer l'entretien des lits en raison de la repousse rapide du tamaris. Le rapport d'appui C présente quelques idées sur le recyclage du tamaris qui pourrait être utilisé comme revêtement pour la protection des talus.

Par ailleurs, en 2004, l'oued Chafrou a fait l'objet d'une excavation au moyen d'une drague sur 2,5 km à partir du confluent avec la Mejerda. A l'exception des travaux d'amélioration cités, les seules mesures effectuées concernaient les périmètres d'irrigation et les canaux de drainage.

Dans d'autres tronçons de la Mejerda, aucune action d'amélioration du lit de l'oued n'a été entreprise jusqu'ici.



Branche de "Tamaris"



Dense "Tamaris" à la sortie du canal de drainage de Chaouat (vu de la rive gauche)

## CHAPITRE D3 PLAN D'AMÉLIORATION DE L'OUED

### D3.1 Concept de base pour la formulation du Plan

En Tunisie, ni la formulation de plans de lutte contre les inondations ni la planification de travaux d'amélioration des oueds ne disposent encore de norme, directive ou critère établis. Par conséquent, il a été décidé de se référer, aux fins de la présente étude, aux techniques communément utilisées dans le domaine du génie fluviale ainsi qu'aux connaissances acquises à travers l'administration des ouvrages des oueds au Japon.

En théorie, les mesures structurelles applicables dans la zone de l'Etude peuvent être divisées en : (1) exploitation des réservoirs / barrage, et (2) travaux d'amélioration de l'oued. Il convient de noter que la priorité accordée à ces mesures structurelles a été convenue mutuellement avec la partie Tunisienne en vue d'une utilisation optimale des structures existantes.

Afin d'identifier les zones prioritaires pour l'amélioration du bassin de l'oued Mejerda, les critères de base suivants ont été considérés :

- (1) Les zones ayant subi de sérieuses inondations suites aux importantes crues de 1973, 2000, 2003, 2004 et 2005 (confirmées par l'étude des dégâts des crues et des inondations, la réunion des parties prenantes ainsi que les missions de terrain effectuées par le personnel technique de la DGBGTH).
- (2) Les centres urbains ayant une importante densité démographique dans les zones d'inondation.
- (3) Les terres agricoles et les cultures avec ou sans système d'irrigation.

### D3.2 Méthodologie

Concernant la première des priorités des mesures structurelles du bassin de l'oued Mejerda, une étude d'optimisation des règles d'exploitation des réservoirs, selon les projections pour 2030 des capacités de stockage des principaux réservoirs, a été réalisée. Connaissant le résultat du calcul selon les conditions données (débit de pointe de crue et volumes), une planification préliminaire des travaux d'amélioration de l'oued a été élaborée en vue de déterminer le niveau de protection contre les inondations.

A cette fin, les règles d'amélioration des oueds suivantes ont été appliquées pour se décider sur la nature des travaux à entreprendre (portion de la oued à améliorer, largeur du fond du lit de l'oued, hauteur des digues, etc) en fonction des débits de pointe de l'exploitation optimisée des réservoirs:

- (1) Les pratiques / théories empiriques de planification des travaux d'amélioration des lits des oueds sont à appliquer pour supposer le profil longitudinal et la section transversale pouvant faire face aux débits de pointe de crue probables (par exemple, se rapprocher du gradient actuel du lit de l'oued, minimiser les fouilles des rives pour l'établissement des fonds de fouille, etc.)
- (2) Considérant les facteurs actuels propices aux inondations par rapport à la capacité d'écoulement des lits de l'oued, le débordement des rives est permis pour réduire

autant que possible les niveaux d'eau (permettre le débordement de l'oued en tenant compte des conditions de l'occupation des sols).

- (3) Comme suite au point (2) et à cause de l'élargissement / approfondissement du lit de l'oued au niveau des cours d'eau situés en amont, une attention particulière doit être accordée à la maîtrise du risque d'inondation dans les zones situées à l'aval.
- (4) La capacité actuelle d'écoulement du lit de l'oued devrait être utilisée à son niveau maximum, en considérant sa configuration géométrique, pour réduire le volume due à l'excavation du lit et du remblai de la digue.
- (5) Quant à la planification du nouveau canal de dérivation en vue d'augmenter sa capacité d'écoulement, l'élargissement du lit de l'oued actuel est à considérer autant que possible comme première priorité (pour accommoder l'excès du débit généré par le nouveau canal de dérivation à la capacité d'écoulement de l'oued).
- (6) Les dimensions minimales du canal de dérivation doivent être considérées du point de vue de l'exploitation et de l'entretien ainsi que de la proportion appropriée des débits de pointe entre le lit actuel et le nouveau canal de dérivation.

Bien que le raccourcissement de la partie des méandres est une technique courante d'amélioration permettant la stabilisation du lit de l'oued et / ou la réduction du niveau d'eau des cours situés à l'aval, cette technique n'a pas été appliquée dans la présente étude. Afin d'éviter dans l'avenir des travaux inattendus de protection des pentes et de renforcement des digues contre l'érosion, il a été jugé non avantageux en général. En outre, il est prévu que des coûts additionnels d'acquisition de terrains pour le raccourcissement du lit de l'oued feront que les travaux d'amélioration proposés ne seront plus viables. Toutefois, sur la base d'un examen poussé de l'analyse hydraulique, les limites du DPH et l'impact social des travaux d'amélioration proposés, le raccourcissement du lit actuel reste encore envisageable par la prochaine étape de l'étude.

### D3.3 Zones prioritaires pour l'amélioration de l'oued

Conformément au concept de base précédent, huit zones prioritaires ont été sélectionnées sur la base de l'examen des inondations passées et des enquêtes de terrain :

#### Zones prioritaires pour les travaux d'amélioration de l'oued

Zone	Zones prioritaires sélectionnées
U1	Ghardimaou, Jendouba
U2	Bou Salem, Sidi Ismail, amont barrage Sidi Salem
M	Biefs inférieurs de l'oued Mellegue à coté de la confluence
D1	Slouguia, Mezez El Bab
D2	Tebrouba- El Battane, Jedeida, El Mabtouh- déversoir mobile Tobias, Déversoir movable Tobias – lit de l'oued El Hmadha (canal évacuateur)

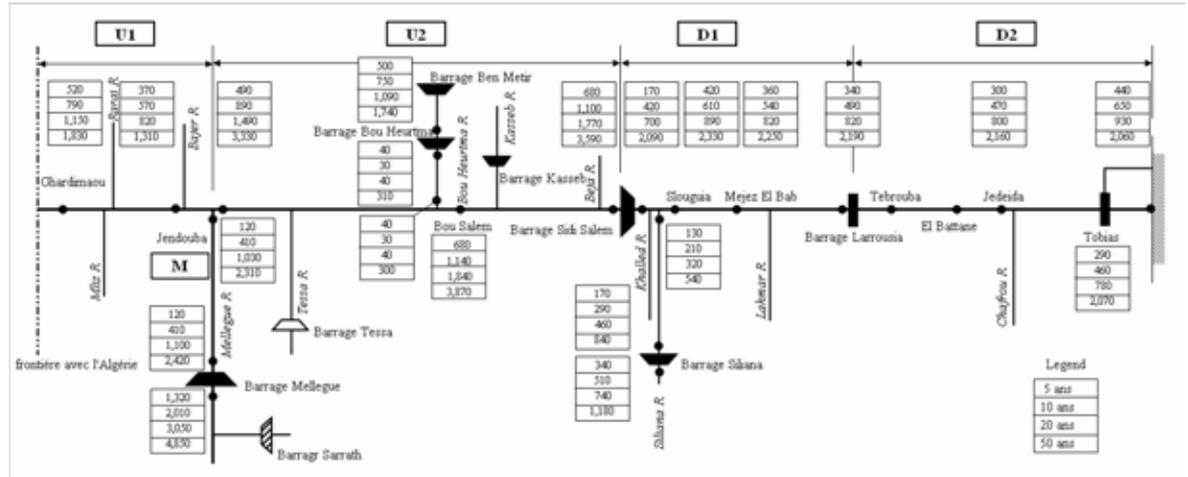
Note : L'aire de la "Zone" est décrite dans la section D4.1.

Source : Equipe chargée de l'étude

### D3.4 Configuration des travaux d'amélioration de la oued

#### D3.4.1 Répartition des débits de crue probables

Sur la base de l'étude de l'exploitation intégrée des réservoirs (règles de fonctionnement optimal) et de l'analyse hydraulique / inondation par MIKE FLOOD, les débits probables à chaque élément des biefs de l'oued du bassin de l'oued Mejerda ont été calculés. La répartition des débits probables, qui ont été utilisés pour l'étude sur le niveau de protection contre les inondations est présentée ci-dessous :



Source : Equipe de l'étude

#### Répartition des débits de crue probables

#### D3.4.2 Configuration des travaux d'amélioration de l'oued

Afin de déterminer les principales dimensions des ouvrages d'amélioration de l'oued pour une estimation préalable des coûts dans l'étude du niveau de protection contre les inondations, le concept de base suivant a été appliqué pour répondre à l'ampleur des débits probables :

##### (1) Profil longitudinal du lit de l'oued

L'élargissement de lit de l'oued par excavation a été considéré en premier lieu pour contenir le débit comme décrit dans la section D3.2. Quant à l'établissement de l'altitude du lit de l'oued, l'inclinaison longitudinale du lit de l'oued le plus bas a été prise en tenant compte du profil actuel du lit. En particulier, les ouvrages coupant l'oued, tels que, le barrage Sidi Salem, le déversoir El Herri, le déversoir Larrousia et le deversoir mobile Tobias, ont été dûment considérés comme points verticaux fixes de contrôle

##### (2) Largeur du lit de l'oued (Géométrie du canal)

Le degré d'élargissement du lit du chenal a été décidé à la lumière de la largeur actuelle du chenal au niveau des sites des ponts et de la largeur dominante dans les zones urbaines pour ainsi réduire au maximum l'impact sur les propriétés. Les fonds d'excavation du lit (avec une pente d'inclinaison de 1:2.0 des deux côtés) étaient adaptées aux sections transversales sur la base de l'inclinaison longitudinale.

(3) Traitement des affluents

En principe, la digue de retour d'une hauteur égale à l'élévation du cours d'eau principal de la Mejerda a été considérée pour la protection des zones situées le long des affluents.

(4) Configuration et hauteur du remblaiement des digues

Au cas où la capacité additionnelle de débit par l'excavation du chenal n'est pas suffisante, le remblaiement des digues a été considéré au niveau de cette portion de l'oued. La configuration du remblai a été décidé sur la base de l'accotement de la rive de l'oued avec la ligne d'excavation proposée. La hauteur du remblaiement de la digue a été déterminée suite à l'estimation des niveaux d'eau et le franc bord nécessaire. Le détail de ces critères est présenté dans le Rapport complémentaire E.

(5) La configuration des canaux de dérivation

Afin d'user de l'ampleur des débits probables jusqu'à 50 ans, quatre sites de canaux de dérivation ont été sélectionnés pour l'estimation du coût des travaux d'amélioration de l'oued dans le cadre de l'étude du niveau optimum de protection contre les inondations. Certaines informations techniques relatives a ces sites sont décrites ci-dessous:

1) Canal de dérivation de Jendouba

Conformément au CRDA de Jendouba ainsi à la vérification de documents appropriés, la zone urbaine de Jendouba n'a pas été inondée de janvier à février 2003, alors que d'immense zone situées à l'aval le long de l'oued Mejerda ont été inondées. D'autre part, le résultat de l'analyse des inondations dans la zone U1 (entre Ghardimaou et la confluence avec l'oued Mellegue), le débordement peut être confirmé sous une crue de probabilité de 10 ans jusqu'à environ 10 km en amont de la ville de Jendouba (partie des méandres).

Pour faire face au débit de crue, un canal de dérivation est envisagé au niveau de la rive gauche par une déviation à 4,9 km (No.MU211) à partir pont de la route de Jendouba et une connexion avec l'oued Bajar à 1,7 km avant la confluence avec la Mejerda. La longueur totale du canal de dérivation sera de 4,7 km qui passera par les terres de cultures céréalières.

Cependant, comme il a été vérifié du point de vue économique que l'élargissement du chenal serait plutôt avantageuse que la construction d'un canal de dérivation, l'option de canal de dérivation à Jendouba a été finalement abandonnée.

2) Canal de dérivation de Bou Salem

La ville de Bou Salem est l'une des villes les plus endommagées par les inondations de janvier-février 2003. Selon le "Rapport des dommages causés par les inondations, Mars 2007" la plupart de la zone urbaine a été submergée par les eaux durant environ trois semaines. Le modèle hydraulique de l'analyse de l'inondation a été substantiellement étalonné grâce à l'examen du mécanisme d'inondation par la présente étude. Ce secteur est très sensible aux inondations et ce en raison de sa localisation géographique dans le bassin, le situant à l'aval de la confluence des

oueds Mellegue et Bou Heurtma.

Afin d'atténuer le risque d'inondation, un canal de dérivation de grande échelle est exigé. La route/tracé en question commence à 5,5 km en amont de la confluence avec l'oued Bou Heurtma (No.MU124) et se déverse à la Mejerda à 6.9 km en aval du pont de la route de Bou Salem du côté de la rive droite. La dérivation d'une longueur totale de 8,0 km traversera un périmètre irriguée, propriété de l'Etat. Du côté droit en aval de l'exutoire avec la Mejerda, l'oued Kasseb se joint à la MU75 à la partie de formation des ménadres. Il est prévu d'utiliser les ménadres pour retarder les inondations avant de se propager vers la zone située à l'aval.

### 3) Canal de dérivation de Medjez El Bab

De même que la ville de Bou Salem, la ville de Medjez El Bab est également l'une des villes du bassin les plus touchées par les inondations. Conformément à l'accord conclu avec la partie tunisienne, le vieux Pont Andalous (construit au début du 17ème siècle) traversant la Mejerda devrait être maintenu tel quel. Cela signifie qu'une autre voie d'eau est absolument nécessaire pour protéger la ville et le pont contre les inondations. En particulier, le niveau du sol du centre de la ville est assez bas ce qui rend difficile une protection contre les inondations efficace dans cette zone.

Les eaux des crues dans les biefs de l'oued proches de Medjez El Bab déborderont par une inondation de période de retour de 10 ans. Le projet de rocade est situé à la rive gauche pour contourner de 3,4 km en amont du vieux pont pour se connecter à 1,9 km en aval du même pont avec une longueur totale de 4,7 km. À l'heure actuelle, l'occupation des sols le long de la route est principalement dédiée l'agriculture. Comme la rocade va traverser la route existante à quatre endroits, un nombre équivalent de nouveaux ponts sera construit.

### 4) Canal de dérivation d'El Battane

L'un des résultats remarquables de l'analyse des inondations réalisée dans le cadre de la présente étude pourrait être la vérification de l'emplacement des débordement générés par les débits des inondations excessives le long du cours du lit principal de la Mejerda dans le cadre de l'exploitation optimisée des réservoirs (conditions anticipée de l'année 2030 avec des périodes intermittentes). La zone située entre le barrage Laroussia et la région Tebourba - El Battane s'est avérée être en sécurité jusqu'à une inondation de période de retour de 10 ans. Toutefois, les résultats de la simulation montrent que le niveau d'eau d'une inondation de période de retour de 20 ans dépassera la hauteur de la rive gauche et l'eau des crues atteindra Jedeida. La même ampleur des débits des crues entraînera des débordements entre Jedeida - El Henna - El Chaouat et les inondations couvriront toute la plaine d'El Mabtouh jusqu'à la zone Utique - Kalaat Andalous.

La canal de dérivation d'El Battane avec ses 1,7 km de longueur a été une fois observé pour détourner une inondation de période de retour de 20 ans probabilité à

2,6 km en amont du barrage El Battane, qui a été construit en même temps que le vieux Pont Andaloux de Medjez El Bab, et de rejoindre la Mejerda à 2,3 km en aval du même barrage. Les terres affectées le long du canal sont principalement de culture des céréales et de fruits tels que les poires, les pommes, des agrumes, etc.

Toutefois, depuis que le débit nominal dans la zone U2 a été fixé à 10 ans de période de retour, le canal de dérivation à El Battane est devenue non nécessaire. Selon les résultats, deux canaux de dérivation à Bou Salem et Mejez El Bab ont été appliqués.

(6) La configuration du bassin de retardement

1) Le bassin de retardement d'El Mabtough

La région d'El Mabtough est située sur la rive gauche de la Mejerda entre Jedeida et le déversoir mobile Tobias, qui dépendent du gouvernorat de Bizerte au nord et du gouvernorat de la Manouba au sud. Cette plaine d'une superficie totale d'environ 20.000 ha a été développée principalement à des fins agricoles pour subvenir à la demande de la métropole de Tunis. D'autre part, la région a souffert de fréquentes inondations. En fait, les inondations ont gravement affectés cette région durant trois années consécutives de 2003 à 2005.

Compte tenu de sa topographie basse et onduleuse (NGT de 7 à 15 m), la zone a été utilisée comme bassin naturel de retardement permettant la stagnation d'eau des inondations durant la phase des hauts niveaux des eaux dans l'oued Mejerda. Afin d'améliorer la situation, une étude technique a été réalisée et les résultats ont été compilés dans un rapport intitulé "Dynamique de la Crue de 2002 - 2003 dans la plaine El Mabtough, par Teib Moncef<sup>2</sup>, août 2007". L'étude recommande en conclusion cinq grandes issues, comme l'accroissement de la section de la route GP8 entre le pont de Bizerte et de Zhana, l'amélioration des passages d'écoulement le long GP8 pour éviter la stagnation de l'eau, et l'élargissement de l'actuel lit du canal de drainage d'El Mabtough pour doubler sa capacité d'écoulement, etc.

À cet égard, l'équipe chargée de l'étude a mené en Janvier 2008 des missions de reconnaissance de terrain pour confirmer les conditions actuelles de réseau de drainage et les infrastructures y relatives dans la plaine. Les résultats sont présentés dans les **figures D3.4.1 à D3.4.4**, qui contiennent un plan indiquant le système de drainage actuel avec des photos du site et des cartes de localisation des pertuis le long du canal El Mabtough.

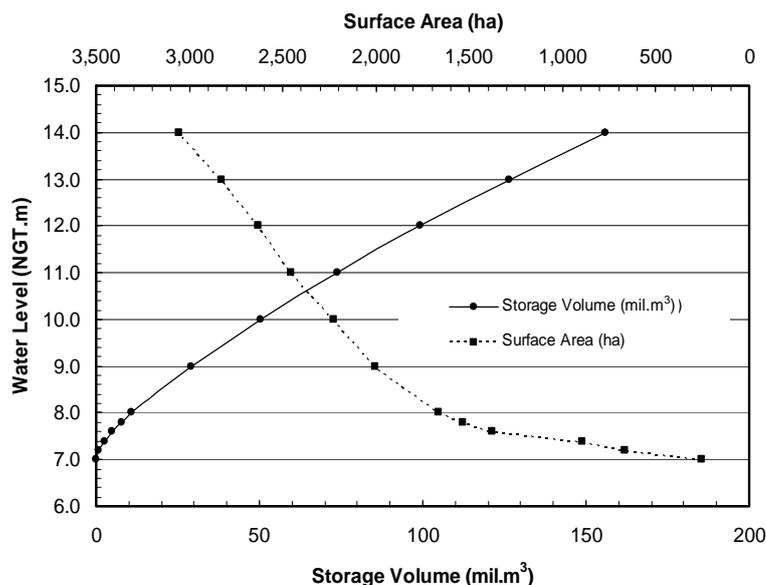
Grâce à l'intégration de ces informations, tel que spécifié ci-dessus, un plan de développement du bassin de retardement d'El Mabtough a été étudié. Le concept de base du retardement du débit de crue a été établi comme suit:

---

<sup>2</sup> Ingénieur en Chef au CRDA Bizerte. Le groupe JICA chargée de l'étude a procédé à une visite de terrain et a eu des discussions avec lui sur les contre-mesures pratiques pour faire face aux problèmes d'inondation dans la plaine d'EL Mabtough en septembre et décembre 2007.

- Pour permettre le débordement de la rive gauche de l'oued Mejerda à Henchir El Henna située à environ 7,5 km de la confluence de l'oued Chafrou (section transversale No.MD356)
- Pour diriger l'eau des crues vers les terres les plus basses (actuellement abandonnées mais utilisées en partie comme pâturages. La culture n'y est pas adaptée en raison des caractéristiques de salinité et d'humidité du sol) pour un stockage provisoire.
- Pour délimiter clairement les zones à des fins de développement par pelimeter diking et le système de canal de drainage (réseaux de drainage existants devraient être effectivement connectés et réaménagés)
- Pour remettre en état les installations détériorées (portes de contrôle et de canaux, etc) qui ont été lourdement endommagées par les inondations passées.
- Pour retourner, en toute sécurité, le drainage vers l'oued Mejerda par le biais du canal de drainage El Mabtouh en fonction de sa capacité d'écoulement à l'aval (par exemple, déversoir mobile Tobias), ainsi que l'effet du remous en amont

Sur la base de l'enquête topographiques menée de Janvier à Mars 2008, la courbe surface – volume de stockage du bassin de retardement a été élaborée comme suit:



Niveau d'eau (NGT m)	Surface (m <sup>2</sup> )	Surface (ha)	Surface moyenne (ha)	capacité (mil.m <sup>3</sup> )	. Volume cumulé (million m <sup>3</sup> )
7,0	2 546 131	255	0	0,00	0,00
7,2	6 666 711	667	461	0,92	0,92
7,4	8 937 236	894	780	1,56	2,48
7,6	13 755 205	1 376	1 135	2,27	4,75
7,8	15 313 480	1 531	1 453	2,91	7,66
8,0	16 640 484	1 664	1 598	3,20	10,85
9,0	20 065 933	2 007	1 835	18,35	29,21
10,0	22 298 045	2 230	2 118	21,18	50,39
11,0	24 530 491	2 453	2 344	23,41	73,80
12,0	26 316 934	2 632	2 542	25,42	99,23
13,0	28 264 801	2 826	2 729	27,29	126,52
14,0	30 541 927	3 054	2 940	29,40	155,92

Source: Equipe de l'étude

### Courbe surface – volume de stockage du bassin de retardement El Mabtouh

Sur la base du concept de développement, les principales caractéristiques hydrauliques du bassin de retardement proposé sont résumées ci –après:

**Principales caractéristiques du bassin de retardement d'El Mabtough**

(1) Canal d'entrée			
Construction du canal de terre			
Amélioration du canal existant		9 130	m
Nouvelle construction		2 770	m
(2) Canal de restitution			
Dragage du canal existant		7 780	m
(3) Réservoir			
Digue de contournement		10,100	m
Capacité de stockage nominale		50 000 000	m <sup>3</sup>
(4) Structure de restitution			
Pertuis, vanne à glissière	Débit de proje	Q=50	m <sup>3</sup> /s max
	Taille	3,00x3,00x3	nos.
(5) Structure d'entrée			
Digue de débordement avec batardeaux	Débit de proje	Q=200	m <sup>3</sup> /s
	Longueur de la crête de la digue de débordement	80	m

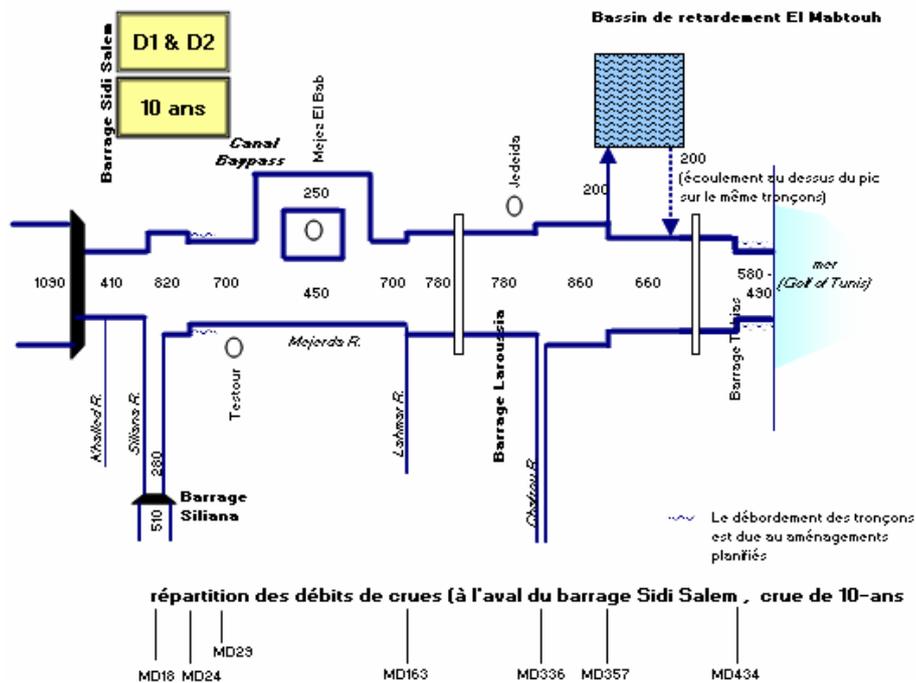
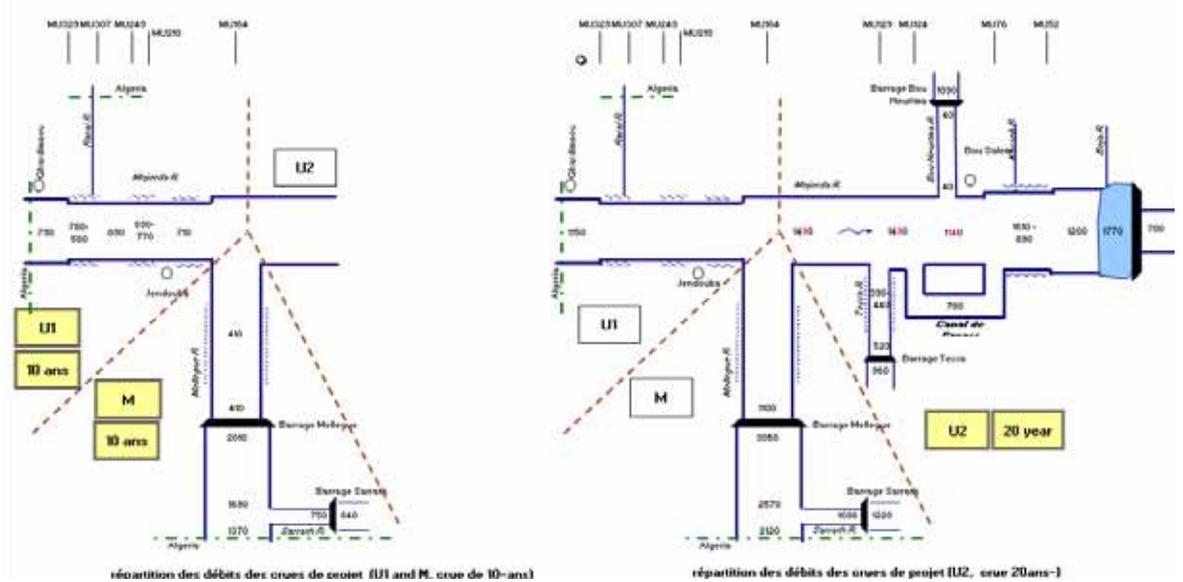
Source: Equipe de l'Etude

**D3.5 Distribution des débits des crues de projet**

À la suite de l'étude du niveau de protection contre les inondations dans le chapitre D4, la probabilité de la crue de projet a été fixée pour chaque zone comme suit:

- Zone U2: 20 ans de période de retour
- Zone U1, M, D1 et D2: 10 ans de période de retour

Sur la base du niveau de protection contre les inondations, d'autres analyses hydrauliques ont été effectuées en vue d'étudier les niveaux d'eaux des crues de projet. En vue de préparer la phase de conception préliminaire des travaux d'amélioration de l'oued, la répartition des débits des crues de projet dans l'ensemble de la zone de l'étude a été établie comme indiquée ci-dessous:



Source: Equipe de l'étude

### Répartition des débits des crues de projet

#### D3.6 Projet de plan d'amélioration des écoulements de l'oued Mejerda

Sur la base des résultats des analyse hydraulique / inondation ainsi que les observations de la partie tunisienne sur le rapport provisoire et du rapport d'avancement (2), certains réalisations été menées dans le cadre de l'achèvement du plan d'amélioration de oued.

Les **figures D3.6.1 et D3.6.2** illustrent respectivement les profils logitudinaux en amont et à l'aval du barrage Sidi Salem. Les **figures D3.6.3 et D3.6.4** présentent les plans généraux d'amélioration de l'oued en amont et à l'aval du barrage Sidi Salem. En outre, les dimensions des ouvrages proposés pour l'amélioration de l'oued sont présentées dans le **tableau D3.6.1**.

## **CHAPITRE D4 ETUDE DU NIVEAU DE PROTECTION CONTRE LES INONDATIONS**

### **D4.1 Méthodologie**

#### **D4.1.1 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 cette étude. Dans cette perspective, les avantages en termes de coûts ainsi que les travaux d'amélioration de l'oued comme le déblai du lit de l'oued, élargir les 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 cout préliminaire, l'avantage de la relation a été calculé. Ce chapitre présente la méthodologie détaillée et les résultats de l'étude de l'analyse ainsi que l'information préliminaire nécessaire.

#### **D4.1.2 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:

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

#### **D4.1.3 La Règle Fondamentale pour L'amélioration de l'oued**

La règle fondamentale suivante pour les travaux d'amélioration de l'oued a été appliquée :

- (1) L'amélioration de l'oued 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 l'oued. 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'oued
- (2) L'amélioration de l'oued utilisée ne doit pas présenter de risques d'inondations artificielles pour les zones an aval.

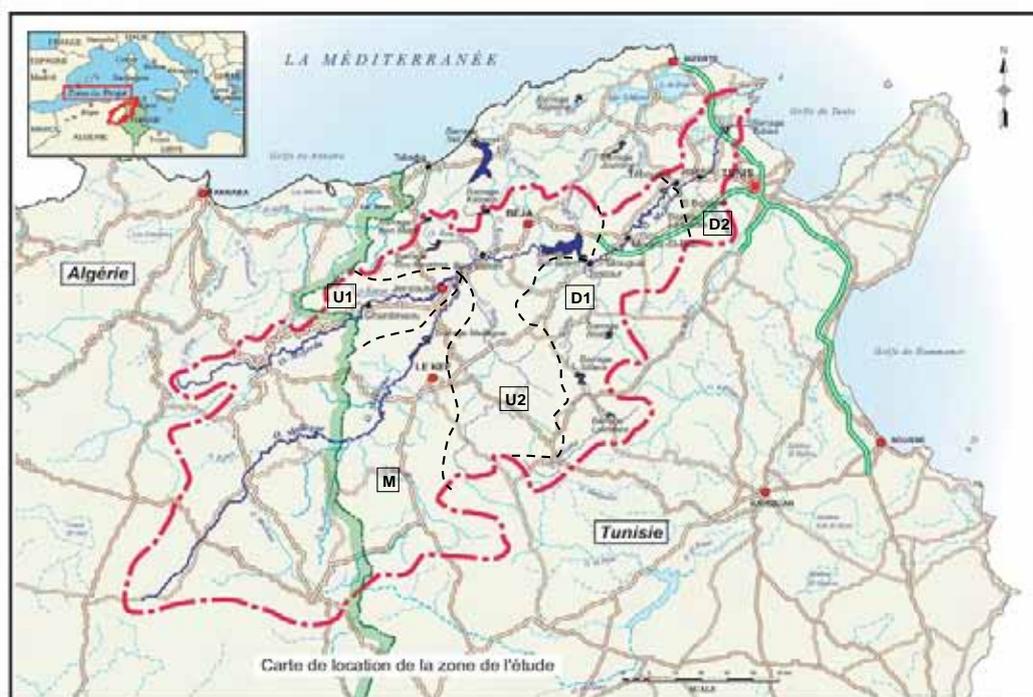
#### **D4.1.4 Zonage (Division) du Bassin de la Mejerda**

La zone d'étude (Le bassin de la Mejerda sur le territoire tunisien) couvre 15830 km<sup>2</sup>, 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 Sid Salem a un volume important de contrôle des inondations, le contrôle des inondations au niveau du barrage divise la continuité du phénomène des crues au 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.

Plus haut, le sous bassin en amont 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 :



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

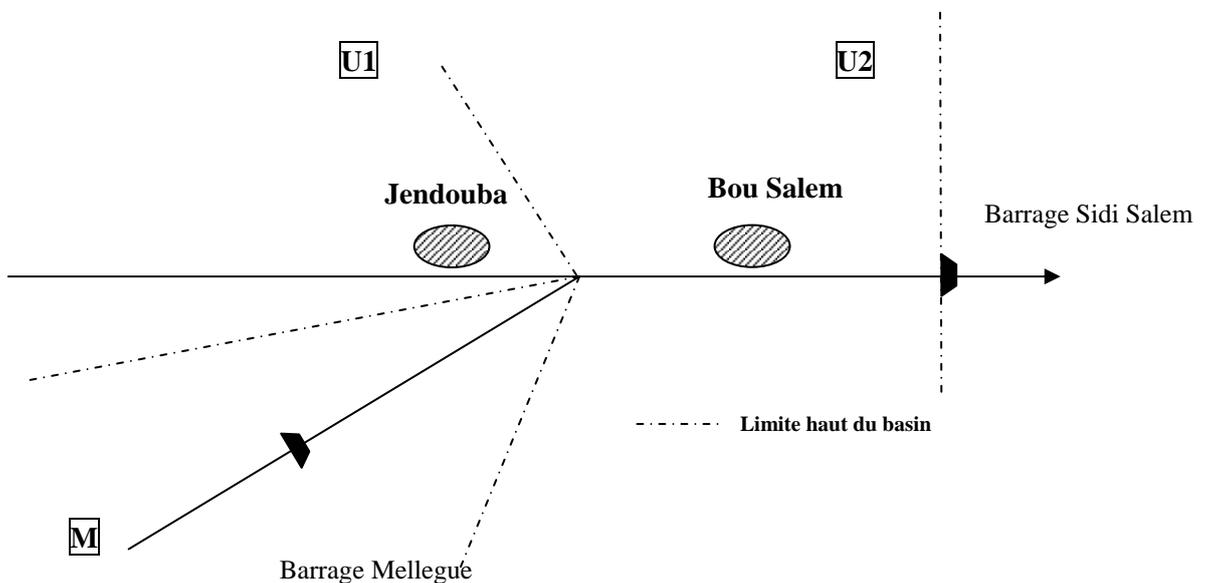
**Information essentielles concernant les zones**

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 du Mejerda	65.0	MD253-MD447

Source : Equipe d'Etude

**D4.2 Niveau optimal de protection contre les inondations**

**D4.2.1 Sous bassin en amont du barrage de Sidi Salem**



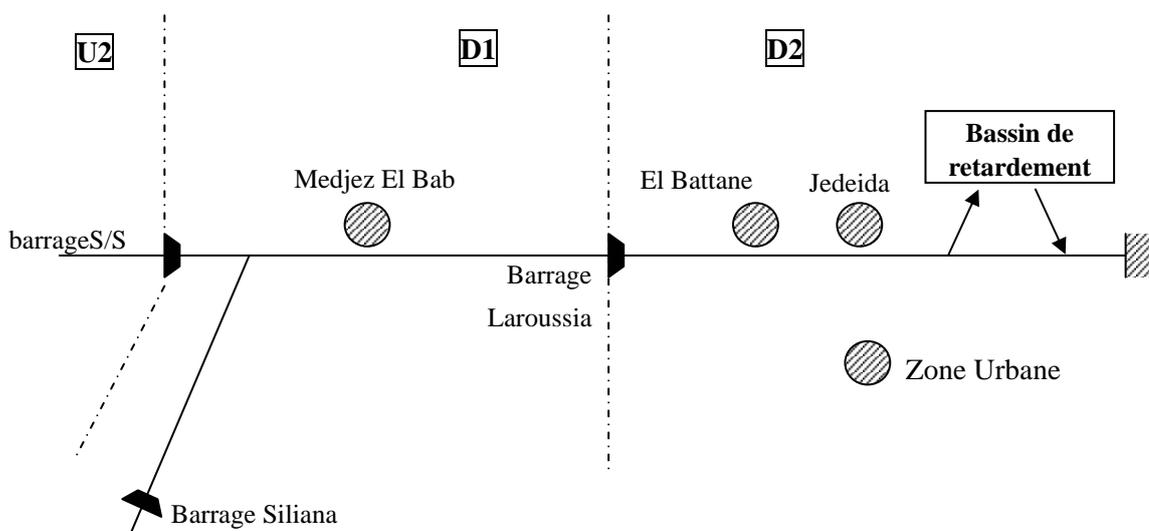
Source: Equipe d'Etude

**Représentation du bassin de l'oued Mejerda en amont**

- (1) Niveau optimal de protection contre les inondations pour U1 et M
  - (a) 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).

- (b) Les pluies aréolaires couvrant chaque zone seront utilisées pour la zone.
- (2) Niveau optimal de protection contre les inondations pour U2
  - (a) Dans le cas où 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.
  - (b) Les pluies aréolaires couvrant U2 et ses zones en amont seront utilisées à fin d'assurer la simultanéité dans les événements pluviométriques.
- (3) 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.
- (4) 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 révisé comme le niveau optimal de protection pour U1, M et U2 à condition que les travaux d'amélioration de l'oued dans U1 et M ne présentent pas de risques d'inondations artificielles importantes dans U2. D4.2.2 en aval du sous bassin du barrage de Sidi Salem

#### D4.2.2 Sous bassin en aval du barrage de Sidi Salem



Source: L'Equipe d'Etude

#### Représentation du bassin de l'oued Mejerda en aval

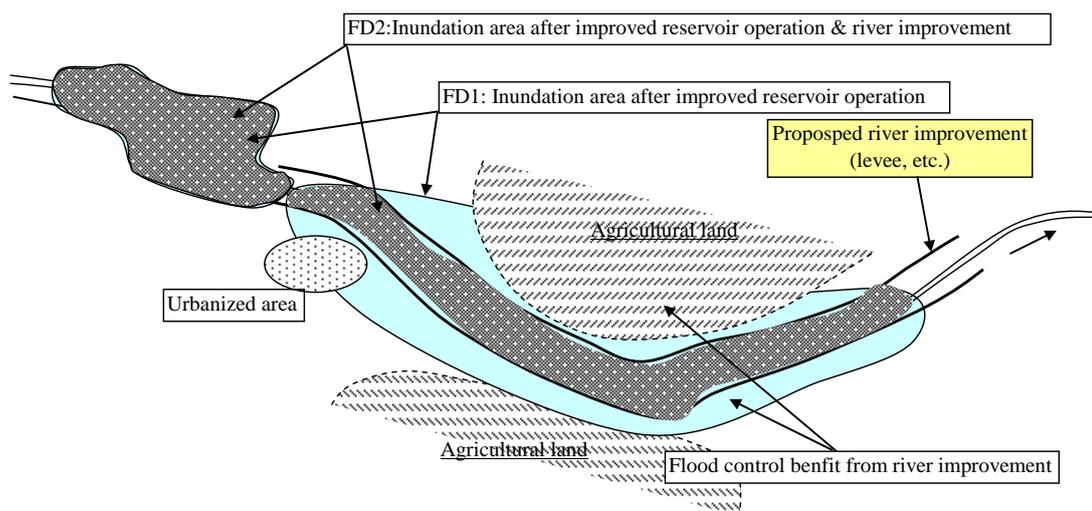
- (1) Le Niveau Optimal de Protection contre les inondations pour D1
  - (a) Pour D1, le niveau de protection ayant le taux B/C le plus élevé sera étudié comme le niveau optimal de protection contre les inondations.
  - (b) Les pluies aréolaires couvrant D1 et les zones en amont seront utilisées à fin d'assurer la simultanéité dans les événements pluviométriques.
  - (c) Les crues, après avoir été sous le contrôle du barrage de Sidi Salem, vont couler dans la partie supérieure de l'oued Mejerda dans D1.

- (2) Le Niveau Optimal de Protection contre les inondations pour D2
  - (a) 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 sont 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.
  - (b) Les pluies aréolaires couvrant D2 et les zones en amont seront utilisées à fin d'assurer la simultanéité dans les événements pluviométriques.
- (3) 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.
- (4) Dans la révision ci-dessus, le niveau de protection de D1 et D2 avec le taux  $\Sigma B/\Sigma C$  le plus élevé sera étudié comme le niveau optimal de protection pour D1 et D2 à condition que les travaux d'amélioration de l'oued dans D1 ne présentent pas de risques d'inondations artificielles dans D2

### D4.3 Les avantages de l'amélioration de l'oued dans le contrôle des inondations

#### D4.3.1 Le concept de base de protection contre les inondations par l'amélioration de l'oued

- (1) 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
- (2) 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 et l'amélioration de l'oued.
- (3) Avantage dans le contrôle des inondations après l'amélioration de l'oued = FD1 - FD2 ( Voir Figure ci-dessous )



Source: L'Equipe d'Etude

#### Avantage dans le contrôle des inondations après l'amélioration de l'oued

#### D4.3.2 La composition des estimations des dégâts dans les zones inondées

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

(1) Les dégâts directs des inondations

- Les Produits agricoles
- Les Biens immobiliers et mobiliers
- Les Assises dépréciables et les stocks inventaires du secteur industriel
- L'Infrastructure

(2) 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, le volume des dégâts indirects causés par les inondations est estimé à 30% du volume total des dégâts directs.

#### D4.3.3 Etudes des dégâts causés par les inondations importantes dans le passé

(1) Le Manuel de référence et d'information de base

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 :

- 1) 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")
- 2) Le Recensement National en Tunisie, 2004
- 3) les Données sur les dégâts causés par les inondations et autres documents obtenus des CRDAs
- 4) 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 et l'information ainsi que les informations qui lui sont liés comprennent l'universalité dans la planification des projets de contrôle des inondations. Parmi les données collectées par la DGBGTH/CRDAS, celles fournies par la CRDA de Manouba sont les plus complètes et donnent plus d'informations et des détails sur les dégâts matériels qui ont touché la production agricole et l'infrastructure causés par les différentes inondations.

(2) Les dégâts causés par les inondations Dans le bassin de la Mejerda Dans le passé

Le gouvernorat de Manouba, et particulièrement El-Battane-Jedeida, ont été touchés par des inondations destructives de 2003 à 2005. Un total de 35 documents ont été fournis et analysés notamment les données sur les dégâts qui figurent sur le **Tableau D4.3.1**. Il ya également d'autres informations disponibles et qui concernent les Gouvernorats de l'Ariana, Beja et Jendouba Dans les documents collectés par "L'Etude des Inondations et

des Dégâts” de Mars 2007. Ces données ont été étudiées en termes de surfaces endommagées/situation ainsi que les valeurs monétaires des productions agricoles endommagées dans le cadre de l'évaluation économique qui se trouve dans le Rapport de Soutien I. Le **Tableau D4.3.2** montre les résultats des données non traitées qui ont été obtenues des documents disponibles.

#### **D4.4 Estimation préliminaire du coût des améliorations de l'oued**

##### **D4.4.1 La distribution probable des décharges**

Un diagramme de la distribution des décharges pics des crues a été préparé en se basant sur les résultats de simulation de l'étude de l'exploitation du réservoir comme l'illustre et le montre la **Section D3.4.1**. En considération de la configuration des travaux d'amélioration de l'oued dans l'avant projet, la distribution des décharges pics de niveaux différents en utilisant l'amélioration du canal est présentée par la **Section D3.4.1**. La dimension du canal (la largeur du fond) à améliorer selon les décharges probables figure sur le **Tableau D4.4.1**.

##### **D4.4.2 La configuration de l'amélioration de l'oued avec les structures qui lui sont liées**

Dans chaque zone, les travaux d'amélioration de l'oued correspondants aux inondations probables (les inondations de 5, 10, 20 et 50 ans) ont été identifiés et les coûts ont été estimés. Après avoir sélectionné les mesures structurales possibles, la conception des structures, les travaux du sol y compris creuser le canal, la digue et la levée ainsi que les autres travaux différents comme le revêtement et le canal ont été préparés. Le coût de la construction contre les courbes des dimensions des constructions (dimensions principales des structures liées et travaux du sol), un total de 50 catégories de travaux de construction ont été préparés.

Particulièrement, quatre by-pass, un bassin de retardement avec les travaux du sol comme le creusement d'un canal bas et une levée ont été considérés comme les mesures structurales comme on le voit ci-dessous :

Canal by-pass	(Jendouba), Bou Salem, Mejez El Bab, El Battane
Bassin de retardement	(Jendouba), El Mabtouh

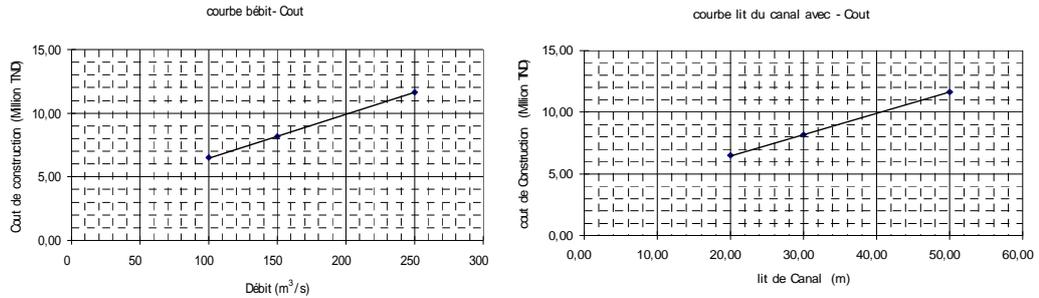
Le canal by-pass de Jendouba a été annulé parce qu'on a trouvé qu'élargir le canal de l'oued et la construction de la levée étaient moins coûteux que la construction du nouveau canal by-pass. L'idée d'opter pour Jendouba comme le site du bassin de retardement a été également rejetée à cause des conditions topographiques défavorables pour le contrôle des décharges sortantes.

##### **D4.4.3 Prix Unitaire et cout estimatif**

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. La facture des quantités des travaux du sol et les structures ont été estimés en se basant initialement sur le schéma du profil de l'oued, les coupes et les plans, etc.

#### D4.4.4 Résumé des coûts estimatifs

Selon le volume des 50 catégories de travaux, les courbes des prix ont été préparées pour l'estimation des Coûts selon l'importance des inondations probables et les volumes. A partir des courbes des Prix, le coût de construction direct a été estimé comme on le voit sur la **Tableau D4.4.1**. Le Canal by-pass de Jendouba, est montré ci-dessous comme exemple



**Bassin de retardement d'El Mabtouh**

**La levée (MD281-MD251)**

#### D4.5 L'Avantages du contrôle des inondations

##### D4.5.1 Les dégâts en termes de production agricole

Une unité des taux de dégât de DT 2,000/ha (Réf: **Tableau D4.3.2**) a été appliquée en se basant sur la vérification des dégâts réels en termes de production agricole. En plus, le coût de la conservation du sol et la réhabilitation des terres (DT 400/ha) a été ajouté.

$$\text{Les dégâts} = \sum \{ (\text{Valeur par produit agricole}) \times R \times \text{superficie inondée} \}$$

Le Taux des dégâts : R

##### Les Produits Agricoles

Elément	Profondeur (m)	Durée des inondations (Jours)			
		1 à 2	3 à 4	5 à 6	Plus que 7
Cultures des plaines (légumes, légumineuses, blé etc.)	<0.5	0.27	0.42	0.54	0.67
	0.5-0.99	0.35	0.48	0.67	0.74
	1.0<	0.51	0.67	0.81	0.91

Source : « Manuel de l'Etude Economique du Contrôle des Inondations (Projet) » MILT-Japon-avril 2005

##### D4.5.2 Les dégâts en bien immobiliers et mobiliers

###### (1) Les dégâts en biens immobiliers

$$\text{Les dégâts} = \sum \{ (\text{Valeur par maison}) \times R_d \times V_h \}$$

Ou,  $R_{dl}$  : Le Taux des dégâts

$V_h$  : Le Nombre des maisons dans la zone inondée

Note: - La Valeur unitaire par maison par  $m^2 = \text{DT } 400/m^2$  (A)

(En se basant sur les discussions avec le staff technique de la DGBGTH, à vérifier)

- La Superficie moyenne des maisons =  $150 m^2/\text{maison}$  (B)

- La Valeur par maison = (A) x (B) = DT 60,000/maison

(Si des valeurs fiables sont disponibles par Gouvernorat, ils seront appliquées.)

$$- V_h = \sum \{ (La\ Superficie\ inondée / la\ superficie\ de\ la\ délégation) \times P_d / 4.5^{*2} \}$$

$P_d$  : La Population de la délégation exposée aux inondations

\*2 : La Population moyenne par foyer dans les six Gouvernorats exposés aux inondations (Réf: **Tableau 4.5.1**)

(2) Les dégâts en termes de biens mobiliers

$$\text{Les Dégâts} = \sum \{ (\text{Valeur totale des biens mobiliers par foyer}) \times R_{d2} \times V \}$$

Ou:  $R_{d2}$  : Taux des dégâts

Note: DT 18035/foyer (Réf: **Tableau D4.5.2**)

Le taux des dégâts

**biens immobiliers et termes de biens mobiliers**

Elément	Profondeur des inondations (m)				
	<0.5	0.5-0.99	1.0-1.99	2.0-2.99	3.0<
(a) Les biens dépréciables	0.232	0.453	0.789	0.966	0.995
(b) les stocks d'inventaire	0.128	0.267	0.586	0.897	0.982

Source: Le Manuel Japonais, Avril 2005

D4.5.3 Dégâts des biens dépréciables et des stocks inventaires

(1) Dégâts des biens dépréciables (Réf: **Tableaux D4.5.3 à D4.5.6**)

$$\text{Dégâts} = \sum \{ (\text{Superficie inondée} / \text{Superficie du Gouvernorat}) \times V_d \}$$

Ou,  $V_d$  : Valeur totale des biens dépréciables par Gouvernorat

(2) Dégâts des stocks inventaires (Réf: **Tableaux D4.5.3 à D4.5.6**)

$$\text{Dégâts} = \sum \{ (\text{Superficie inondée} / \text{Superficie du Gouvernorat}) \times V_i \}$$

Ou,  $V_i$  : Valeur totale du stock inventaire par Gouvernorat

Le taux des dégâts

Elément	Profondeur des inondations (m)				
	<0.5	0.5-0.99	1.0-1.99	2.0-2.99	3.0<
Mobilier ( $R_{d1}$ )	0.092	0.119	0.266	0.380	0.834
Biens immobiliers ( $R_{d2}$ )	0.145	0.326	0.508	0.928	0.991

Source: Le Manuel Japonais, Avril 2005

D4.5.4 Les dégâts causés à l'infrastructure

DT 400/ha (Réf: **Tableau D4.5.7**)

L'infrastructure endommagée comprend les réseaux d'irrigation, les réseaux routiers dans les régions rurales, les pompes d'irrigation, les équipements de fourniture de l'eau potable, les stations de pompage etc. Le taux calculé pour le Gouvernorat de l'Ariana pendant les inondations de janvier 2003 est utilisé.

#### D4.5.5 Les dégâts indirects des inondations

Les dégâts = Total des dégâts directs x 30%

Note: 30 %, la proportion dominante appliquée à d'autres études de gestion (à vérifier en utilisant plus d'analyse économique détaillée dans les phases suivantes de l'étude)

Dans la Zone d'Etude, les dégâts indirects, tels que les dégâts secondaires et les coûts résultants des inondations, sont supposés être :

- Les coûts supplémentaires de transport encourus à cause des longs détours, des ponts existants et des routes fermées
- Les pertes en production à cause de l'interruption des activités économiques,
- Le coût de l'évacuation de la population et les activités d'aide urgents
- Le nettoyage des bâtiments/maisons après l'évènement, etc.

#### D4.5.6 Les dégâts causés par les inondations avec le projet

On assume que certaines zones resteront exposées aux inondations même après l'implémentation du/des projet(s) proposé(s). Comme mentionné dans la section 4.3, une combinaison prometteuse de mesures structurales basée sur la distribution des décharges de pointe sur le bassin du Mejerda ont été considérés pour l'estimation des coûts de construction. 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)

#### D4.5.7 Résumé de la réduction des dégâts des inondations

Les résultats de la réduction des dégâts causés par les inondations i.e. "Sans-condition /Avec-condition" sont récapitulés ci-après:

##### Résumé de la réduction des dégâts causés par les inondations

Unité: DT 1,000

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

#### D4.6 Le choix du niveau optimal de protection

##### D4.6.1 La condition de base

(1) La durée de vie économique pour évaluation

La durée de vie des mesures structurales dans le Plan Directeur à proposer est 50 ans edn prenant en considération la nature des grands travaux d'amélioration de l'oued comme le creusement du canal, la construction du canal by-pass, le bassin de retardement et les structures qui lui sont liées, etc.

(2) Le taux de réduction

Un taux de réduction de 12% pour la perte des coûts d'opportunités 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

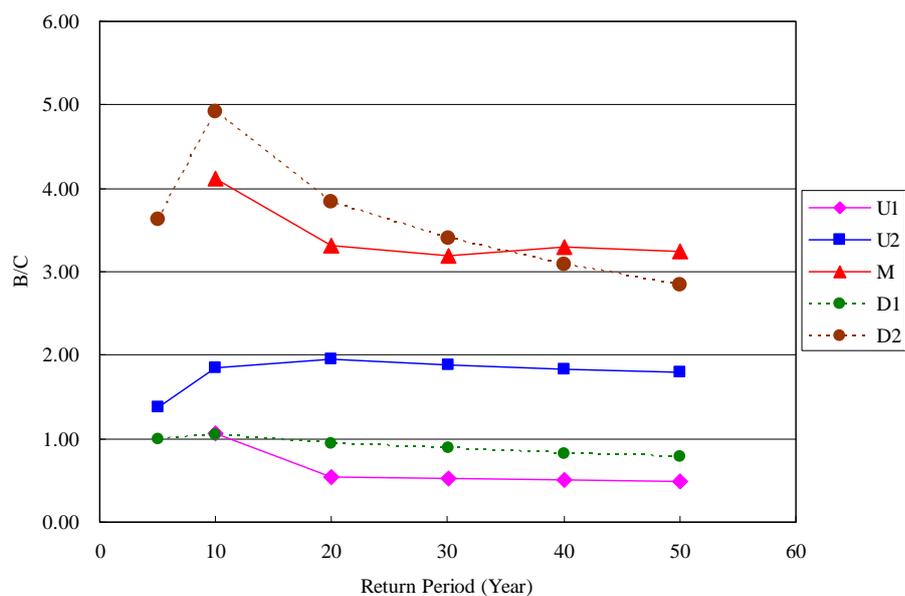
En se basant sur les hypothèses mentionnées ci-dessus, le bénéfice annuel moyen a été calculé.

D4.6.2 Le niveau de protection contre les inondations

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 **Données DD1 à la «Databook»**.

**Décharge des inondations du plan**

Zone U1, M, D1, D2 → probabilité de 10-ans  
Zone U2 → probabilité de 20-ans



Source: L'Equipe d'Etude

**Relation Coût-avantage par zone (Travaux d'amélioration de l'oued)**

## CHAPITRE D5 PLAN DES TRAVAUX D'AMELIORATION DE LA MEJERDA

### D5.1 Le volume des travaux et la période de construction

Pour l'évaluation de la période de construction des travaux d'amélioration de l'oued dans chacune des zones, le volume des travaux pour chacun des éléments essentiels est résumé ci-après

**Le volume des travaux des éléments essentiels pour les travaux d'amélioration de l'oued**

Eléments des travaux	Zone U1 (10 ans)		Zone U2 (20 ans)		Zone M (10 ans)		Zone D1 (10 ans)		Zone D2 (10 ans)	
<b>Longueur totale (km)</b>	94.4		63.9		45.0*		83.6		65.0	
<b>Déblai du canal</b>										
- Longueur (km)	48.2		42.7		12.9		81.2		63.8	
- Volume (1,000m <sup>3</sup> )	4,230		13,100 (3,510)**		640		12,080 (2,650)**		10,040	
<b>La digue</b>										
- Longueur (réelle: km)	L	R	L	R	L	R	L	R	L	R
	2.3	2.9	34.8	32.7	4.2	3.2	36.7	33.9	29.4	26.5
- Volume (1,000m <sup>3</sup> )	88		4,833 (241)***		128		848 (26)***		1,735 (1,128)**	
<b>Transport des déblais</b>										
- Volume (1,000m <sup>3</sup> )	4,160		8,670		410		11,290		8,960	

Note: \*, Distance des travaux de l'étude de la coupe de l'oued

\*\*, Volume des travaux pour la construction du canal by-pass

\*\*\*, Volume des travaux pour la construction d'une levée arrière au long des tributaires et le bassin de retardement

Source: L'Equipe d'Etude

Comme on le voit sur le tableau ci-dessus, le volume des travaux pour la Zone M est plutôt sans importance si on le compare à d'autres. D'un point de vue technique, on considère avantageux de combiner la Zone M et la Zone U1 comme une seule composante pour l'implémentation.

La partie difficile des travaux de construction du projet proposé serait la levée à cause des procédures de construction. En prenant en considération l'année 2030, l'objectif du Plan Directeur, et qui a été décidée pour le parachèvement de tous les travaux y compris le financement, l'étude de faisabilité, le plan détaillé, l'EIE, l'acquisition des terres etc.... les périodes de construction pour chacune des zones seraient :

- (a) Zone D2 : 4 ans
- (c) Zone D1 : 3.5 ans
- (d) Zone U2 : 5 ans
- (e) Zone U1 + M : 2 ans

### D5.2 Période des activités associées

A part la période de construction des travaux d'amélioration de l'oued, on estime que les périodes des autres travaux associés seraient :

- (i) Travaux préliminaires de préparation : 1 an

(ii) Etude de faisabilité	: 1.5 ans
(iii) Evaluation de l'Impact Environnemental	: 1 an
(iv) Trouver les sources de financement	: 1 an
(v) Acquisition des services de consultation	: 1 an
(vi) Plan Détaillé	: 1.5 ans
(vii) Présélection, appel d'offres et acquisition des services de construction	: 9 mois
(viii) Acquisition des terres	: 2 ~ 4 ans

### **D5.3 Plan d'exécution et plan annuel de déboursement**

On se basant sur les conditions mentionnées dans les sections précédentes, et en cas où les travaux de chacune des zones seront implémentés séparément, le plan d'exécution sera soumis ultérieurement à une analyse économique pour évaluer sa viabilité comme le montrent les **Tableaux D5.3.1 et D5.3.2**.

### **D5.4 Les autres coûts liés aux travaux d'amélioration de l'oued Mejerda**

Les coûts associés et liés aux travaux de l'amélioration de l'oued proposés sont applicables selon les conditions. Les estimations des coûts des travaux de l'amélioration de l'oued dans le Plan Directeur figurent par zone sur les **tableaux D5.3.3 à D5.3.6**.

#### **(1) Le coût direct de la construction**

Le coût direct de la construction a été calculé en se basant sur le volume réel des travaux, les coûts unitaires de construction en Tunisie ainsi que sur le marché international de construction, qui ont été analysés et énumérés dans les travaux de l'avant projet sommaire. La différence entre la monnaie locale et la monnaie internationale a été calculée en prenant en considération la majorité du coût des travaux d'amélioration de l'oued dans chacune des zones. (Réf : Rapport complémentaire E).

#### **(2) Le coût de l'acquisition des terres**

Les terres nécessaires pour les travaux de construction ont été calculées selon les structures principales. La moyenne des valeurs des terres applicables dans les gouvernorats du bassin de la Medjerda a été calculée et appliquée (Réf: Rapport complémentaire E).

#### **(3) Le coût de la gestion**

Le coût de la gestion du Project par l'organisme d'exécution est estimé à 3% du coût total de tous les éléments, (1) coût direct de la construction et (2) coût de l'acquisition des terres.

#### **(4) Le Coût des services d'ingénierie**

Le Coût des services d'ingénierie nécessaires pour l'implémentation du plan détaillé et la supervision des travaux est estimé à 10% du coût direct d'exécution.

#### **(5) Aléas Physiques**

Les contingences physiques, qui peuvent être considérés comme l'usage inattendu du

budget pour une raison quelconque, est estimé à 10% du coût total des éléments, (1) coût direct de la construction, (2) coût de l'acquisition des terres, (3) coût de la gestion par le gouvernement et (4) coût des services d'ingénierie.

(6) Aléas financiers

En ce qui concerne la monnaie locale, la valeur moyenne de l'index des prix de consommation entre 2000 et 2008 (Institut National de la Statistique, INS), la valeur de 3.2% est appliquée. D'autre part, et en ce qui concerne la monnaie internationale, la valeur de 2.1% a été appliquée comme le taux moyen de l'augmentation des prix de consommation des G-7 pendant cinq ans de 2006 à 2010. Ceci a été appliqué comme suite :

**Index des prix de consommation des pays du G-7**

Unité: %

2006	2007	2008	2009	2010	Moyenne
2.0	1.9	2.6	1.8	2.0	2.1

Source: La Banque Mondiale ("Global Outlook in Summary")

Les montants concernés par les taux sont la totalité des éléments (1) coût direct de la construction, (2) coût de l'acquisition des terres, (3) coût de la gestion par le gouvernement et (4) coût des services d'ingénierie et (5) contingences physiques

(7) Les Taxes

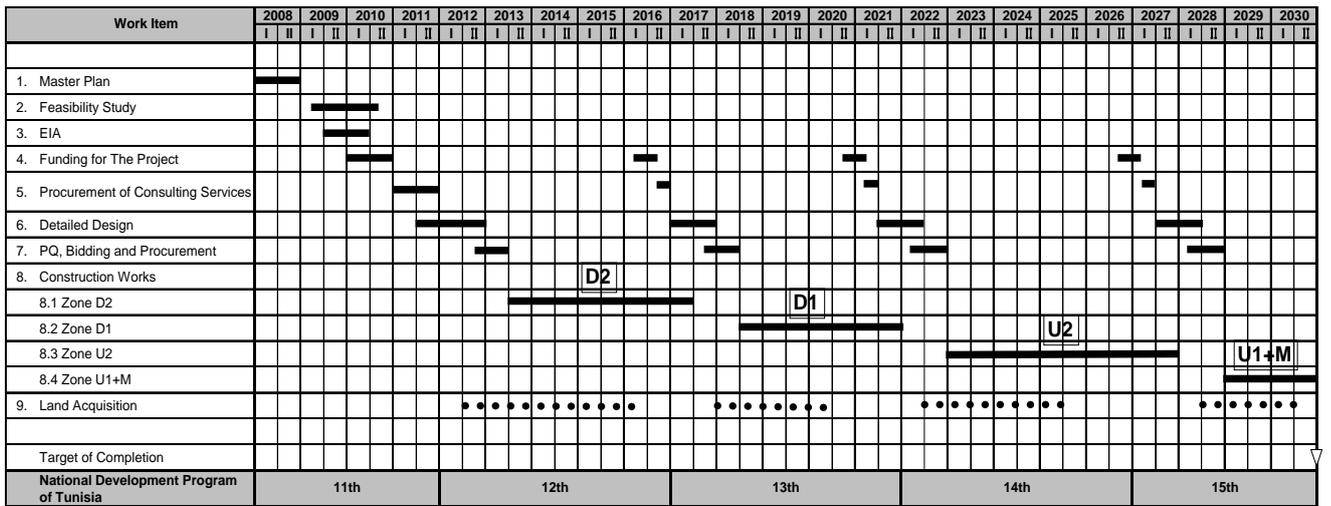
En ce qui concerne les taxes sur les commodités et les services nécessaires pour l'implémentation du projet proposé, les conditions suivantes sont proposées:

- (i) Le Coût direct de la construction : 18 %
- (ii) Le Coût de la gestion et les coûts des services d'ingénierie : 10 %

## **D5.5 Plan général des travaux d'amélioration de l'oued Mejerda**

En se basant sur les estimations de chacune des zones obtenues dans la **Section D5.4**, l'analyse économique a été entreprise et les résultats figurent dans le Rapport complémentaire I.

La mise en œuvre des travaux selon le zonage (D2, D1, U2 et U1+M) a été décidée en prenant en compte les résultats de l'analyse économique ainsi que les procédures normales des travaux d'aménagement de l'Oued. Et comme stipulé par les résultats de cette analyse, il serait préférable de commencer par la zone D2. Concernant la deuxième zone, les indicateurs économiques des zones D1 et U2 ont un niveau presque équivalent. L'ordre de la mise œuvre des travaux à partir des zones U2, D1 et ensuite U1+M a finalement été décidé en prenant en considération la priorité accordée à la zone de Bou Salem (Zone U2) en se basant sur les caractéristiques topographiques et hydrologiques ainsi que les revendications formulées par les habitants de la région. Enfin, le calendrier général de mise en œuvre suivant a été proposé, visant ainsi à l'implémentation réussie du plan directeur vers l'année 2030 :



Source: The Study Team

### Plan général de l'implémentation des travaux d'amélioration de l'oued

## **CHAPITRE D6 AFFECTATION DES COÛTS POUR LE FUTUR PROJET DE BARRAGES A USAGES MULTIPLES**

### **D6.1 Méthodologie**

#### **D6.1.1 Objectif**

Tel que discuté dans le chapitre D3, l'optimisation des modes d'exploitation des réservoirs sera la première des priorités des mesures structurelles de l'oued Mejerda. L'importance de l'effet de lutte contre les inondations des sept grands barrages (quatre existants, un en construction, et deux dont la construction est projetée) a été démontrée par l'étude de l'exploitation des réservoirs. Sur la base des résultats de cette dernière, des modifications sur les règles d'exploitation intégrée des réservoirs, relatives à la lutte contre les inondations, sont proposées dans la présente étude.

D'autre part, l'avantage de la lutte contre les inondations a été évalué, y compris l'effet du retardement par l'amélioration des modes d'exploitation des réservoirs en supposant différents niveaux de remplissage dans chaque réservoir. Théoriquement, il est requis de prendre en compte le coût de la construction des barrages dans l'analyse économique de l'ensemble des aménagements planifiés dans le bassin de la Mejerda en mettant en plus l'accent sur les objectifs de lutte contre les inondations.

Selon l'information recueillie, récemment, auprès de la DGBGTH du MARH, deux barrages sur les sept considérés sont encore au stade de planification, il s'agit des barrages Mellegue 2 et Tessa. Etant donné que ces derniers sont à usages multiples, le coût de leur fonction de lutte contre les inondations doit être impérativement distingué, de manière appropriée, du coût total de leur construction. Pour le cas du barrage Sarrath, son coût peut être traité comme coût irrécupérable, du fait que son exécution a été déjà lancée.

Il convient noter que, dans la présente étude, l'analyse des inondations considère l'effet de la lutte contre les inondations dans le cadre de l'exploitation optimisée des grands barrages, y compris ceux dont la construction est planifiée pour le futur, et réfère en conséquence au plan d'amélioration de l'oued. Par conséquent, le coût de la construction des barrages à usages multiples doit être compté en due forme dans l'analyse économique du plan directeur proposé.

Dans ce cadre, ce chapitre présente les résultats de l'étude de la distinction du coût de la construction des barrages pour l'analyse économique globale en vue d'évaluer la pertinence du plan directeur du bassin de la Mejerda.

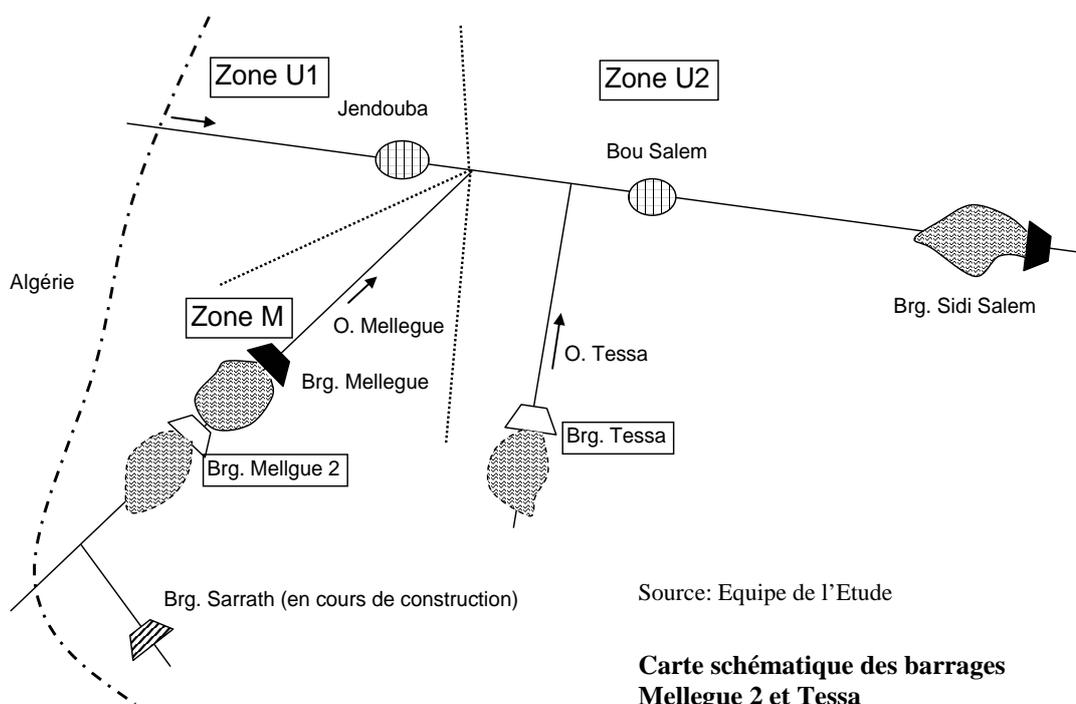
#### **D6.1.2 Méthodologie**

Selon les résultats de l'entretien et des discussions tenus avec la DGBGTH, il s'avère qu'il n'existe pas en Tunisie de règles établies sur la répartition du coût de la construction des barrages / réservoirs à usages multiples. Par conséquent, et aux fins de cette étude, les normes/lignes directrices appliquées au Japon, par le génie de planification et de conception des barrages, en particulier ceux à usages multiples, ont été adoptées.

Pour le cas du barrage Mellegue 2, la fonction de lutte contre les inondations agira, grâce à sa localisation, au profit de la zone M (par l'intermédiaire de l'oued Mellegue) et la zone U2 (l'oued Mejerda). Après avoir procédé à la distinction de la part dédiée au coût de la lutte contre les inondations, il a été également procédé au partage sur les deux zones (U2 et M) proportionnellement à la longueur des lits concernés de l'oued comme suit:

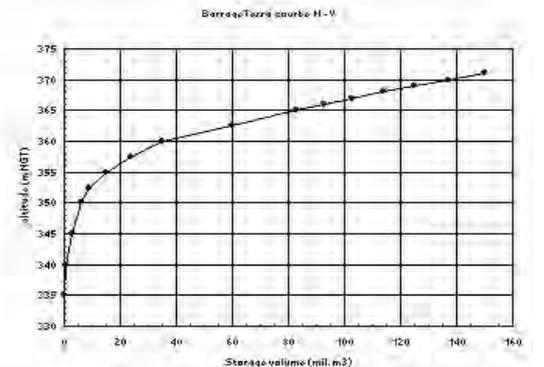
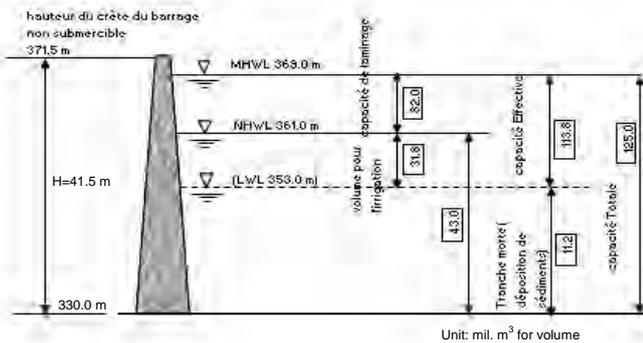
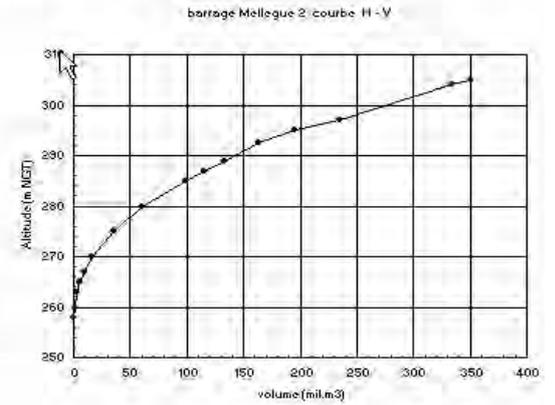
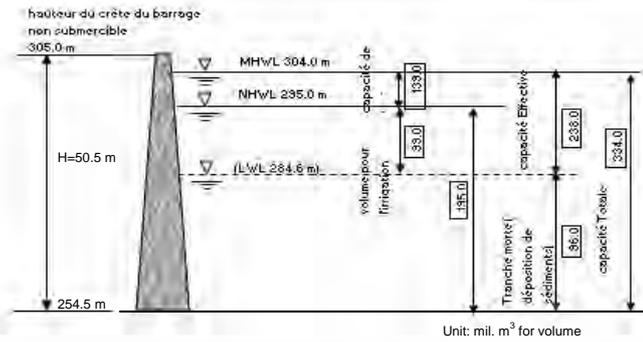
	<u>Taux</u>
- Zone M : 55 km (Barrage Mellegue 2 ~ Confluence avec Mejerda)	: 0.60
- Zone U2: 37 km (Confluence avec/Mejerda ~ Extrémité amont de Sidi Salem)	: 0.40

L'analyse des inondations par MIKE FLOOD montre un effet (réduction de la zone d'inondation) du barrage Mellegue 2 sur les tronçons de l'oued situés en aval de la confluence avec l'oued Mellegue. Par conséquent, le lit de l'oued situé dans la zone U2 a été ainsi pris en compte pour l'affectation. Pour le cas du barrage Tessa, et considérant le système de l'oued, le coût estimé pour la fonction de la lutte contre les inondations a été affecté à 100% à la zone U2 comme illustré ci-dessous:



## D6.2 Caractéristiques principales des barrages sélectionnés

Le volume de stockage des réservoirs et les niveaux d'eau correspondants des deux barrages ont été mentionnés dans les études du bilan d'eau et de l'exploitation des réservoirs. Ces données sont illustrées schématiquement par la courbe hauteur-volume comme suit :



**Distribution du stockage de réservoir des barrages Mellegue 2 et Tessa (pour l'affectation des coûts)**

**D6.3 L'affectation du coût de la fonction de lutte contre les inondations**

L'affectation du coût de la construction des barrages Mellegue 2 et Tessa 2 selon les fonctions proposées est illustrée dans le tableau suivant. Le détail du mode de calcul et des hypothèses avancées est indiqué dans le **Tableau 6.3.1**.

**Taux de la répartition des coûts entre les fonctions des barrages Mellegue 2 et Tessa**

	Description	Mellegue 2 Dam				Tessa Dam		
		Flood Control	Irrigation Water Supply	Hydroelectric Generation	Total	Flood Control	Irrigation Water Supply	Total
a	Substitute Dam Construction Cost	81.4	73.9	-	-	19.6	14.5	-
b	Valid investment cost	41.9	63.3	13.8	-	29.3	11.9	-
c	Smaller figure among a & b	41.9	63.3	13.8	-	19.6	11.9	-
d	Exclusive cost	0.0	0.0	5.0	-	0.0	0.0	-
e	c- d	41.9	63.3	8.8	114.0	19.6	11.9	31.5
f	Separated cost	41.1	54.4	4.3	99.8	11.5	7.0	18.5
g	Residual benefit	0.8	8.9	4.5	14.2	8.1	4.9	13.0
h	Ratio of Item "g" (%)	6%	63%	32%	100%	62%	38%	100%
i	Allocated residual cost	0.9	9.5	4.8	15.2	4.7	2.8	7.5
j	<b>Project cost to be shared</b>	<b>42.0</b>	<b>63.9</b>	<b>9.1</b>	<b>115.0</b>	<b>16.2</b>	<b>9.8</b>	<b>26.0</b>
k	Proportion of Project cost	36%	56%	8%	100%	62%	38%	100%

Source: Equipe de l'Etude

Le coût partagé de la lutte contre les inondations du barrage Mellegue 2, est en outre affecté aux zones U2 et M au moyen de la méthode décrite à la **section D6.1.2** et présentée ci-dessous:

Zone U2: Zone M = 40: 60 = 16,8 millions: 25,2 millions (total 42,0 millions TND).

Conformément aux résultats de l'analyse des coûts mentionnée ci-dessus, le coût direct de la construction des deux barrages est finalement affecté au deux zones U2 et U1 + M comme suit:

**Affectation par Zone des coûts de la construction des barrages Mellegue 2 et Tessa**

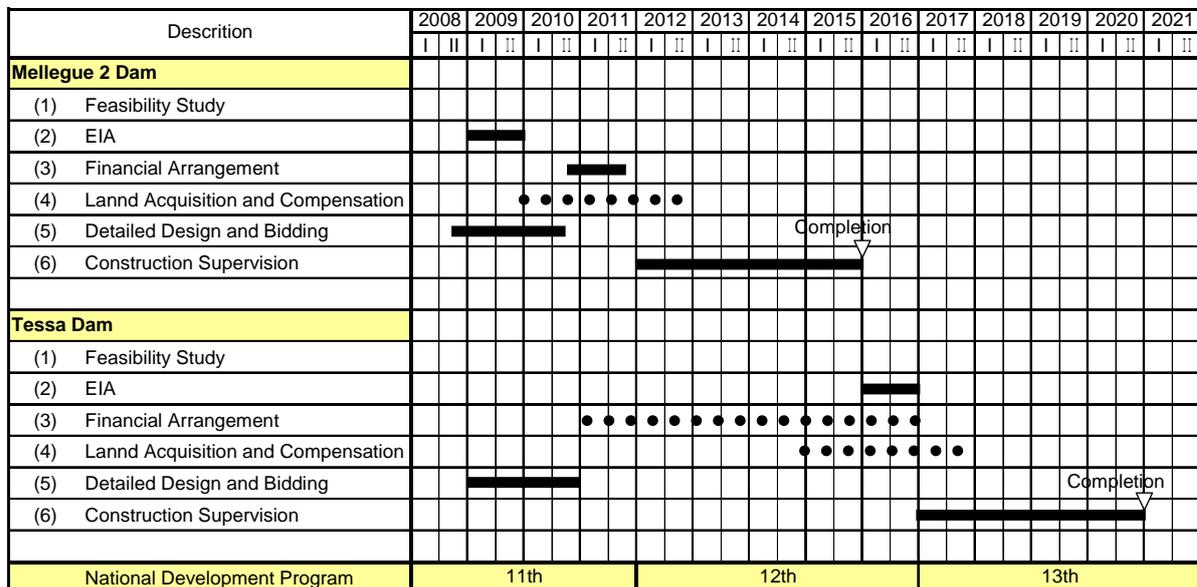
Unit: TND mil.

Nom du barrage	Zone U1+M	Zone U2	Total
Mellegue 2	25.2	16.8	42.0
Tessa	0.0	16.2	16.2
<b>Total</b>	<b>25.2</b>	<b>33.0</b>	<b>58.2</b>

Source: Equipe de l'Etude

**D6.4 Echancier d'exécution**

Sur la base des informations recueillies auprès de la DGBGTH, l'échéancier d'exécution a été dûment confirmé afin de comptabiliser lors de l'analyse économique le coût du projet par année. L'échéancier suivant a été fixé pour évaluer la viabilité de l'ensemble du projet, les travaux d'amélioration de l'oued ainsi que l'étude de l'exploitation des réservoirs. Conformément au calendrier d'exécution, le décaissement annuel des coûts directs et des autres coûts associés, tels que l'acquisition des terres et des services d'ingénierie a été estimé.



**Echéancier d'exécution des barrages Mellegue 2 et Tessa**

**D6.5 Autres coûts associés à partager**

Pour les autres coûts associés à l'exécution du projet à part le coût direct de construction, les hypothèses suivantes ont été avancées:

- (1) Coût d'acquisition des terres

La surface des terres situées sous le niveau normal des hautes eaux, avec la valeur

prévalant des terres agricoles de la région, et son taux de partage ont été appliqués.

Barrage Mellegue 2: aire du réservoir (au Cote de RN à 304,0 m) = 1764 ha

1764 ha x 18 000 DT / ha x 60% \* = 19,05 mil. DT.

19,05 mil. DT x 36% = 6.86 mil. DT

Zone M (60%) : 4.12 mil. DT

Zone U2 (40%) : 2.74 mil. DT

Barrage Tessa : Aire du réservoir (au Cote de RN 369.0 m) = 2387 ha

2387 ha x 18 000 DT /ha x 56%\*\* = 24.06 mil. DT

24,06 mil. DT x 62 % = 14,92 mil DT Zone U2 (100%)

Note: \* : proportion implicite de l'aire agricole dans la zone du réservoir (SIG données non disponibles)

\*\* : proportion de l'aire agricole dans la zone du réservoir (sur la base des données SIG)

(2) Coûts administratifs

3% du (coût direct de construction + coût d'acquisition de terrains)

(3) Coût des services du génie

10% du (coût direct de construction)

(4) Proportion monnaie locale et monnaie étrangère

M/E : M/L = 50 : 50

Les **tableaux D6.5.1 et D6.5.2** présentent le calendrier des paiements annuels pour l'exécution des projets de barrage, y compris le coût direct de construction et les autres coûts associés respectivement pour les zones U1 et U2 + M.

## CHAPITRE D7 REGLEMENT/ GESTION DES PLAINES D'INONDATION

### D7.1 Justification du règlement / gestion des plaines d'inondation

#### D7.1.1 Directive inondations de la Mejerda

Comme pour les mesures structurelles proposées dans le bassin de l'oued Mejerda, l'échelle du niveau de planification ciblée a été fixée à une probabilité respectivement de 10 ans pour les zones D2, D1, U1 et M, et de 20 ans pour la zone U2. Même si les travaux d'amélioration de la rivière proposés auraient été achevés, il va sans dire, que les inondations excessives au-delà de l'échelle nominale pourraient se produire et entraîner des dommages dont l'étendue affecterait les propriétés dans le bassin.

Afin de traiter avec ces inondations excessives et d'atténuer leurs dommages, les mesures non structurelles doivent être introduites objectivement dans le bassin de l'oued Mejerda, au vu de leur rôle primordial dans de telles circonstances en conjonction avec les mesures structurelles. Toutefois, l'échelle cible de planification du règlement / gestion des plaines d'inondation n'est pas encore clairement défini aussi bien en Tunisie que dans d'autres pays développés.

Dans le bassin de la'oued Mejerda, l'échelle de probabilité d'une crue de 100 ans est considérée comme échelle cible du règlement / gestion des plaines d'inondation, qui devrait être adoptée par l'institution en charge de l'administration de la rivière, à savoir le MARH. La définition de l'échelle cible est nécessaire afin de délimiter les responsabilités des agences gouvernementales concernées. L'intégration de ce concept dans la politique de lutte contre les inondations dans le bassin de la Mejerda est fortement recommandée. En outre, l'ampleur des inondations excessives dépasserait la capacité de contrôle et de gestion de l'organisme en charge de l'administration de la rivière, et reviendrait à l'entité en charge de la gestion des catastrophes/risques au niveau national, du fait qu'une catastrophe d'une telle ampleur se traite dans le cadre de l'alerte nationale ou de l'état d'urgence, qui nécessitent entre autre de sauver des vies humaines, qui sont ressort, pour la cas de la Tunisie, du Ministère de l'Intérieur ou de la Protection Civile.

Le concept précité pourrait être adopté comme " Directive Inondations de la Mejerda", il est à recommander pour l'avenir en tant que concept de base de la politique de lutte contre les inondations dans le bassin de l'oued Mejerda.

#### D7.1.2 Tendances au sein des Communautés Européennes

La nouvelle "Directive Inondations (janvier 2006)" de l'Union européenne montre une sorte de tendance actuelle dans la politique de la gestion des inondations qui est basée sur les leçons tirées empiriquement des inondations passées.

L'Europe a souffert de plus de 100 événements majeurs d'inondations entre 1998 et 2004, y compris les inondations catastrophiques du Danube et de l'Elbe en 2002<sup>(1)</sup>. Ces

---

<sup>(1)</sup> Selon l'exposé des motifs de la " Proposition de directive du Parlement Européen et du Conseil relative à l'évaluation et

inondations ont causé la mort d'environ 700 personnes, le déplacement d'environ un million de personnes et généré des pertes économiques d'au moins 25 milliards d'Euro. Les événements des inondations de l'été 2005, en Autriche, en Bulgarie, en France, en Allemagne et en Roumanie et ailleurs, ont augmenté ces chiffres.

Actuellement la tendance, en Europe, est vers l'augmentation des risques d'inondation et l'accroissement des dommages économiques qui s'en suivent. Premièrement, l'ampleur et la fréquence des inondations vont probablement augmenter dans l'avenir en raison des changements climatiques mondiaux, de la gestion inappropriée des rivières et de la construction dans des zones d'inondation. Deuxièmement, il y a eu une nette augmentation de la vulnérabilité en raison du nombre de personnes et de biens économiques situés dans des zones exposées aux inondations.

L'objectif de la Directive Inondations est de réduire et de gérer les risques liés aux inondations sur la santé humaine, l'environnement, les infrastructures et les biens. La directive adoptée par le Parlement et le Conseil exige des États membres d'adopter une approche de planification à long terme de réduction des risques des inondations en trois étapes, à-savoir (i) d'entreprendre une évaluation préliminaire des risques, (ii) de développer des cartes des zones d'inondation et des risques d'inondation, et (iii) d'établir plans de gestion des risques d'inondation.

En outre, la directive prévoit que, dans le cas de bassins de rivières internationaux, les États membres doivent coordonner entre eux afin d'éviter que les problèmes ne se transmettent de l'un à l'autre des États. Toutes les parties prenantes doivent avoir la possibilité de participer activement à l'élaboration et à la mise à jour des plans de gestion des risques d'inondation. Les évaluations du risque, les cartes et les plans doivent en outre être mis à la disposition du public.

La présente étude peut se référer à ce concept de base de la CE, en particulier pour le règlement / gestion des plaines d'inondation. En fait, en Tunisie, le domaine public hydraulique (DPH) est défini par le "Code des Eaux" (1975) et la délimitation actuelle de ses limites est désormais entreprise par le MARH. Étant donné que ces activités constituent une sorte de zonage des inondations, leur étude a été faite tout d'abord pour définir l'orientation et la conception du plan de règlement / gestion des plaines d'inondation dans le bassin de la Mejerda.

## **D7.2 Travaux de délimitation du domaine public hydraulique (DPH)**

### **D7.2.1 Définition juridique du Domaine Public Hydraulique**

Le "Domaine Public Hydraulique (DPH)" est défini par l'article premier du chapitre premier du "Code des Eaux" en Tunisia<sup>(2)</sup> comme incluant :

- (i) Les cours d'eau de toutes sortes et les terrains compris dans leurs francs bord ;
- (ii) Les retenues établies sur les cours d'eau;

---

la gestion des inondations, de la Commission des Communautés européennes, Jan.18, 2006 "

<sup>(2)</sup> Paru dans la loi No 16 de 1975 en date 31 Mars, 1975, et modifié et complété par les textes en particulier l'ordonnance No.2606 pour l'année 2001 publié le 09 Novembre, 2001.

- (iii) Les sources de toutes natures;
- (iv) Les nappes souterraines de toute sorte;
- (v) Les lacs et Sebkhas (lacs salés);
- (vi) Les aqueducs, puits abreuvoirs à usage du public, ainsi que leurs dépendances;
- (vii) les canaux de navigation, d'irrigation ou de drainage exécutés par l'État ou pour son compte (à travers une tierce partie) dans un but d'utilité publique ainsi que les terrains qui sont compris dans leurs francs bords (proximité) et leur dépendances.

L'article 5 du code stipule que les limites des cours d'eau sont déterminées par la hauteur des eaux coulant à pleins bord avant de déborder. L'article 40 du chapitre IV (Servitudes) stipule que les riverains des cours d'eau, lacs et sebkhas (lacs salés) déterminés par Décret sont astreints à une servitude dite de franc bord, dans la limite d'une largeur de 3 m à partir de la rive, destinée à permettre uniquement le libre passage du personnel et du matériel de l'Administration. Cette servitude ne donne pas droit à indemnité. En plus, à l'intérieur des zones soumises à la servitude, toute nouvelle construction, toute élévation de clôture fixe, toute plantation est soumise à autorisation préalable du Ministère de l'Agriculture et des Ressources Hydrauliques. Afin de matérialiser le concept du "Code des Eaux", en particulier lors de la délimitation du DPH, le MARH a élaboré les textes suivants publiés dans le journal officiels:

- (i) Le décret n ° 87-1202 du 04 Septembre 1987, fixant les modalités de délimitation des cours d'eau, des lacs et des sebkhas relevant du DPH.
- (ii) Le décret n ° 89-1059 du 27 Juillet 1989, modifiant le décret n ° 87-1202 du 04 Septembre 1978.
- (iii) La circulaire du 20 Octobre 2005 à l'attention des gouverneurs et des maires, concernant la clarification de la procédure relative à la délimitation des cours d'eau, des lacs et sebkhas relevant du DPH.

Documents joints : "Lignes directrices sur la procédure de la délimitation du DPH"

Outre les règlements mentionnés ci-dessus, des règles spéciales sont adoptées par le "Code de l'Aménagement du Territoire et de l'Urbanisme et ses textes d'application" (modifiées / ajoutées à la loi N ° 2003-78 publiée le 29 Décembre 2003). En application des règlements, il est interdit de construire dans les zones non couvertes par un plan d'aménagement urbain approuvé, à une distance inférieure à 100 m à partir des limites du DPH. D'autre part, dans les zones couvertes par un plan d'aménagement urbain en milieu rural approuvé, il est interdit de construire à une distance inférieure à 25 m à partir des limites du DPH.

#### D7.2.2 Travaux de délimitation par la DGRE du MARH

Dans le cadre de la délimitation du DPH, dont l'objectif est de parvenir à une délimitation aussi précise que possible permettant ainsi une définition plus affinée du DPH, la Direction Générale des Ressources en Eau (DGRE) du MARH a pour mandat de mener des études topographiques et bathymétriques avec des enquêtes sur le statut des propriétés (enquêtes parcellaires) des cours d'eau et des sebkhas dans les différentes régions du pays.

Dans la pratique, la délimitation du DPH (dessin des frontières le long de la rivière

Mejerda) est entreprise par l'Office National de la Topographie et de la cartographie (OTC) sur la base de l'accord N°.06M23 conclu entre la DGRE et l'OTC. En fait, la DGRE supervise les travaux selon la dernière circulaire du Ministère.

Selon les informations fournies par la DGRE, les travaux de délimitation du DPH dans l'oued Mejerda ont couvert fin 2007 un total de 292 km et devrait être menée pour un autre linéaire de 138 km en 2008, comme indiqué dans les tableaux suivants :

**Zones délimitées comme faisant partie du Domaine Public Hydraulique par l'OTC**

Gouvernorat	Zone couverte	Distance en km
Jendouba	Frontière Algérienne / Sidi Miskin	41.0
	Erraghay	26.0
	Sidi Miskin / Melka	50.0
	Melka / Beja	45.0
	Sous-total	162.0
	Mellegue / Route vers El Kef	40.0
	Smida	4.0
	Sous-total	44.0
Béja	Frontière Jendouba / Sidi Ismail	30.0
Manouba	Borj Ettoumi / Jedeida	Non disponible
Ariana	Bejaoua / Kalaat El Andalous	51.0
Siliana	Mssouj	5.0
	<b>Total général</b>	<b>292.0</b>

Source: DGRE, MAHR

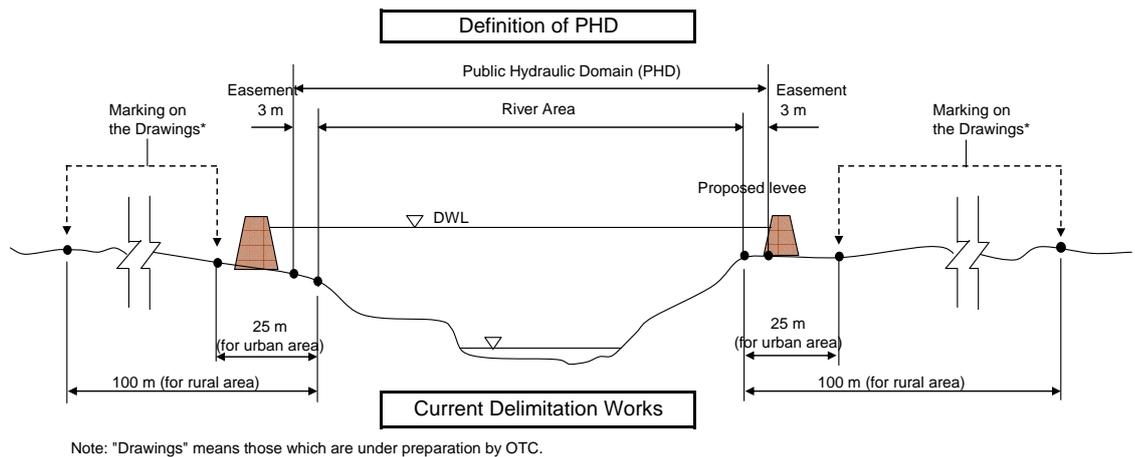
**Programme de délimitation du Domaine Public hydraulique pour l'année 2008**

Gouvernorat	Zone couverte	Distance en km
Jendouba	Tessa Souk Essebt / Mejerda	20.0
Beja	Khalled	3.0
	Siliana	4.0
	Lahmer	1.5
	Sabbalet El Araneb	1.5
	Jnen Magraoui	2.0
	Beja	6.0
	Ain Hammam Siala	1.0
	Esseha	4.0
	Sous-total	23.0
	Manouba	Borj Ettoumi
Ariana	Sebkhat Ariana	6.0
	Borj Ettoumi	6.0
	Oued Etbla	2.0
	Ain Essnoussi	9.0
	El Hmada	7.0
	Sous-total	30.0
Siliana	Ettemrit	2.0
	Oued Siliana	40.0
	Sous-total	42.0
El Kef	Oued El Ain	5.0
	Ain Manous	3.0
	Izid Eddahmani	5.0
	Sous-total	13.0
	<b>Total général</b>	<b>138.0</b>

Note: L'information ci-dessus sur les gouvernorats du bassin de l'oued Mejerda est extraite de la source de données.

Source: DGRE, MARH

Tel que confirmé par les graphiques préparés par l'OTC en application de l'accord conclu entre la DGRE et l'OTC pour la délimitation du DPH, la définition inhérente au DPH dans le "Code des Eaux" et la notation actuelle de l'OTC peut être schématiquement illustrée pour la cas d'une section de la digue proposée comme suit. La clarification et la redéfinition de la limite du DPH sur la base d'une bande de servitude de 3 m, sur chaque fiche (cartes topographiques échelle 1:2000) est en cours de réalisation par les deux organismes.



### Relation entre la définition du DPH et les travaux de délimitation actuels (conduits par la DGRE et l'OTC)

#### D7.3 Concept de base pour le règlement/Gestion des plaines d'inondation et du bassin de l'oued Mejerda

Les cartes des zones d'inondation ou des risques d'inondation n'ont pas encore été établies dans aucun des bassins hydrographiques de la Tunisie. La carte des risques d'inondation est liée au système de prévision et d'alerte aux inondations et aux activités d'évacuation et de la lutte contre les inondations. Pour le cas du bassin de l'oued Mejerda, la détermination du niveau du risque d'inondation de la région est l'un des outils essentiels pour atténuer la vulnérabilité des zones d'inondation. En particulier, et tenant en compte que la culture est le mode dominant de l'exploitation des terres agricoles, il s'en suit que la réglementation de l'utilisation des terres ainsi que la restriction des activités de construction de nouvelles maisons / bâtiments dans les zones urbaines riveraines seraient indispensables à considérer en association avec les mesures structurelles. Par conséquent, le concept de base de règlement / gestion des plaines d'inondation est établi dans un objectif d'amélioration du contrôle de l'occupation des sols sous l'aspect de la gestion des événements d'inondations dans les zones d'inondation par le biais de l'élaboration et de la diffusion des cartes des risques d'inondation.

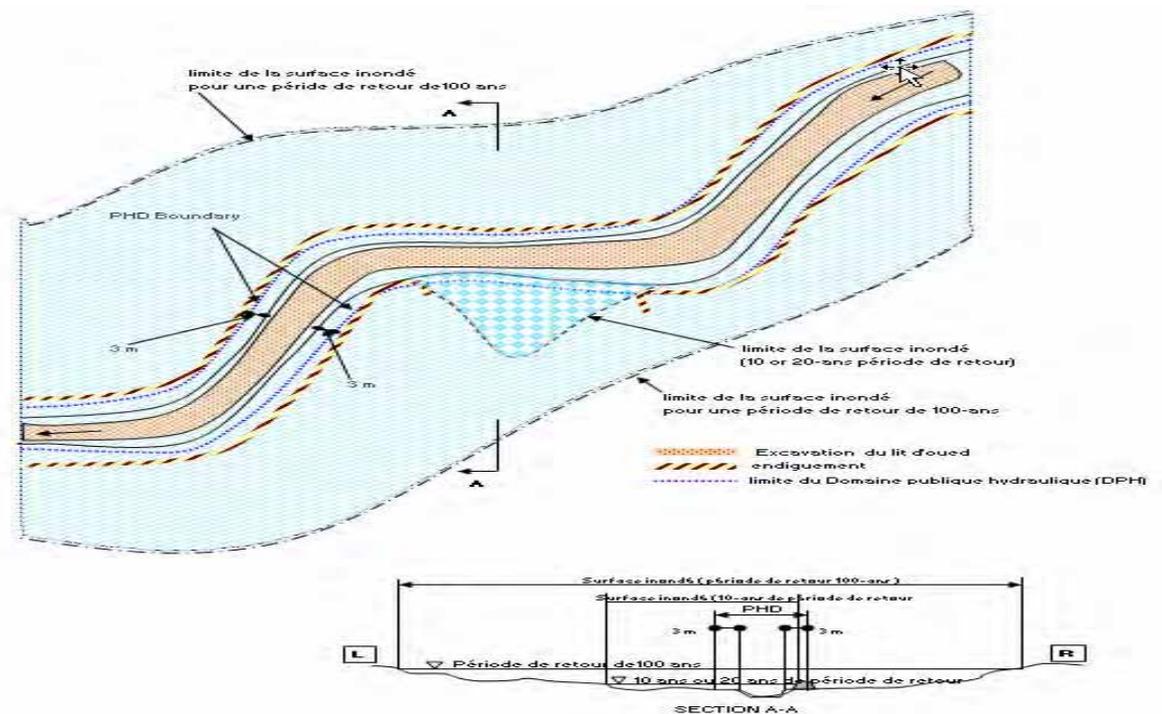
#### D7.4 Niveau de risque cible pour la formulation d'un Plan

Afin de définir la limite de la zone touchée par l'inondation excessive, une zone d'inondation due à une crue de période de retour de 100 ans a été considérée en tenant

compte des importantes ressources du pays. Quand une crue d'une telle envergure (100 ans) se produit, le système de digue proposé ne sera pas en mesure d'accueillir le flot d'eau dans le chenal et de prévenir le débordement des biefs du lit principal. Le projet de digue sera endommagé et détruit en raison d'un tel événement majeur.

En outre, il est rapporté que des inondations de grande échelle avec des chutes de pluies torrentielles locales, qui ne peuvent être prévues sur la base des prévisions des tendances passées de phénomènes météorologiques, se produisent principalement à cause du réchauffement de la planète dans de nombreuses régions à travers le monde. Dans ce cas, un contrôle stratégique de l'occupation des sols dans le bassin de l'oued Mejerda deviendra plus crucial pour le développement durable.

La relation entre les zones cibles, ci-dessus mentionnées, est illustrée ci après:



### Zone d'inondation due à une crue de projet et à une Inondation excessive le long de l'oued Mejerda

#### D7.5 Analyse préliminaire de l'occupation actuelle des sols dans les zones d'inondation

##### D7.5.1 Zones d'inondation due au débit des crues de projet (zone à haut risque)

###### (1) Caractéristiques des zones d'inondation

Dans l'étude de la formulation d'un plan d'amélioration de la rivière par l'analyse de l'inondation, les zones, permettant les débordements des rivières et qui resteront, dans une certaine mesure, zones d'inondation, ont été soigneusement sélectionnées en vue de la retenue des débits des pointes des crues dans les biefs situés à l'aval. La fonction hydraulique de ces zones est résumée ci-dessous:

**Conditions hydrauliques en zone d'inondation par les débits des crues de projet**

Zone	Biefs de rivières permettant les débordements	Localisation	Longueur du bief de la rivière (km)	Niveau de protection contre la crue de projet	Débit de la crue de projet (m <sup>3</sup> /s)	Capacité actuelle d'écoulement (m <sup>3</sup> /s)
U1	MU228~ MU215	Amont Jendouba	6.4	10 ans	570	250
U2	MU53~ MU80	Aval de la confluence de l'oued Kasseb	10.8	20 ans	1,840	250
M	ME19~ ME106	Aval de Mellegue	20.8	10 ans	410	200
D1	MD29~ MD24	Amont de Testour	1.7	10 ans	410	350
D2	MD434~ MD447	Bief inférieur du lit majeur (Oued El Hmadha)	5.2	10 ans	580	180

Source: Equipe de l'Etude

Selon les résultats de l'analyse des inondations, les zones d'inondation par le débit des crues de projet dans cinq régions peuvent être résumées selon l'occupation des sols dans le tableau ci-dessous:

**Zones d'inondation estimées par les débits des crues de projet**

Zone	Biefs de rivières permettant les débordements	Aménagement du territoire actuel dans les zones d'inondation (ha)				
		Zone Agricole (non-irriguée)	Zone Agricole (irriguée)	Zone urbaine	Autres zones	Aire totale
U1	MU228~ MU215	348	93	5	26	472
U2	MU53~ MU80	411	614	10	5	1,040
M	ME19~ ME106	322	317	5	21	665
D2	MD29~ MD24	3,224	390	5	2,876	6,495
D1	MD434~ MD447	109	68	0	10	187

Source: Equipe de l'Etude

(2) Fonction attendue de la zone d'inondation

Considérant les conditions hydrauliques et les aménagements des terres situés en amont et en aval des biefs en question permettant le débordement, comme indiqué dans le précédent article, une fonction vitale et particulière de retardement est désormais assurée pour la lutte contre les inondations. Afin de maintenir le niveau établi pour chaque zone de protection contre les inondations, une telle fonction doit être individuellement considérée comme suit:

**Fonction attendue pour la lutte contre les inondations dans les zones d'inondation  
(Ci-après les débits des crues de projet)**

Zone	Bief de la rivière permettant les débordements	Fonction attendue d'atténuation des dommages causés par les inondations
U1	MU228~MU215	Pour atténuer les dommages causés par les inondations de la zone urbaine de Jendouba, en réduisant les débits des pointes des crues dans la zone située en amont.
U2	MU53~MU80	Pour réduire les débits des pointes des crues, qui se propagent vers l'aval, en permettant des inondations localisées après la jonction avec les eaux de l'exutoire du canal de dérivation de Bou Salem
M	ME19~ME106	Pour réduire les débits des pointes des crues avant de se joindre à l'oued Mejerda en permettant débordement le long de l'oued Mellegue. Une considération de la protection de la zone urbaine de Jendouba est exigée.s
D2	MD29~MD24	Afin de réguler le niveau d'eau d'inondation du déversoir d'El Battane (environ km en aval) jusqu'à l'altitude actuelle de la chaussée de la route sur le déversoir (29.1m NGT), les inondations localisées seront autorisés en amont de Testour.
D1	MD434~MD447	Pour permettre le débordement d'eau à l'aval du pont routier existant sur le passage de dérivation à l'embouchure de la rivière. Recommandation est faite pour la reconstruction du pont et du rehaussement de la route d'approche aux niveau des deux rives.

Source: Equipe de l'Etude

**D7.5.2 Les zones d'inondations dues aux crues excessives (crue de retour de 100 ans)**

Les zones d'inondation dues à une crue de retour de 100 ans sont évaluées préliminairement sur la base des résultats de l'analyse des inondations. Les **Figures D5.4.1 et D5.4.2** indiquent séparément les zones exposées à des risques d'inondation situées en amont et à l'aval du barrage Sidi Salem. Le tableau suivant présente l'occupation actuelle des sols classée en quatre catégories par chaque zone:

**Estimation des zones d'inondation par une crue excessive**

Zone	Zone urbaine affectée	Aménagement actuel de la zone d'inondation (ha)				
		Zone Agricole (non-irriguée)	Zone Agricole (irriguée)	Zone Urbaine	Autres zones	Aire totale
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: Equipe de l'Etude

En plus de l'analyse de l'occupation des sols telle qu'indiqué ci-dessus, la population touchée a été estimée en fonction de la proportion des zones sujettes à inondation et de la densité de la population de chaque délégation. Selon les résultats, il a été précisé qu'environ un total de 143.000 personnes réside dans la zone d'inondation du bassin de l'oued Mejerda comme indiqué ci-dessous:

### Estimation de la population touchée par une inondation excessive

Zone	Zone urbaine	Zone rurale	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%)	<b>142,774</b> <b>(100.0%)</b>

Source: Equipe de l'Etude

## D7.6 Projet d'un Plan de renforcement du règlement / gestion de la zone d'inondation

### D7.6.1 Les grandes lignes du projet du Plan

Le renforcement du règlement / gestion de la plaine d'inondation vise à contribuer à réduire les risques des dommages causés par les inondations grâce à une meilleure occupation des sols, qui sera introduite en considérant le risque potentiel des inondations et le développement urbain et agricole durable des zones d'inondation. Comme expliqué dans la section précédente, la zone d'inondation d'une crue de retour de 100 ans (excès d'inondations) a été définie dans la présente étude. Sur la base de ses résultats, le plan d'occupation des sols focalisant sur la sélection des cultures et le modèle de plantation / récolte sera analysé et étudié dans chaque zone et les petites unités telles que les délégations.

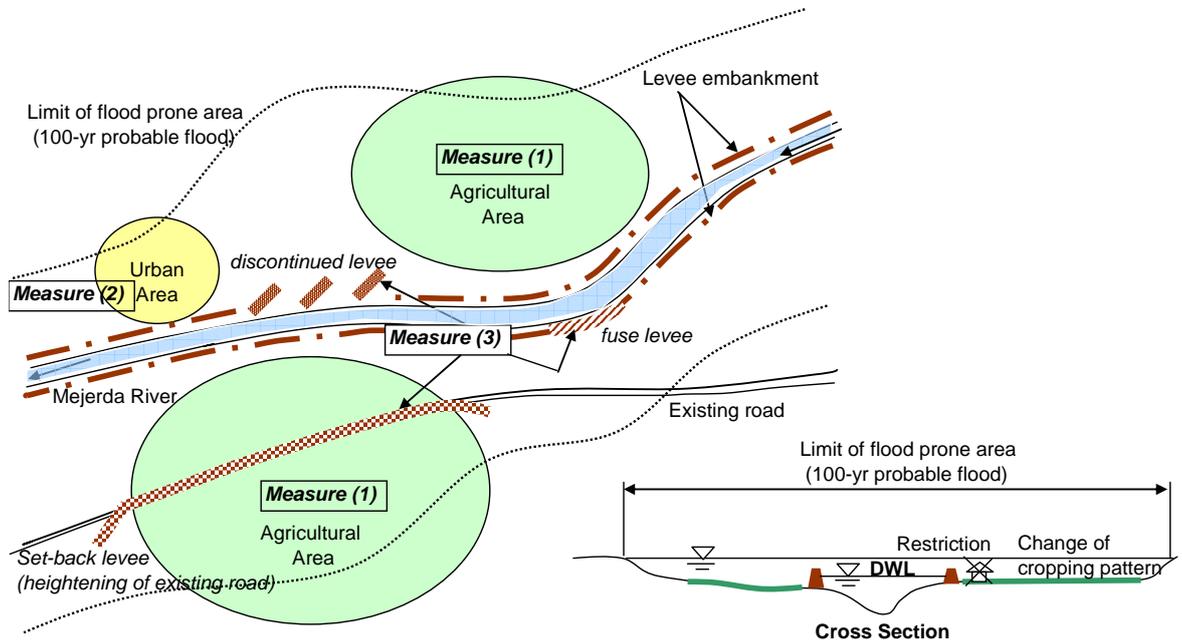
La manière et la méthodologie pour une occupation des sols appropriée seront étudiées et des lignes directrices sont à établir pour disséminer leur pratique aux CRDAs et les municipalités concernées. Après la préparation des lignes directrices, l'application effective et l'évaluation de la manière recommandée seront menées. En outre, afin de renforcer les avantages escomptés de ce Plan, une série de formations et des séminaires seront organisés et effectués périodiquement.

Afin d'atténuer davantage les dégâts dus aux excès d'inondations dans les zones inondables, la répartition des structures de régulation des débordements des eaux sera important en association avec les activités de régulation/gestion de la plaine inondables comme mentionné ci-dessus. Ces structures ont des fonctions différentes des digues de protection ordinaires, qui ont été construites pour protéger contre les inondations, en Guidant et en régulant les écoulements des inondations après le débordement des eaux. Dans ce plan directeur, ces structures sont proposées dans le but d'atténuer les dégâts dus aux excès d'inondations.

La relation entre ces structures et les activités de régulation/gestion de la plaine inondables est présentée comme suit :

Mesure (1)	Promotion des activités relatives à la reconversion des cultures résistantes aux crues dans les terrains agricoles
Mesure (2)	Limitation de la construction de nouvelles habitations/immeubles dans les zones urbaines.

Mesure (3)	Construction de digues secondaires (set-back levee), de digues discontinues (discontinued levee) et des digues de déviation (fuse levee) (des structures de régulation dans les plaines inondables)
------------	---



Plan Schématique des Digues de Protection dans les Zones Inondables

(1) Les Digues secondaires  
1) Objectif et efficacité

Dans le cas où même si les digues de protection construites seraient endommagées à cause des excès d'inondations, à travers le retard accumulé en matière de limitation des écoulement des inondations à temps, la limitation de la zone inondable et la réduction de la profondeur du niveau des eaux des inondations, la protection des zones importantes et les tronçons de l'oued ainsi que l'assurance des temps requis et la sécurisation des routes d'évacuation des personnes affectées par les inondations seraient dûment revalorisées.

2) Le plan d'aménagement

En prenant en considération l'étendue des zones inondables à travers le long du cours principal de la Mejerda ainsi que le réseau des routes et des chemins de fer existants, l'élévation des routes existantes dans le but d'éviter les problèmes de circulation (ainsi que sécuriser les routes d'évacuation) durant les inondations et d'assurer la protection contre l'élargissement des zones inondées par les écoulements dus aux débordements serait efficace.

3) Les sites candidats

En considérant les zones inondables et les écoulements des inondations pendant les les inondations majeures enregistrées Durant les années 1973, 2003 et 2004, les trois sites suivants (en assumant l'élévation des sections des routes existantes) ont été sélectionnées pour y construire des digues secondaires. Cependant, et concernant les problèmes relatifs à leur mise en œuvre, les quatre points suivants devraient être dûment examinés:

### Les Sites Candidats pour la Construction de Digues Secondaires

Site	Longueur (km)	Effets attendus (régulation des excès d'inondations)
El mabtouh	12.0	Protéger les terres agricoles prioritaires des débordements des eaux causés par les excès des inondations dans la plaine d'El Mabtouh (rive gauche de l'Oued Mejerda). La régulation des écoulements, qui se propagent vers le nord.
Sidi Thabet	7.0	Protéger la zone irriguée de Sidi Thabet contre les débordements des eaux. Réguler les écoulements, qui se propagent vers le nord-est et augmentent les dégâts dus aux inondations dans la zone de Kalaat El Andlous (rive droite de l'effluent de crue d'El Hmada)
Tebrouba	3.0	Protéger les zones irriguées qui se situent entre Tébourba et Jedeida des écoulements des eaux d'inondations, qui débordent en aval des zones urbaines (rive gauche), et de réguler les écoulements des eaux arrivant à la zone urbaine de Jedeida

L'emplacement des sites candidats mentionnés ci-dessus est présenté dans la Figure 8.7.1.

#### (2) Les Digues Discontinues

##### 1) Objectif et efficacité

Les digues discontinues (digues d'amortissement) permettraient de diminuer le niveau des eaux des crues, la réduction de la vitesse d'écoulement des eaux et de retarder la propagation vers l'aval en retardant la propagation de l'écoulement des eaux des inondations temporairement dans les plaines. La digue elle-même a une fonction de mur de déviation des écoulements vers les zones désignées. Lorsque les volumes des eaux des inondations diminue et le niveau de l'eau à l'intérieur du canal de l'oued baisse les eaux des débordées retourneront vers le canal et les inondations dans les plaines basses seront diminuées.

##### 2) Le plan d'aménagement

En prenant en considération l'utilisation actuelle des terres et l'étendue des zones à protéger, la construction d'un bon nombre de plusieurs digues discontinues devrait être envisagée. La longueur ainsi que l'angle par rapport au canal de l'oued devrait être justifié en se basant sur les terres inondées et l'emplacement des terres/structures protégées ainsi que les conditions hydrauliques.

#### (3) Digues de Déviation (Fuse levee)

##### 1) Objectif et efficacité

La digue de déviation a pour fonction de déborder et de faire passer les eaux débordées vers les endroits désignés et d'empêcher les eaux des inondations de se diriger vers d'autres endroits et ainsi d'éviter l'expansion des zones d'inondations.

##### 2) Le plan d'aménagement

Dans le cas où les zones urbaines et agricoles et sont situées en aval, les digues de déviation devraient se trouver en amont et permettraient les inondations (telles les bassins de retardement naturels) durant les inondations exceptionnelles. Normalement, la hauteur des digues de déviation devrait être inférieure à celle des digues existantes, et qui serait facilement détruite après les débordements des eaux en ajustant les matériaux avec lesquels la digue fut construite et en rendant la surface des pentes plus raides, etc.

De plus, et en ce qui concerne la mise en œuvre, les quatre points suivants devraient être pris en considération:

- Eviter l'accumulation des dégâts dus aux inondations dans la zone en aval en utilisant en utilisant d'autres structures de régulation en parallèle (telles que les pompes, et le canal de déviation, etc.)
- Prendre en considération les mesures de compensation (la relocalisation des habitants, l'élévation des terres résidentielles, les compensations en relation avec les dégâts causés par les inondations, etc.) pour les zones où les dégâts dus aux inondations seraient accentués à cause de la construction des structures de régulation.
- Désigner clairement une zone pour la construction des structures comme mentionné ci-dessus et les zones soumises aux dangers des inondations et diffuser les informations afin d'établir un consensus entre les populations locales.
- Introduire, en plus de la construction des ces structures de protection, des règles de compensation (dédommagement) pour les terres agricoles et/ou une assurance des inondations (comme proposé dans la section relative au « Plan de Développement des Capacités Institutionnelles et organisationnelles » dans ce Plan Directeur).

#### D7.6.2 Consistance des activités proposées

##### Étape 1: Préparation de la base de données SIG et des cartes des risques d'inondation

###### (1) Délimitation des zones d'inondation

Comme pour les résultats de l'analyse d'une crue de retour de 100 ans, la zone d'inondation est estimée à environ 89.800 ha de l'ensemble du bassin de l'oued Mejerda, qui représente 5,6% de l'aire du bassin versant couvrant 15.830 km<sup>2</sup> (dans le territoire tunisien). La limite de la zone d'inondation prévue devrait être délimitée sur la base de l'analyse des inondations et de hydrologie effectuée dans la présente étude (système de base de données SIG). Les informations topographiques telles que les sections longitudinales et de profils de travers obtenues dans la présente étude seront utilisées. La carte de base de l'information topographique sera celle de 1:10000.

###### (2) Mise à jour de la base de données SIG d'aménagement du territoire

Dans le contexte actuel de l'étude JICA, le système de base de données SIG a été établi et a été intégralement utilisé pour étudier diverses composantes de l'étude. Par conséquent, il est recommandé d'utiliser ce système de base de données après sa mise à jour et l'ajout d'informations, notamment l'usage des terres à vocation agricole (plan de cultures) et la délimitation des zones de développement urbain. Étant donné que l'actuel système SIG ne couvre pas l'occupation des sols selon la classification des cultures, il sera favorablement

intégré dans le système de base de données conformément au concept planifié.

(3) Préparation de la carte des risques d'inondation avec le zonage

La zone d'inondation (crue de retour de 100 ans) sera superposée aux zones d'inondation des crues de 10 ou 20 ans de retour (sous le débit de la crue de projet). Sur la base des résultats, les zones d'inondation seront divisées en trois zones: (i) zone restreinte, (ii) zone protégée, et (iii) zone potentielle de culture, avec la préparation des critères de zonage à appliquer.

Étape 2: Élaboration de lignes directrices pour la formulation du plan d'occupation des sols

(4) Analyse des améliorations du plan d'occupation des sols (culture) basé sur les modes actuel d'occupation des sols et des politique / programme futurs de développement.

Au sein du MARH, la DGPA (Direction Générale de la Production Agricole) et l'AFVA sont en charge de la préparation des lignes directrices / manuel technique de mise en valeur des terres, de la plantation, des récoltes et du système de drainage, etc. Cette information doit être intégrée en termes de cultures résistantes à l'eau pour le renforcement de l'occupation des sols dans l'avenir dans la zone d'inondation.

(5) Clarification du plan de développement dans les zones urbaines

Dans les zones d'inondation de Mejerda, les zones urbaines sont dispersées, tels que Jendouba, Bou Salem, Medjez El Bab, Tebourba, El Battane, Jedeida, Kalaat Andalou, etc. En ce qui concerne certains des zones, les plans de développement sont en cours d'élaboration et par le MEHAT ou les administrations municipales. Il a été confirmé par l'équipe chargée de l'étude que les plans de développement urbain de Jendouba, Bou Salem et Medjez El Bab sont en cours d'élaboration et / ou en attente d'une approbation officielle pour la mise en œuvre dès le mois d'août 2008.

En particulier pour les zones d'inondation dans les zones urbaines, les codes du bâtiment ainsi que l'autorisation de développement applicable seront pris en considération dans la division des zones dans la carte des risques d'inondation.

(6) Elaboration de lignes directrices

Deux types de lignes directrices seront préparés pour disséminer le savoir-faire accumulé aux CRDAs et aux autorités régionales:

(i) Lignes directrices pour la cartographie des risques d'inondation

Contenant la procédure d'analyse des inondations, des données requises, format entrées-sorties, les conditions des frontières, la compilation des produits les légendes des cartes, etc. Le manuel de procédure de l'analyse des inondations MIKE FLOOD, qui a été établi par la présente étude, devrait être référencé.

(ii) Lignes directrices pour le renforcement du contrôle de l'occupation des sols

des zones urbaines et rurales

Pour contenir la source de base de données SIG, le mode de mise à jour et intégration de données sur le contrôle l'occupation des sols en termes de réduction de la vulnérabilité aux inondations

Étape 3: Diffusion des cartes et des lignes directrices aux CRDAs et municipalités concernées

- (7) La diffusion, l'application, l'évaluation et la validation des cartes des risques d'inondation et du plan d'occupation des sols accompagné des lignes directrices.

Les cartes et les lignes directrices doivent être diffusées, appliquées, évaluées et validées dans les autres plans de développement régionaux des zones en question, qui sont actuellement en préparation ou en passe d'être établis, visant à une utilisation efficace et une réalisation réussie des plans. Les leçons et les observations accumulées par le biais des activités dans les étapes 1 et 2 doivent être reprises par les lignes directrices.

- (8) Formation et séminaire

Diverses activités de formation et de séminaires seront organisées périodiquement visant à un transfert efficace des connaissances techniques et le renforcement des capacités par le biais des activités de chaque composante de l'activité. La formation en cours d'emploi à travers les activités proposées sont à organiser de façon appropriée.

D7.6.3 Questions clés pour la mise en œuvre du Plan

La mise en œuvre des activités proposées tel que mentionné à la **section D7.6.2** peut être engagée dès que possible en parallèle avec l'exécution des travaux d'amélioration de la rivière pour garantir et améliorer les bénéfices attendus du projet. En outre, le règlement / gestion de la plaine d'inondation ne peut être séparé des autres mesures non structurelles sous l'aspect de la gestion des calamités dans les zones vulnérables. La mise en oeuvre du plan avec le SPAI, le système de lutte contre les inondations et d'évacuation et le renforcement des capacités des institutions concernées, etc. sera également essentiel considérant l'efficacité de l'introduction du concept et de la diffusion de l'idée d'atténuation des inondations, non seulement auprès des organismes gouvernementaux, mais aussi de la population locale.

D'autre part, les travaux d'amélioration des écoulements proposés par l'étude sont à compléter d'ici à 2030. Toutefois, cela pourrait prendre plus de temps du fait des contraintes budgétaires. Ainsi, étant donné que les mesures non structurelles nécessitent des budgets moindres, il est recommandé de les mettre en œuvre le plus tôt possible afin de réduire la vulnérabilité des zones d'inondation.

## *Tableaux*

**Tableau D2.3.1 Résultats de l'enquête sur l'inondation par des crues et leur dommages  
(Dommages causés par les crues et les inondations) (1/2)**

**Farmers**

No.	Code	Sample size	Year of Flood event	*1		*1		Major damaged crops	*1		*2
				Max Depth (cm)	Range (cm)	Duration (days)	Inundated Area (ha)		Damaged value (TND)	Received compensation	
1	NB	4	2003, 2000	33	20~40	5	17	vegetable, cereal	7,150	0/4	
2	JN	19	1973, 2000	88	10~300	12	6.8	olive, cereal	8,314	3/19	
3	BS	10	2003, 1973	50	20~100	21	1.5	olive, vegetable, cereal	3,850	6/10	
4	SI	10	2003	95	30~180	19	4.1	olive, cereal	7,555	2/10	
5	ZA	5	2003	154	40~300	44	4.4	olive, cereal	6,330	0/5	
6	TS	20	2003, 1973	75	20~400	15	1.9	pomegrate, other crops	18,281	1/20	
7	SL	30	1973, 2003	295	80~500	76	2.2	other crops	48,667	16/30	
8	MB	7	2003, 1973	159	50~300	39	1.9	vegetable, cereal	15,871	3/7	
9	EH	20	2003, 1973	148	80~300	55	28.5	olive, vegetable, cereal	44,550	10/20	
10	TB	9	1973, 2003	78	40~100	33	2.9	other crops	66,056	7/9	
11	JD	10	1973, 2003	101	50~250	35	5.6	vegetable, cereal, other crops	84,120	10/10	
12	EB	15	1973, 2003	107	50~200	27	4.3	cereal, other crops	16,547	9/15	
13	CS	20	2003, 1973	82	15~250	35	7.6	vegetable, cereal	9,625	1/20	
Average				113		32.0	6.8		25,917		

Note:

\*1, Average value of answers

\*2, (numbers of answer who received / total numbers of respondents)

**Residents**

No.	Code	Sample size	Year of Flood event	*1		*1		Major damaged properties	*1		*2	
				Max Depth (cm)	Range (cm)	Duration (days)	Inundated Area (m2)		Damaged value (TND)	Received compensation		
1	NB		2003	9 house respondents replied that no flood water reached to their house.							Not applicable	-
2	JN		1973, 2000	88	10~200	8	183	partial damage of house (tiling, window, crack of wall), furniture, cereals, etc.	Not applicable	4/16		
3	BS		2003, 1973	143	40~290	9	382	partial damage of house (tiling, window, crack of wall), furniture, etc.	Not applicable	16/20		
8	MB		2003, 1973	125	10~350	19	286	partial damage of house (tiling, window, wall), furniture, etc.	Not applicable	13/20		
10	TB		2003, 1973	100	30~200	32	122	partial damage of house (tiling, window, crack of wall), furniture, cereals, etc.	Not applicable	3/8		
11	JD		2003, 1973	109	40~220	38	128	partial damage of house (tiling, window, crack of wall), furniture, cereals, etc.	Not applicable	7/9		
12	EB		2003, 1973	90	30~150	17	108	partial damage of house (tiling, window, crack of wall), furniture, etc.	Not applicable	4/5		
Average				109		21	202					

Note:

\*1, Average value of answers

\*2, (numbers of answer who received / total numbers of respondents)

Source:

Results of "Flood Inundation and Damage Survey" conducted by Eco Ressources Inc., under the present JICA Study

**Tableau D2.3.1 Résultats de l'enquête sur l'inondation par des crues et leur dommages  
(Dommages causés par les crues et les inondations) (2/2)**

**Shops**

No.	Code	Sample size	Year of Flood event	*1 Max Depth (cm)	*1 Range (cm)	*1 Duration (days)	*1 Inundated Area (m2)	Major damaged properties	*1 Damage rate (%)	*1 Interruption period (days)	*3 Damaged value (TND)	*2 Received insurance	*2 Received compensation
2	JN		2000, 2003	80	20~180	11	74	chair and oterh material	88	19	438	0/4	0/4
3	BS		2003	109	20~200	10	34	refregirator, raw material, engine, icebox, hair dryer, mado	38	28	734	0/8	5/8
8	MB		2003	160	7~60	25	189	refregirator, office	21	80	22,200	0/7	4/7
10	TB		2003	43	25~60	15	190	no answer	10	23	1,625	0/2	0/2
11	JD		2003	100	100	45	30	Refrigerator	10	45	225	0/1	1/1
			Average	98		21	103		33	39	5044		

Note: \*1, Average value of answers

\*2, (numbers of answer who received / total numbers of respondents)

\*3, Answers of unit shall be verified (uncertain).

**Industries**

No.	Code	Sample size	Year of Flood event	*1 Max Depth (cm)	*1 Range (cm)	*1 Duration (days)	*1 Inundated Area (m2)	Major damaged properties	*1 Damage rate (%)	*1 Interruption period (days)	*1 Damaged value (TND)	*2 Received insurance	*2 Received compensation
2	JN		2000	120	120	2	400	motors	-	45	18,000	1/1	0/1
3	BS		2003	100	80~120	4	40	raw materila	60	34	3,750	1/2	1/2
8	MB		2003	148	50~220	34	98	engines, tools and materials	20	60	18,500	0/6	1/6
10	TB		2003	60	60	30	140	engine	15	30	3,600	0/1	0/1
			Average	107		18	170		32	42	10,963		

Note: \*1, Average value of answers

\*2, (numbers of answer who received / total numbers of respondents)

Source: Results of "Flood Inundation and Damage Survey" conducted by Eco Ressources Inc., under the present JICA Study

**Tableau D2.3.2 Résultats de l'enquête sur l'inondation par des crues et leur dommages (Mesures de protection des crues) (1/2)**

**Farmers**

No.	Code	Mind for self-help or preparedness for next flood		Secured properties in past flood		Repetition of damage if flood hits		Change of daily life for preparedness of next flood		Lessons learnt (majority and dominant comments)	Existing flood control structures near your house, do you know?		Most important structure for flood protection (numbers of answer as the highest priority)				
		Possible	Negative	Yes	No	Yes	No	Yes	No		Yes	No	Construction of structures	Early warning	Proper instruction	Supporting manpower	Evacuation assistance
1	NB	2	2	0	4	2	2	0	2	·Flood is dangerous. If we do not find the suitable ways to escape from it, the losses would be extremely severe. ·We must evacuate as fast as possible.	0	4	4	0	0	0	0
2	JN	9	10	0	19	19	0	0	19	·Need to move away the most important properties. ·Flood streaming in the river is very high. ·When it dose happen we lose many things.	0	19	0	5	2	0	12
3	BS	0	10	0	10	10	0	0	10	·We must be careful when it rains. ·We are trying our best to save our crops, but still do not have any solution to cope with floods. ·Flood is a threat that will make us suffer unless we find the suitable solutions.	6	4	8	0	0	0	2
4	SI	3	7	0	10	10	0	0	10	·To face the situation with courage and patience. ·Flood is big problem and not easy to face.	0	10	0	7	1	0	2
5	ZA	1	4	0	5	5	0	0	5	·Floods are serious threat. ·Flood is a big problem and not to face.	0	5	0	1	0	1	3
6	TS	5	15	0	20	20	0	0	20	·We must be careful especially when it rains. ·When it does happen we lose so many things.	1	19	0	18	0	0	2
7	SL	15	15	0	30	30	0	0	30	·Flood streaming in the river is very rough. ·Flood makes in danger our lives and products.	0	30	4	25	0	0	1
8	MB	0	7	0	7	7	0	0	7	·Floods are serious threat. ·We are unable to face floods.	0	7	7	0	0	0	0
9	EH	1	19	0	20	20	0	0	20	·Floods are very severe, there must be a solution to stop their danger. ·Floods are main cause of our losses in the last few years.	0	20	20	0	0	0	0
10	TB	3	6	0	9	9	0	0	9	·Floods are serious threat. ·Floods may make us homeless.	0	9	0	9	0	0	0
11	JD	6	4	0	10	10	0	0	10	·Floods are threat that will make us suffer unless we find the suitable solutions. ·When floods happen we lose so many things.	0	10	0	9	0	0	1
12	EB	8	7	0	15	14	1	0	14	·We must be careful especially when it rains. ·Flood streaming in the river is very rough.	0	15	0	15	0	0	0
13	CS	4	16	0	20	20	0	0	20	·Flood are very harmful. ·Floods are very dangerous. Most important thing is to protect our lives.	0	20	10	10	0	0	0
Total		57	122	0	179	176	3	0	176		7	172	53	99	3	1	23
		32%	68%	0%	100%	98%	2%	0%	100%		4%	96%	30%	55%	2%	1%	13%

Source: Results of "Flood Inundation and Damage Survey" conducted by Eco Ressources Inc., under the present JICA Study

**Tableau D2.3.2 Résultats de l'enquête sur l'inondation par des crues et leur dommages (Mesures de protection des crues) (2/2)**

**Residents**

No.	Code	Mind for self-help or preparedness for next flood		Secured properties in past flood		Repetition of damage if flood hits		Change of daily life for preparedness of next flood		Lessons learnt (majority and dominant comments)	Existing flood control structures near your house, do you know?		Most important structure for flood protection (numbers of answer as the highest priority)				
		Possible	Negative	Yes	No	Yes	No	Yes	No		Yes	No	Construction of structures	Early warning	Proper instruction	Supporting manpower	Evacuation assistance
1	NB	0	11	Not applicable	0	11	0	11	'We shall predict dangers if floods are string enough to threaten our lives.	0	11	11	0	0	0	0	
2	JN	6	10		0	16	0	16	'Floods are very dangerous and unrespectable when they happen.	0	16	0	10	0	0	0	6
3	BS	6	14		0	20	0	20	'We cannot cope with flood. We have to find a fundamental solution.	11	9	16	1	0	1	2	
8	MB	1	19		0	20	0	20	'Floods are serious dangers.	0	20	20	0	0	0	0	0
10	TB	1	7		0	8	0	8	'Floods make in danger our lives and products.	0	8	0	8	0	0	0	0
11	JD	7	2		0	9	0	9	'We must be careful especially when it rains.	0	9	0	7	0	0	0	2
12	EB	1	4		0	5	0	5	'Floods are threat that will make us suffer unless we find the suitable solutions.	0	5	0	5	0	0	0	0
Total		22 25%	67 75%		0 0%	89 100%	0 0%	89 100%		11 12%	78 88%	47 53%	31 35%	0 0%	1 1%	10 11%	

**Shops**

No.	Code	Mind for self-help or preparedness for next flood		Secured properties in past flood		Repetition of damage if flood hits		Change of daily life for preparedness of next flood		Lessons learnt (majority and dominant comments)	Existing flood control structures near your house, do you know?		Most important structure for flood protection (numbers of answer as the highest priority)				
		Possible	Negative	Yes	No	Yes	No	Yes	No		Yes	No	Construction of structures	Early warning	Proper instruction	Supporting manpower	Evacuation assistance
2	JN	1	3	Not applicable	4	0	0	4	'Floods are serious danger.	0	4	0	1	1	0	2	
3	BS	2	6		8	0	2	6	'We must move as far as possible to save our properties.	6	2	7	0	0	0	0	1
8	MB	0	7		7	0	0	7	'W cannot cope with floods, we have only to escape whenever it happens.	0	7	7	0	0	0	0	0
10	TB	0	2		2	0	0	2	'Floods make us danger our lives and products.	0	2	0	2	0	0	0	0
11	JD	0	1		1	0	0	1	'Floods are serious threat.	0	1	0	1	0	0	0	0
Total		3 14%	19 86%		22 100%	0 0%	2 9%	20 91%		6 27%	16 73%	14 64%	4 18%	1 5%	0 0%	3 14%	

**Industries**

No.	Code	Mind for self-help or preparedness for next flood		Secured properties in past flood		Repetition of damage if flood hits		Change of daily life for preparedness of next flood		Lessons learnt (majority and dominant comments)	Existing flood control structures near your house, do you know?		Most important structure for flood protection (numbers of answer as the highest priority)				
		Possible	Negative	Yes	No	Yes	No	Yes	No		Yes	No	Construction of structures	Early warning	Proper instruction	Supporting manpower	Evacuation assistance
2	JN	1	0	Not applicable	1	0	0	0	'To face the situation with courage and patience	0	1	0	1	0	0	0	
3	BS	0	2		2	0	0	2	'We are unable to face floods ourselves and we need help.	2	0	2	0	0	0	0	
8	MB	0	6		6	0	0	6	'We must find a fundamental solution to reduce floods' danger.	0	6	6	0	0	0	0	0
10	TB	0	1		1	0	0	1	'Flood is a big problem and not easy to face.	0	1	0	1	0	0	0	0
Total		1 10%	9 90%		10 100%	0 0%	0 0%	9 100%		2 20%	8 80%	8 80%	2 20%	0 0%	0 0%	0 0%	

Source: Results of "Flood Inundation and Damage Survey" conducted by Eco Ressources Inc., under the present JICA Study

**Tableau D2.3.3 Résultats de l'enquête sur l'inondation par des crues et leur dommages (Evaluation et alerte précoce) (1/2)**

**Farmers**

No.	Code	Evacuation experiences in past			Source of information for evacuation					Did you hear any warning for evacuation?			Do you know evacuation plan?		Do you know where and how to evacuate?		Do you think the evacuation plan is necessary?		Have you participated in the evacuation drill?	
					Police	Imada Office	Delegation Office	Governorate Office	Myself	Yes	No	No answer	Yes	No	Yes	No	Yes	No answer	Yes	No
		Yes	(Year)	No																
1	NB	1	2000(1)?	3	0	0	0	0	1	0	3	1	0	4	2	2	4	0	0	4
2	JN	14	1973(6), 2000(8)	5	0	0	1	3	10	0	5	14	4	15	17	2	16	3	1	18
3	BS	6	2003(6)	4	0	0	3	0	3	0	3	7	1	9	6	4	10	0	1	9
4	SI	9	2003(9)	1	0	0	0	2	7	2	8	0	2	8	10	0	8	2	2	8
5	ZA	1	2003(1)	4	0	0	0	0	1	0	5	0	0	5	3	2	5	0	1	4
6	TS	5	2003(5)	15	0	2	0	0	3	3	17	0	3	17	19	1	17	3	0	20
7	SL	30	2003(30)	0	1	10	0	0	19	12	18	0	12	18	30	0	18	12	5	25
8	MB	5	1973(1), 2003(4)	2	0	4	1	0	0	2	0	5	2	5	7	0	5	2	2	5
9	EH	20	2003(20)	0	0	1	2	0	17	0	0	20	1	19	20	0	19	1	1	19
10	TB	9	1973(2), 2003(7)	0	0	0	0	0	9	0	9	0	0	9	9	0	9	0	0	9
11	JD	10	2003(10)	0	0	10	0	0	0	10	0	0	10	0	10	0	0	10	0	10
12	EB	15	1973(1), 2003(14)	0	0	0	0	0	15	0	15	0	0	15	15	0	15	0	1	14
13	CS	16	2003(16)	4	0	0	6	1	9	1	10	9	0	20	20	0	20	0	0	20
	Total	141		38	1	27	13	6	94	30	93	56	35	144	168	11	146	33	14	165
		79%		21%	1%	19%	9%	4%	67%	17%	52%	31%	20%	80%	94%	6%	82%	18%	8%	92%

**Residents**

No.	Code	Evacuation experiences in past			Source of information for evacuation					Did you hear any warning for evacuation?			Do you know evacuation plan?		Do you know where and how to evacuate?		Do you think the evacuation plan is necessary?		Have you participated in the evacuation drill?	
					Police	Imada Office	Delegation Office	Governorate Office	Myself	Yes	No	No answer	Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes	No
		Yes	(Year)	No																
1	NB	0	-	11	0	0	0	0	0	0	11	0	0	11	11	0	11	0	0	11
2	JN	13	1973(3), 2000(9), 2003(1)	3	0	0	0	7	6	5	8	3	8	8	14	2	11	5	7	9
3	BS	18	2003(18)	2	0	0	7	7	4	1	1	18	3	17	13	7	17	3	4	16
8	MB	19	1973(1), 2003(18)	1	17	0	0	0	2	0	1	19	2	18	12	8	18	2	2	18
10	TB	6	1973(1), 2003(5)	2	0	0	2	0	4	3	5	0	3	5	8	0	5	3	2	6
11	JD	9	2003(9)	0	0	7	0	0	2	7	1	1	7	2	9	0	2	7	1	8
12	EB	3	2003(3)	2	0	0	1	0	2	0	4	1	0	5	4	1	5	0	0	5
	Total	68		21	17	7	10	14	20	16	31	42	23	66	71	18	69	20	16	73
		76%		24%	25%	10%	15%	21%	29%	18%	35%	47%	26%	74%	80%	20%	78%	22%	18%	82%

Source: Results of "Flood Inundation and Damage Survey" conducted by Eco Ressources Inc., under the present JICA Study

**Tableau D2.3.3 Résultats de l'enquête sur l'inondation par des crues et leur dommages (Evaluation et alerte précoce) (2/2)**

**Shops**

No.	Code	Evacuation experiences in past			Source of information for evacuation					Did you hear anywarning for evacuation?			Do you know evacuation plan?		Do you know where and how to evacuate?		Do you think the evacuation plan is necessary?		Have you participated in the evacuation drill?	
					Police	Imada Office	Delegation Office	Governorate Office	Myself	Yes	No	No answer	Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes	No
		Yes	(Year)	No																
2	JN	2	2000(2)	2	0	0	0	0	2	0	4	0	0	4	4	0	4	0	0	4
3	BS	7	2003(7)	1	0	0	3	2	2	0	1	7	0	8	6	2	8	0	4	4
8	MB	7	2003(7)	0	0	1	0	0	6	0	0	7	0	7	5	2	7	0	0	7
10	TB	2	2003(2)	0	0	0	0	0	2	1	1	0	1	1	2	0	1	0	0	2
11	JD	1	2003(1)	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0
	Total	19		3	0	2	3	2	12	2	6	14	2	20	18	4	20	0	5	17
		86%		14%	0%	11%	16%	11%	63%	9%	27%	64%	9%	91%	82%	18%	100%	0%	23%	77%

**Industries**

No.	Code	Evacuation experiences in past			Source of information for evacuation					Did you hear anywarning for evacuation?			Do you know evacuation plan?		Do you know where and how to evacuate?		Do you think the evacuation plan is necessary?		Have you participated in the evacuation drill?	
					Police	Imada Office	Delegation Office	Governorate Office	Myself	Yes	No	No answer	Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes	No
		Yes	(Year)	No																
2	JN	1	2000(1)	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1
3	BS	2	2003(2)	0	1	0	1	0	0	0	0	2	0	2	2	0	2	0	2	0
8	MB	5	2003(5)	1	0	0	2	0	4	0	1	5	0	6	6	0	6	0	0	6
10	TB	1	2003(1)	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1
	Total	9		1	1	0	3	0	6	0	3	7	0	10	10	0	10	0	2	8
		90%		10%	10%	0%	30%	0%	60%	0%	30%	70%	0%	100%	100%	0%	100%	0%	20%	80%

Source: Results of "Flood Inundation and Damage Survey" conducted by Eco Ressources Inc., under the present JICA Study

**Tableau D2.5.1 Problèmes principaux de la protection des crues et mesures structurelle possibles  
(pour la mise préliminaire et les alternatives) (1/2)**

Location	Mejerda US			Mellegue DS	Mejerda and Mellegue Confluence	
	Approx. 6 km DS from Ghardimaou ~ Confluence of Rarai*	Jendouba Bridge	Jendouba City and Its Suburbs	Bou Salem City and Its Suburbs	Confluence of Mellegue ~ Approx. 22km US Left Bank	Approx. 2 km to the North from the Mellegue bridge (Route No.6)
Principal Feature of Watershed and River Channel	<ul style="list-style-type: none"> <li>Extensive meandering</li> <li>Formed as a valley with high river bank (10m ~ 15m or more) and continued down to Jendouba</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Low lying area is located around Jendouba and forms topography where flooded water likely concentrate there.</li> <li>If flood peak discharges of the Mejerda River can be retarded before rushing into Jendouba, the countermeasure would be effective.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dike has been constructed in river channel at US and DS of Bou Salem Bridge by Ministry of Equipment (June to July 2007).</li> <li>It is not only obstruction of flow but also deteriorating proper function of automatic water level gauges. Remedial measure is urgently required.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Steep slope is formed at river bank with at least 4~5m in height. At DS a valley is formed with reaching to 10 ~ 15m as same as the Mejerda.</li> <li>Riverbed material is composed by 5~15cm in diameter of gravel and seems to be maintained the riverbed conditions before construction of Mellegue Dam. It seems that fine material has been washed to DS and acetated siltation there.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Relatively low populated area with natural vegetation (brushes)</li> </ul>
				<ul style="list-style-type: none"> <li>Drainage improvement project is on-going by Ministry of Equipment. Approx. 50 % has been completed. Project cost is approx. TND 5.0 mil.</li> </ul>		
Flooding Conditions	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inundated along the main road in 1973</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Max. water level was 14.6 m (Gauge Height) in 1973 flood (upper surface of bridge girder).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Almost entire area of Jendouba City (approx. 3,000 ha) was inundated in 1973.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Almost entire area of Bou Salem City was inundated due to 2003 flood.</li> <li>Overtopped at left bank of DS areas of the Bou Heurtma River.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Overtopped at same location when floods occurred both in 1973 and 2000, and flooded water ran into lowly undulated areas along old river course of the Mejerda. It eventually joined with the Mejerda again at just US of confluence.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Deep river channels of both main river; bank areas often at lower level - natural flood plain</li> </ul>
	(Approx. 600 ha of farmland was inundated )	(Max gauge level is 14.0 m)		<ul style="list-style-type: none"> <li>The railway bridge crossing over the Bou Heurtma River is disrupting flow.</li> <li>Prevention from overtopping of the Bou Heurtma River is one of key points for protection of Bou Salem City.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>There is a concrete box culvert crossing main road (Route No.6) which has a function of drainage canal. However, it is clogged by heavy silt and garbage (approx. 2 km bound to Jendouba from Mellegue Bridge).</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Backwater into the Rarai seems to be influenced in inundation.</li> <li>Overbanked flow from Mejerda comes through flood plain between Mejerda and Rarai Rivers to Rarai - ca 4 km US from confluence</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Overtopped from low banks (right and left) at US of bridge site</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>A pumping station for irrigation (P0) exists at just DS of confluence of the Mejerda and Bou Heurtma. As for tapping water there, water level is raising by steel sheet piling across the river and it affects to US water level. Steel sheet piling weir is partially broken - reconstruction or replacement by movable structure is recommended.</li> </ul>		
				<ul style="list-style-type: none"> <li>Dike and huge layer of sediment in Bou Salem (at gauging station) causes backwater during flood up to confluence with Bou Heurtma River. River channel maintenance is required urgently.</li> </ul>		
Flood Damage	Agricultural crop and farmland	Road, bridge, house, farmland	House, household effects, agricultural crops, farmland, road, railway	House, household effects, agricultural crops, farmland, road, railway	Agricultural crops and farmland	Agricultural crop and farmland
Possible Countermeasures	<ul style="list-style-type: none"> <li>Short-cut</li> <li>Dike</li> <li>Retarding basin</li> <li>Combinations of the above</li> <li>Area US of confluence of Mejerda and Rarai to let in current conditions - as natural retardation basin. Dikes (cutting of natural flood plain area) could get worse flood conditions downstream, esp. in Jendouba</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>In case of flow capacity is small at bridge section) Additional span(s) can be provided at left bank with box culvert, etc.</li> <li>Channel excavation (namely DS of the town)</li> <li>Removing some old concrete structure (flow obstacle) from river channel - situated directly in bridge cross section.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Retarding basin (approx. 500 ha)</li> <li>Short-cut</li> <li>Dike</li> <li>Cobination of the above</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Channel excavation of the Bou Heurtma River (vegetation maintenance), dike along the Bou Heurtma, improvement of railway bridge and intake structure of pumping station</li> <li>Channel excavation of the Mejerda River</li> <li>Dike (location and size according to simulation results)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dike (+ revetment) - old field road should be used partially as a base of levee construction</li> <li>Channel excavation</li> <li>Short-cut</li> <li>Retarding basin (approx.60 ha)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Two smaller retardation basins are proposed for protection downstream area (Bou Salem)</li> </ul>
Notable Issues to be Considered		<ul style="list-style-type: none"> <li>After 2003 flood, drainage canal was constructed by Municipality of Jendouba.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Influence of Bou Heurtma Dam located at US shall be considered for river improvement of Bou Heurtma itself (minimal ecological discharge will be assessed).</li> </ul>		

Source: The Study Team

**Tableau D2.5.1 Problèmes principaux de la protection des crues et mesures structurelle possibles  
(pour la mise préliminaire et les alternatives) (2/2)**

Location	Mejerda MS		Mejerda DS			
	DS of Sidi Salem Dam – Testour ~ Slougia*	Medjez El Bab	Medjez El Bab ~ El Herri Weir ~ Laroussia Dam	Tebourba ~ Jedeida	Confluence of Chadrou ~ Tobias Movable Weir	Tobias Movable Weir ~ River Mouth (Floodway)
<b>Principal Feature of Watershed and River Channel</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lowly undulated along the river course and formed moderate hilly topography.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>The old bridge (Andalous) constructed in 17th Century seems to be disruption of river flow.</li> <li>The ground elevation in the City is low, and in particular, near the rotary at right bank side of the old bridge.</li> <li>There is a gentle hill with 20-30 m in height at south side of the City.</li> <li>Construction of new floodway might be possible if the route could avoid crossing the hill.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Shortcuts are proposed in El Herri area - appropriate location to be confirmed</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>The causes of inundation between Tebourba and Jedeida might be lack of flow capacity in the Mejerda River itself, in particular, at DS of El Battane Weir, and US and DS of Jedeida Old Bridge (decrease of flow section due to siltation at riverbed is significant).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>The river width is about 50 to 70 m (distance between shoulders of river banks). There is low dike (less 2.0 m high) partially along the stretch. According to DGBGTH, river improvement of the Mejerda in these stretches has been started during French occupation in 1910's. Short-cutting was realized at least three stretches as far as confirmed on topographic maps (scale of 1:25,000). Crescent-shaped lakes are remained.</li> <li>The large drained area around El Mabtouh is natural flood plain.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Construction of Tobias Movable Weir was completed in 1990, and the pumping station, which is operated by SECADENORD, was constructed in 1991.</li> <li>The original river course of the Mejerda was reformed by narrowed trapezoidal section with concrete lining of bottom and side slopes. New floodway stretches about 8.0 km from Tobias Movable Weir to the river mouth.</li> </ul>
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Discharge capacity in the vicinity of Andalous bridge was increased ca from 180 m<sup>3</sup>/s up to 250 - 300 m<sup>3</sup>/s by measures (dredging) in year 2005. ONAS already prepared some proposal for flood protection of town in the future.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>According to Laroussia dam operator vegetation in river channel was significantly cut in about 8 km long river reach near Jedeida (to be confirmed the location) in year 2004 =&gt; Laroussia dam operator appreciated positive effect of this cutting.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>The riverbed material is mainly composed of fine sand and bank erosion looks not so serious with thick vegetation.</li> <li>Outlet gate from El Mabtouh drainage channel is destroyed - unable to move.</li> </ul>
<b>Flooding Conditions</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inundation was extended in a belt along the main road between Testour and Mejez El Bab due to 1973 flood.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Overtopping at US left bank of new bypass road occurred due to 2003 flood. The flooded water crossed the new road and rushed into the center of the city.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inundation area was extended as a belt along the main road between Mejez El Bab and Tebrouba in 1973.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>The wide areas between Testour and Jedeida were inundated due to 1973 flood. Especially overtopping occurred and inundation area was extended at DS of El Battane Weir in 2003 flood.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>According to the inundation areas due to 1973 flood, overtopping might have been occurred at various locations at left bank side (bank height or height of dike shall be confirmed by river cross sections).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Although flooding conditions in these stretches due to floods of 2004 and 2005 are not confirmed yet, confirmation would be required.</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Overtopped at DS both banks of the old bridge.</li> <li>At around 4 km DS of the old bridge, overtopping occurred at first meandering stretches of the Mejerda.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>It is reported that the flood in 2003 has not affected to Laroussia Dam (total design discharge of three gates is 250 m<sup>3</sup>/s: to be confirmed).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inundation has occurred at both sides of river banks between Jedeida Old Bridge and confluence of the Chadrou River in 2004 flood.</li> </ul>		
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Inundation happened along the two creeks which join at left bank with the Mejerda. However, the inundation area was not so extended due to relatively high ground elevation.</li> <li>The left bank flood plain is also flooded by backwater from drainage system (not</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Especially, flow capacity between El Battane and El Henna (Jedeida) is quite small and its countermeasure will be essential.</li> <li>There is really huge layer of sediment and dense vegetation in river course in DS of El Battane weir/bridge =&gt; significant decre</li> </ul>		
				<ul style="list-style-type: none"> <li>MAHR mentioned that the fast growing-up of vegetation in the most of stretches is serious problem in order to maintain flow capacity and smooth current.</li> </ul>		
<b>Flood Damage</b>	Agricultural crops, farmland and road	House, household effects, agricultural crops, farmland, road, factory, pipeline	House, household effects, agricultural crops, farmland, road	House, household effects, agricultural crops, farmland, road	House, household effects, agricultural crops, farmland, road, irrigation canal and appurtenant structures	House, household effects, agricultural crops, farmland, road, irrigation canal and appurtenant structures
<b>Possible Countermeasures</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Channel improvement</li> <li>Dike</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Channel improvement</li> <li>New floodway (approx. 3.8 km)</li> <li>Dike (overtopped section)</li> <li>Stuiceways (at outlet of tributaries)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Channel improvement</li> <li>Dike</li> <li>Short-cut</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>River improvement (dredging, widening)</li> <li>Dike</li> <li>Bypass channel (Approx. 1.3 km for bypass of El Battane Weir - to be evaluated by MIKE Flood)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>River improvement (dredging)</li> <li>Dike</li> <li>River training works (US right bank side of Tobias Weir)</li> <li>Large area around El Mabtouh to be let as natural flood plain, only local protection (dikes) of settled areas</li> <li>Reconstruction of outlet gate from El Mabtouh drainage canal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>River improvement</li> <li>Dike</li> <li>Reconstruction of old Mejerda channel downstream Tobias weir (new connection with existing Mejerda river channel) also for flood protection use</li> </ul>
<b>Notable Issues to be Considered</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>The new floodway will require resettlement of 40 to 50 households (to be confirmed). Provision of siphon (about 280 m long) will be one of option to mitigation the adverse effect to the local people.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>River improvement at US and DS of El Herri will require due care of height of the weir. The current riverbed formation at US might be affected by this structure.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Although low lying areas likely suitable for retarding basin exists in fact, retarding flood peak discharge seems not essential in these stretches. Rather importance should be given how much water can be stored in terms of quantity. It will be verified through topographic survey.</li> </ul>	
					<ul style="list-style-type: none"> <li>Since Tobias Movable Weir will become to be control point in hydraulics, its affect to flow capacity (and also influence of road bridge to Galáat Landalous) shall be examined.</li> <li>Confirmation on flow capacity of DS canal and Tobias Movable Weir shall be made.</li> </ul>	

Source: The Study Team

**Tableau D3.6.1 Caractéristiques principales de l'amélioration de l'oued proposée**

**Zone D2**

<b>I. Mejerda River</b>				
1) Levee embankment				
a) Length				
Whole river stretches under planning		60,310	m	
(Heightening of existing levee)		20,280	m	
Actual construction plan of embankment		55,843	m	
	(Left bank)	29,365	m	
	(Right bank)	26,478	m	
b) Height		0.5 - 2.5	m	
2) Channel excavation/widening				
	Length	63,838	m	
	Volume	10.0	mil.m <sup>3</sup>	
3) Sluice gate		47	Nos.	
4) Revetment				
	Concrete frame type	2,200	m	
	Stone pitching type	500	m <sup>3</sup>	
	Fascine mattress type	2,400	m <sup>2</sup>	
5) Renewal of existing bridge		3	Location	
6) Heightening of existing railway bridge		1	Location	
7) Heightening of existing road		4,600	m	
<b>II. El Mabtouh Retarding Basin</b>				
1) Inlet channel				
	Improvement of existing channel	9,130	m	
	New construction	2,770	m	
2) Outlet channel				
	Length	7,780	m	
3) Surrounding dike				
	Length	10,100	m	
	Height	2.0 - 4.0	m	
4) Design storage capacity		50 million	m <sup>3</sup>	
5) Design discharge				
	Inlet channel	Q=200	m <sup>3</sup> /s	
	Outlet channel	Q=50	m <sup>3</sup> /s max	
6) Overflow dike of inlet channel (with stop log)				
	Length	80	m	

**Zone D1**

<b>I. Mejerda River</b>				
1) Levee embankment				
a) Length				
Whole river stretches under planning		79,552	m	
Actual construction plan of embankment		70,580	m	
	(Left bank)	36,671	m	
	(Right bank)	33,909	m	
b) Height		0.5 - 2.5	m	
2) Channel excavation/widening				
	Length	81,224	m	
	Volume	9.4	mil. m <sup>3</sup>	
3) Sluice gate		72	Nos.	
4) Revetment				
	Concrete frame type	1,000	m	
	Stone pitching type	500	m <sup>3</sup>	
	Fascine mattress type	2,700	m <sup>2</sup>	
5) Renewal of existing bridge		1	Location	
<b>II. Majez El Bab Bypass Channel</b>				
1) Length				
	Length	4,512	m	
	Excavation volume	2.7	mil. m <sup>3</sup>	
2) Channel bottom width				
		15	m	
3) Design Discharge				
	Mejerda River	Q = 450	m <sup>3</sup> /s	
	Bypass channel	Q = 250	m <sup>3</sup> /s	

**Zone U2**

<b>I. Mejerda River</b>				
1) Levee embankment				
a) Length				
Whole river stretches under planning		54,971	m	
Actual construction plan of embankment		67,499	m	
	(Left bank)	34,833	m	
	(Right bank)	32,666	m	
b) Height		2.5 - 4.5	m	
2) Channel excavation/widening				
	Length	42,726	m	
	Volume	9.6	mil. m <sup>3</sup>	
3) Sluice gate		42	Nos.	
4) Revetment				
	Concrete frame type	1,000	m	
	Stone pitching type	500	m <sup>3</sup>	
	Fascine mattress type	3,300	m <sup>2</sup>	
5) Renewal of existing aqueduct with foot bridge		1	Location	
<b>II. Bou Salem Bypass Channel</b>				
1) Length				
	Length	7,736	m	
	Excavation volume	3.5	mil. m <sup>3</sup>	
2) Channel bottom width				
		25	m	
3) Design Discharge				
	Mejerda River	Q = 1,140	m <sup>3</sup> /s	
	Bypass channel	Q = 700	m <sup>3</sup> /s	

**Zone U1**

<b>I. Mejerda River</b>				
1) Levee embankment				
a) Length				
Whole river stretches under planning		3,721	m	
Actual construction plan of embankment		5,124	m	
	(Left bank)	5,124	m	
	(Right bank)	2,264	m	
b) Height		1.0 - 3.0	m	
2) Channel excavation/widening				
	Length	48,217	m	
	Volume	4.2	mil.m <sup>3</sup>	
3) Sluice gate		3	Nos.	
4) Revetment				
	Stone pitching type	250	m <sup>3</sup>	
	Fascine mattress type	1,500	m <sup>2</sup>	

**Zone M**

<b>I. Mellegue River</b>				
1) Levee embankment				
a) Length				
Whole river stretches under planning		8,895	m	
Actual construction plan of embankment		7,405	m	
	Actual construction length (Left bank)	4,195	m	
	(Right bank)	3,210	m	
b) Height		1.0 - 3.0	m	
2) Channel excavation/widening				
	Length	12,871	m	
	Volume	0.6	mil.m <sup>3</sup>	
3) Sluice gate				
		3	Nos.	

**Tableau D4.3.1 Documents disponibles relatifs aux dommages causes par les crues et les travaux de rétablissements dans la division administrative de Manouba (1/3)**

Ref. No.	Main Subject	Flood Event Concerned	Type of Document	Date Issued	Sent from	Sent to	Number of Page	File Type
Doc 1	A report about the meeting of the Regional Committee of disasters fighting of the Governorate Manouba organized from Feb 9,2005. The report describe all the improvements done up to Feb 20, 2005.	Feb. 2005	Report	February 20, 2003	The Governorate of Manouba	***	4	Word
Doc 2	A report about the damages occurred on the Governorate of Manouba after the rainfall of Feb & March 2005 and especially damages that concern the soil and water conservation sector.	Feb. 2005	Report	no date	***	***	1	Word
Doc 3	Report about the damages caused by the floods of Mejerda & Chafrou rivers in Manouba, a list of the damaged farmers.	Feb. 2005	Report	March 7, 2005	The President of the Agricultural information Cell-Manouba	Regional Delegate of the Agricultural Development	5	Excel
Doc 4	Report including 6 sheets describing the agricultural damages in Manouba caused by: floods, stagnated water, wind, cold and landslides. The sheet n° 7 summarize the others.	Feb.2005	Report	March 7, 2005	The Regional Delegate of the Agricultural Development-Manouba	The General Director of the Agricultural Productivity-Manouba	10	Excel
Doc 5	Survey of the black points where Mejerda overtopped in Feb 2005 and the submerged areas + A Xl file containing the list of the damaged farmers and the kind of their plantations (Battane :village of Halfaoui).	Feb.2005	Report	Feb 21, 2005	CRDA Manouba -The unit of the agricultural Information	***	2	Excel
Doc 6	The improvement made by the CRDA-Manouba and the progress of the 2004 maintenance program. The report includes 12 sheets.	- (river channel improvement works after Jan. 2003 flood)	Report	August 19, 2004	1 <sup>st</sup> & the 2 <sup>nd</sup> fromThe Regional Delegate of the Agricultural Development of Manouba	1 <sup>st</sup> The Governor of Manouba 2 <sup>nd</sup> The Secretary of the State to the Minister of Agriculture, Environment and Water Resources in charge of the water resources and fishing	12	Excel
Doc 7	An invitation for the meeting supervised by the Secretary of the State to the Minister of Agriculture and Water resources on Tuesday August 31, 2004 at 9 o'clock.	(after Jan. 2003 flood)	Letter	August 28,2004	The Minister Office Chief ( by procuracy from the Minister) Mr. Abdelhakim Khaldi	The Regional Delegate of the Agricultural Development-Manouba	1	Word
	A meeting leded by The Secretary of State of water resources and fishing= the excavation of the rivers and the protection of the towns from floods	(after Jan. 2003 flood)	Meeting minutes	August 31,2004	***	***	4	Word
Doc 8	With this letter a copy of the meeting minute is joined "to inform the CRDA Chief and to follow the meeting instructions".	(after Jan. 2003 flood)	Letter	September 11,2004	The First Delegate (by procuracy from the Governor of Manouba) Mr. Sadok SAIDII	The Regional Delegate of the Agricultural Development-Manouba	1	Word
	The meeting of the Regional Committee to cope with disasters and organizing rescue presided by the Governor of Manouba	(after Jan. 2003 flood)	Meeting minutes	September 20 ,2004	***	***	13	Word
Doc 9	Flooded areas in the Governorate of Manouba- Village that need an urgent works to preserve water and soil	Jan. 2003?	A3 map-3maps of the flooded areas-Report-Sheet	****	CRDA Manouba	***	6	Word
Doc 10	The influence of the strong rainfall of 11,12 and 13 December 2003 on the agricultural lands and infra-structures in Manouba	Dec. 2003	A preliminary report +2 sheets	December 15, 2003	CRDA Manouba	***	5	Word
Doc 11	A list of the farmers having a damaged lands by Chafrou and Mejerda Floods-January 2004	Jan. 2004	A list of the farmers and the damaged plantations	January 2004	CRDA Manouba	***	10	Excel
Doc 12	The distribution of the flooded areas by Chafrou and Mejerda rivers on January 2004	Jan. 2004	Sheet	January 16, 2004	CRDA Manouba	***	1	Excel
	The agricultural damages of the inundation of Mejerda in Manouba on January 2004	Jan. 2004	Report	January 16, 2004	CRDA Manouba	The Minister of Agriculture, Environment and Water Resources	3	Word
Doc 13	The damage caused by the inundation of Mejerda river on December 2003 and January 2004. Costs and the improvement done by the CRDA to cope with floods	Jan. 2004	Report (including 4 sheets & 3 photos)	January 28,2004	CRDA Manouba	***	10	Word
	Flooded lands-damages-maintenance works done on 2003-the improvement of the CRDA to cope with floods	Jan. 2004	4 sheets ( the previous report)	January 28,2004	CRDA Manouba	***	1	Excel
Doc 14	A list of the used materials and vehicles to cut the trees on Mejerda river (Manouba)	Sep.2003?	Report	September 29,2005	The Chief of the Forests District	The Chief of CRDA-Manouba		Word
Doc 15	4 sheets describe progress of the works and improvement done by the CRDA to cope with floods and disasters. Detailed work progress from September to October 2003.	(after Jan. 2003 flood)	4 Sheets	7 & 9 October 2003	CRDA Manouba	***	4	Excel

**Tableau D4.3.1 Documents disponibles relatifs aux dommages causes par les crues et les travaux de rétablissements dans la division administrative de Manouba (2/3)**

Ref. No.	Main Subject	Flood Event Concerned	Type of Document	Date Issued	Sent from	Sent to	Number of Page	File Type
Doc 16	A report that describe the current projects and the planned one	(after Jan. 2003 flood)	Report	August 25,2003	CRDA Manouba-Section of Water & Rural Equipment-District of the Maintenance of the Hydrological Equipments	***	2	Word
Doc 17	A project description: the reparation of the damaged equipments of the water and soil protection	(after Jan. 2003 flood)	Project Card	September 2003	CRDA Manouba- Section of water and soil protection	***	1	Word
Doc 18	A project description: the reparation of the damaged forestry equipments	Sep. 2003	Project Card	September 25, 2003	CRDA Manouba-Forests Section	***	1	Word
Doc 19	A report talking about the body of the animals killed by flood of Sep. 2003 -Manouba	Sep. 2003	Report	September 20,2003	CRDA Manouba	***	16 content is repeated	Word
Doc 20	A summary report of the damages caused to the corps and livestock by September 2003 inundation in Manouba	Sep. 2003	Report	September 23, 2003	CRDA Manouba	The Minister of Agriculture, Environment and Water Resources	1	Word
	A summary report of the damages caused to the corps and livestock by September 2003 flood in Manouba	Sep. 2003	Report	September 23, 2003	CRDA Manouba	The Minister of Agriculture, Environment and Water Resources	6	Excel
Doc 21	A synthetic report including all the damages caused by September 2003 flood	Sep. 2003	Report	October 1st, 2003	CRDA Manouba	***		Word
Doc 22	The places where the water stagnates in the Delegation of Oued Ellil	Sep. 2003	Report	October 7, 2003	Mr. The Delegate of Oued Ellil	Mr. The Governor of Manouba	2	Word
Doc 23	The damages that affected the hydrological equipments in the irrigated perimeter of Manouba	Jan. 2003	Report	February 22,2003	The Regional Delegate of the Agricultural Development of Manouba	The General Director of the Rural Engineering and Water Exploitation	3 (the third is repeated)	Word
Doc 24	Damages the affected the Hydrological Equipments and materials	Jan. 2003?	Report	March 1st, ...the year isn't clear	CRDA Manouba-The section of Water and Rural Equipment-The district of Maintenance of the Hydrological Equipments	***	1	Word
Doc 25	This document describe the procedures to do for the body of the dead animals	Jan. 2003?	A technical notice	no date	Health Ministry-Direction of Hygiene, Milieu and environment protection	***	2	Word
Doc 26	9 sheets describing the damages caused by flood and the financial cost of the damage	Jan. 2003	Sheets	January 2003	***	***	7(the 2last pages are repeated)	Excel
Doc 27	The subsidiary unit created in the Regional Committee to avoid and cope with floods and rescue organization in Manouba	?	Report	no date	The Governorate of Manouba-Political affairs section	***	2	Word
Doc 28	This report proposes to acquire a materials (pumps, vehicles) to use during inundations	Dec. 2003	Report	December 2003	***	***	1	Word
Doc 29	This report explains the improvement done by the CRDA Manouba to cope with January 2003 inundation.	Jan. 2003	Report	September 23, 2003	The Regional Delegate of the Agricultural Development of Manouba	The Minister of Agriculture, Environment and Water Resources	2	Word
Doc 30	A list of the damaged farmers and theirs lands (heavy rainfall of 17 and 18 September 2003)	Sep. 2003	Report	September 20,2003	The Chief of the Regional Union of Agriculture and Fishing in Manouba	The Regional Delegate of the Agricultural Development-Manouba	1	Word
Doc 31	A report about the damage of the plantations after the heavy rainfall (September 2003)	Sep. 2003	Report	September 21, 2003	The Chief of the Agricultural information-Manouba	The General Director of CRDA of Manouba & The Chief of the Information and the improvement of the Agricultural production	1	Word
	A sheets describing the list of farmers, their damaged plantations, by hectares.	Sep. 2003	Sheets	September 21, 2003	The Chief of the Agricultural information-Manouba	The General Director of CRDA of Manouba & The Chief of the Information and the improvement of the Agricultural production	3	Excel
Doc 32	A detailed report about the inundations of January 2003 in Manouba and the ways to solve the problems	Jan.2003	Report	no mentioned	The National technical committee	***	21	Word

**Tableau D4.3.1 Documents disponibles relatifs aux dommages causes par les crues et les travaux de rétablissements dans la division administrative de Manouba (3/3)**

Ref. No.	Main Subject	Flood Event Concerned	Type of Document	Date Issued	Sent from	Sent to	Number of Page	File Type
Doc 33	The impact of 2003 inundation on the aquifer in Manouba	Jan.2003	Report	not mentioned	Mr. Abdessatar BEN KESSIM- Chief of the Water resources Section	***	5	Word
Doc 34	Inundation of 2003 in Manouba	Jan.2003	Report	not mentioned	CRDA Manouba	***	6	Word
	An appendix of the previous report (Doc 34)	Jan.2003	2 Sheets	not mentioned	CRDA Manouba	***	1	Excel
Doc 35	A report that describes the agricultural damages in the Governorate of Manouba caused by 2003 inundations	Jan.2003	Report	February 2003	Ministry of Agriculture-The committee of evaluation of the agricultural damages of the inundations in the Governorate of Manouba	***	17	Word
	16 Sheets including the damages of all the sectors (livestock, agriculture, construction...)	Jan.2003	Sheets	February 2003	Ministry of Agriculture-The committee of evaluation of the agricultural damages of the inundations in the Governorate of Manouba	***		Excel

**Tableau D4.3.2 Information de base sur les dommages causés aux cultures agricoles par les crues (1/2)**

**1. Flood Inundation and Damage Survey, March 2007 (under current JICA Study)**

(Simple statistic enumeration of answers from the respondents as "Farmers")

No.	Area	Sample size	Year of Flood event	Max Depth (cm)	Range (cm)	Duration (days)	Inundated Area (ha)	Major damaged crops	Damaged value		Received compensation
									(TND)	(TND/ha)	
1	Nebeur	4	2003, 2000	33	20-40	5	17.0	vegetable, cereal	7,150	421	0/4
2	Jendouba	19	1973, 2000	88	10-300	12	6.8	olive, cereal	8,314	1,223	3/19
3	Bou Salem	10	2003, 1973	50	20-100	21	1.5	olive, vegetable, cereal	3,850	2,567	6/10
4	Sidi Ismail	10	2003	95	30-180	19	4.1	olive, cereal	7,555	1,843	2/10
5	Zone Amont	5	2003	154	40-300	44	4.4	olive, cereal	6,330	1,439	0/5
6	Testour	20	2003, 1973	75	20-400	15	1.9	pomegrate, other crops	18,281	9,622	1/20
7	Slouguia	30	1973, 2003	295	80-500	76	2.2	other crops	48,667	22,121	16/30
8	Mejez El bab	7	2003, 1973	159	50-300	39	1.9	vegetable, cereal	15,871	8,353	3/7
9	El Herri	20	2003, 1973	148	80-300	55	28.5	olive, vegetable, cereal	44,550	1,563	10/20
10	Tebrouba	9	1973, 2003	78	40-100	33	2.9	other crops	66,056	22,778	7/9
11	Jedeida	10	1973, 2003	101	50-250	35	5.6	vegetable, cereal, other crops	84,120	15,021	10/10
12	El Battan	15	1973, 2003	107	50-200	27	4.3	cereal, other crops	16,547	3,848	9/15
13	Chaouat- Sidi Thabet	20	2003, 1973	82	15-250	35	7.6	vegetable, cereal	9,625	1,266	1/20
		179	Average	113		32	6.8		25,917	3,798	

Note:

\*1, Average value of answers

\*2, (numbers of answer who received / total numbers of respondents)

**2. Flood Inundation and Damage Survey, March 2007 (under current JICA Study)**

- Irrigated land (灌溉農地) **581.22** /ha (Yr 2006 price) (based on the answers from farmers in Governorate Beja in Jan. 2003 Flood and of
- Dry farm land (乾燥農地) **240.34** /ha (Yr 2006 price) Governorate Jendouba in May 2000 Flood)

**3. Information from CRDA Manouba** (collected by Study Team)

**3.1 Damaged value caused by Jan. 2003 flood (Ref:Doc 26)**

(Damaged area: not specifically mentioned, but supposed to be the total in whole Governorate Manouba)

Damaged Item	Damage Area	Value per ha	Damaged Value (TND)
<b>Crops (A)</b>			
Dry cereals	2,233	600	1,339,800
Irrigated cereals	810	1,350	1,093,500
Green fodder	1,045	750	783,750
Other cereals	54	480	25,920
Potatoes	77	4,500	346,500
Artichoke	535	4,500	2,407,500
Other leguminous	93	1,000	93,000
Sub-total	4,847	13,180	6,089,970
<b>Fruits tree (B)</b>			
Completely destroyed	110	3,000	330,000
Partially destroyed	1,600	2,000	3,200,000
Sub-total	1,710	5,000	3,530,000
Total	6,557	=(A)+(B)	9,619,970
			=(A)+(B) = 1,467 (TND/ha)
<b>Cattle (C)</b>			
Sheep	250	120	30,000
Cow	24	800	19,200
Fowl	683	3	2,049
Hives of bees	418	100	41,800
Rabbits	112	5	560
Sub-total	1,487	1,028	93,609
<b>Restoration works (D)</b>			
Well excavation	8	400	3,200
Pumps (reparation)	211	100	21,100
Irrigation canal	11,320	5	56,600
Equipment for spot irrigation	161	2,000	322,000
Stables and poultry farms	27	100	2,700
Sub-total	11,727	2,605	405,600
Total			10,119,179
			=(A)+(B)+(C)+(D)

Damage to agricultural products  
 = (1,467+400) x 1.0964 = 2,047  
 = **2,000 /ha**  
 (2007 price)

**3.2 Damage caused by over banking small rivers in Manouba, Oued Ellil and Doua Hicher occurred in September 2003 (Ref: Doc 20)**

Delegation	Number of affected farmers	Damaged area (vegetable, ha)	Other leguminous	Damaged value	
				TND	TND/ha
Manouba	13	18.2	9.25	9,375	515
Oued Ellil	12	26.3	7.80	22,725	864
Douar Hicher	4	9.4	5.10	7,155	761
Total	29	53.9	22.15	39,255	728

Note: The report mentions that inundation depth was about **40 cm** based on the flood marks remained.

**3.3 Areas having the priority of improvement of the irrigation facilities and soil conservation (Ref: Doc 9) (due to December 2003 flood)**

Delegation	Area for land improvement (ha)	Priority area for urgent improvement (ha)	Cost (TND 1,000)
1 Tebourba	6,500	4,000	4,200
2 El Battan	1,600	1,000	1,040
3 Jedeida	500	1,000	600
4 Mournaguia	2,800	500	1,320
5 Bourj El Amri	3,500	500	1,600
6 Oued Ellil	1,500	1,000	1,000
7 Manouba	100	0	40
Total	16,500	8,000	9,800

Unit ratio : **TND 400/ha** applied

## Tableau D4.3.2 Information de base sur les dommages causés aux cultures agricoles par les crues (2/2)

### 3.4 Damage caused by overtopping from Mejerda River channel occurred in February 2005 (Ref: Doc 4)

(Damaged areas: Delegations of Bourj El Amri, Tebourba, Jedeida, Mornaguia, Oued Ellil and El Battan)

Damaged Plantation/Crops	Damaged Area		Number of Farmers	Cost of Damage (TND)	Damaged value (TND/ha)
	Ha	% of Damage			
<b>Large-scale farming</b>					
Cereals	1,963	40 - 70	272	392,600	200
Fodder plant	836	40 - 70	160	133,760	160
<b>Leguminous</b>					
Potato	22	50	2	129,000	6,000
Artichoke	19	100	14	95,000	5,000
Various	22	60	22	6,600	300
Fruit Trees	242	-	61	-	-
Olive trees	4	-	3	-	-
<b>Total</b>	<b>3,108</b>			<b>756,960</b>	<b>265</b>

Source: CRDA Manouba

### 4. Information from CRDA Jendouba

#### 4.1 Damaged value caused by May 2000 Flood

Item	Damage area (ha)	% of Damage	Damaged value (TND)	
Irrigated cereal	635	-	560,000	
Forage	125	95	164,000	
Dry fruits	180	-	50,000	
Vegetables	287	50 - 75	515,000	
Industrial plantation (tobacco, sugar cane)	34	75	70,000	
Fruit trees (citrus, grapes, olives)	31	70	15,000	
<b>Total</b>	<b>1,292</b>		<b>1,374,000</b>	<b>1,063</b> (TND/ha)

Source: CRDA Jendouba

Note: Primary and supplementary aids with value of TND 356,400 were provided to supply 818 small-scale farmers (ave. **TND 436/person**).

#### 4.2 Damaged area caused by Jan. 2003 Flood

A technical commission evaluated the damages agricultural area in Governorate Jendouba after flood in January 2003 as follows:

Plantation	Damaged area (ha)
Cereals	2,400
Green forage	340
Dry fruits	25
Vegetables	70
Potatoes	20
Fruit trees	145
<b>Total</b>	<b>3,000</b>

Source: CRDA Jendouba

**Tableau D4.4.1 Configuration des travaux d'amélioration de l'oued par les debits probables (1/2)**

**Scale of River Improvement**

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	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
U2	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	-	-	-	-	-	-	-

**Costruction Cost**

Flood Retarding Basin	River Channel Excavation	Embankment	Bypass Channel		Revetment	Total	Economic Cost (0.82*0.88)
			Excavation	Embankment			
			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	42.20	
-	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

**Tableau D4.4.1 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			
-	6.00	-	-	-	-	6.00	
-	4.00	-	-	-	-	4.00	
-	2.57	-	-	-	-	2.57	
-	12.70	-	-	-	-	12.70	
-	13.80	-	-	-	-	13.80	
						<b>39.07</b>	<b>28.19</b>
-	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	
						<b>62.17</b>	<b>44.86</b>
-	12.20	-	-	-	-	12.20	
-	12.00	-	-	-	-	12.00	
-	2.60	-	17.02	-	-	19.62	
-	19.10	-	-	-	-	19.10	
-	19.40	-	-	-	-	19.40	
						<b>82.32</b>	<b>59.40</b>
-	15.00	-	-	-	-	15.00	
-	14.70	-	-	-	-	14.70	
-	2.57	2.40	19.20	-	-	24.17	
-	26.00	-	-	-	-	26.00	
-	26.50	-	-	-	-	26.50	
						<b>106.37</b>	<b>76.76</b>
-	-	-	-	-	-	0.00	
-	-	-	-	-	0.50	0.50	
-	-	-	-	-	4.00	4.00	
-	12.60	-	-	-	-	12.60	
-	6.00	-	-	-	-	6.00	
-	-	-	-	-	-	0.00	
-	-	-	-	-	-	0.00	
						<b>23.10</b>	<b>16.67</b>
-	-	-	-	-	-	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	
						<b>47.72</b>	<b>34.43</b>
-	-	-	-	-	-	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	
						<b>69.22</b>	<b>49.95</b>
-	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	
						<b>108.84</b>	<b>78.54</b>

Source: The Study Team

**Tableau D4.5.1 Population and nombre de ménages par délégation**

Gouvernorats	Delegation	Population			Household	Population per Household	
		Male	Female	Total			
Ariana	L'Ariana Ville	49,101	48,586	97,687	27,468	3.556	
Ariana	Soukra	46,081	43,070	89,151	21,590	4.129	
Ariana	Raoued	31,453	29,443	60,896	14,276	4.266	
Ariana	Kalaât El Andalou	11,976	11,069	23,045	4,709	4.894	
Ariana	Sidi Thabet	9,900	9,504	19,404	4,215	4.604	
Ariana	Cité Ettadhamen	40,245	38,066	78,311	17,119	4.575	
Ariana	El Mnihla	27,937	25,815	53,752	11,950	4.498	4.4
Mannouba	Mannouba	26,038	25,360	51,398	12,230	4.203	
Mannouba	Douar Hicher	39,590	36,369	75,959	15,652	4.853	
Mannouba	Oued Ellil	29,332	29,212	58,544	12,325	4.750	
Mannouba	Mornaguia	17,946	17,183	35,129	7,225	4.862	
Mannouba	Borj Amri	8,158	8,026	16,184	3,275	4.942	
Mannouba	Djedeida	20,611	19,716	40,327	8,334	4.839	
Mannouba	Tebourba	20,621	20,429	41,050	8,203	5.004	
Mannouba	El Battane	8,737	8,584	17,321	3,506	4.940	4.8
Bizerte	Bizerte Nord	38,247	36,987	75,234	19,240	3.910	
Bizerte	Zarzouna	12,424	12,004	24,428	6,563	3.722	
Bizerte	Bizerte Sud	23,093	22,134	45,227	9,837	4.598	
Bizerte	Sedjnane	21,184	20,972	42,156	8,954	4.708	
Bizerte	Djournine	17,787	17,426	35,213	6,755	5.213	
Bizerte	Mateur	23,826	23,736	47,562	10,655	4.464	4.4
Béja	Béja Nord	33,949	33,522	67,471	15,867	4.252	
Béja	Béja Sud	19,151	19,245	38,396	8,890	4.319	
Béja	Amdoun	11,221	11,263	22,484	4,765	4.719	
Béja	Nefza	25,795	27,400	53,195	12,045	4.416	
Béja	Teboursouk	12,559	11,768	24,327	5,317	4.575	
Béja	Tibar	5,202	5,307	10,509	2,560	4.105	
Béja	Testour	16,470	16,302	32,772	7,340	4.465	
Béja	Goubellat	8,407	7,976	16,383	3,086	5.309	
Béja	Medjez El Bab	19,891	19,073	38,964	8,714	4.471	4.5
Jendouba	Jendouba	34,395	34,202	68,597	15,189	4.516	
Jendouba	Jendouba Nord	21,542	22,653	44,195	9,516	4.644	
Jendouba	Bou Salem	17,587	18,474	36,061	8,330	4.329	
Jendouba	Tabarka	22,696	22,798	45,494	10,497	4.334	
Jendouba	Ain Draham	19,974	20,398	40,372	9,228	4.375	
Jendouba	Fernana	25,819	26,871	52,690	11,595	4.544	
Jendouba	Ghardimaou	32,771	35,184	67,955	14,336	4.740	
Jendouba	Oued Meliz	8,949	10,066	19,015	4,361	4.360	
Jendouba	Balta - Bou Aouar	20,168	22,061	42,229	9,825	4.298	4.5
Le Kef	Kef Ouest	15,095	14,856	29,951	7,107	4.214	
Le Kef	Kef Est	20,198	20,258	40,456	10,028	4.034	
Le Kef	Nebeur	13,792	14,536	28,328	6,255	4.529	
Le Kef	Sakiet Sidi Youssef	10,169	10,358	20,527	4,645	4.419	
Le Kef	Tajerouine	14,893	15,766	30,659	7,155	4.285	
Le Kef	Kalâat Snan	8,014	8,440	16,454	3,828	4.298	
Le Kef	Kalâat Khasbah	3,535	3,818	7,353	1,744	4.216	
Le Kef	Djerissa	5,507	5,791	11,298	2,787	4.054	
Le Kef	El Ksour	8,606	8,494	17,100	3,451	4.955	
Le Kef	Dahmani	15,340	15,409	30,749	6,609	4.653	
Le Kef	Es-Sers	12,618	13,297	25,915	5,498	4.714	4.4
Average						4.5	

**Tableau D4.5.2 Valeur des biens de ménage**

Household Effects

(per Household)

	Per Capita GDP (US\$)*1	I/H Effects (2004 1000 Yen*2	2004 US\$	2004 Dinar	2007 Dinar
JAPAN	34,023	14,927	122,827		
TUNISIA	3,313	1,454	11,960	16,449	18,035

Exchange Rate Used (2004) 121.529 JPY/US\$ 1.3753 TND/US\$

Source \*1: Per Capita GDP= Data refer to the year 2007. World Economic Outlook Database-October 2007, International Monetary Fund

\*2: "Manual on Economic Survey for Flood Control Project (Draft)", MILT, Japan, April 2005

Note: The value of household effects per household is assumed proportionate to the per capita GDP.

Consumer Price Index

2004	112.0	
2005	113.6	
2006	119.5	
2007	122.8	1.0964

Source : Institut National de la Statistique (INS)

**Tableau D4.5.3 Valeur des actifs dépréciables et stock d'inventaire par travailleur par le secteur industriel**

Industry	2004 (Yen 1,000/person)		2007 (TND/person)	
	JAPAN*1		TUNISIA	
	Depreciable Assets	Inventory Stock	Depreciable Assets	Inventory Stock
1 Mines	9,248	2,415	11,174	2,918
2 Construction	1,390	4,169	1,679	5,037
3 Manufacturing	4,350	5,071	5,256	6,127
4 Gas, Petroleum, & Water/Electricity Supply	125,211	2,314	151,283	2,796
5 Transport and Communication	7,627	658	9,215	795
6 Commerce	2,176	2,727	2,629	3,295
7 Real Estate	3,667	465	4,431	562
8 Real Estate	19,893	12,093	24,035	14,611
9 Service	3,667	465	4,431	562
10 Public	3,667	465	4,431	562

Source \*1: "Manual on Economic Survey for Flood Control Project (Draft)", MILT, Japan, April 2005

Note: The value of depreciable assets and inventory stock per labor per is assumed proportionate to the per capita GDP.

**Tableau D4.5.4 Nombre de travailleurs par le secteur industriel selon les divisions administratives**

Governorate	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Mines	Construction	Manufacturing	Gas, Petroleum, & Water/Electricity Supply	Transport and Communication	Commerce	Banking and Finance	Real Estate	Service	Public
Ariana	67	963	25,847	1,668	10,468	17,129	4,306	0	14,561	40,308
Manouba	28	760	20,270	1,138	6,043	9,504	1,048	0	7,079	26,885
Bizerte	21	1,821	39,272	1,518	6,990	11,592	684	0	6,894	33,251
Béja	45	414	7,477	585	3,526	7,925	286	0	3,974	19,980
Jendouba	14	497	5,969	699	4,375	8,831	355	0	5,926	23,466
Le Kef	577	1,029	4,155	408	3,187	5,596	143	0	2,875	19,807
Total	752	5,484	1,035,974	50,770	34,589	60,577	6,822	0	441,046	1,355,693

Source: Enumerated by JICA Study Team to convert to the same categories in Japanese Manual based on the National Census in 2004

**Tableau D4.5.5 Valeur totale par la division administrative**

Governorate	Depreciable Assets (TND)	Inventory Stock (TND)
Ariana	794,226,399	266,076,485
Manouba	516,079,445	187,072,429
Bizerte	715,129,322	320,782,565
Béja	289,720,353	92,196,247
Jendouba	333,438,513	90,357,271
Le Kef	236,944,590	67,259,822
Total	2,885,538,621	1,023,744,819

Source: Enumerated based on Tables 4.4.3 and 4.4.4

**Tableau D4.5.6 Taux de dommage pour l'évaluation des dommages des actifs dépréciables et stock d'inventaire**

Item	Inundation Depth				
	< 0.5 m	0.5-0.99 m	1.0-1.99 m	2.0-2.99 m	3 m <
(a) Depreciable Assets	0.232	0.453	0.789	0.966	0.995
(b) Inventory Stock	0.128	0.267	0.586	0.897	0.982

Source: Manual on Economic Survey for Flood Control Project (Draft), MILT, Japan, April 2005

**Tableau D4.5.7 Information de base sur les dommages causés par les crues aux infrastructures**

**1. Governorate: Jendouba**

**1.1 Damage due to flood on May 26 and 27, 2000**

Type of Facilities to be repaired	Estimated Cost for Repair (TND)
Pumping station (Sidi Ismail)	11,000
Agricultural trails	100,000
Irrigation Network	6,000
Drainage network	50,000
Other Equipment	5,000
<b>Total</b>	<b>172,000</b>

Source: CRDA Jendouba

**1.2 Damage due to flood in January to February 2003**

Type of Facilities to be repaired	Estimated Cost for Repair (TND)
Irrigation pumps	60,000
Irrigation network	80,000
Rural roads	300,000
Drainage network	600,000
Drinking water supply network	586,000
Soil and water conservation	525,000
Hill dams	145,000
Ground water recharge	55,000
Forest roads	480,000
<b>Total</b>	<b>2,831,000</b>

Source: CRDA Jendouba (Collected through "Flood Inundation and Damage Survey")

**2. Governorate : Manouba**

**2.1 Damage due to flood during December 14, 15 and 16, 2003 and January 4 until 14, 2004**

Damaged Area	Damaged Facilities	Contents of Damage	Quantities	Cost for restoration (TND1,000)
Bourj Ettoumi	Pumping Station	Erosion of Mejerda River bank at entrance of the station	50 m	50,000
Road from El Henna to Ezzouwaya	El Chaouat drainage canal	Damage to earth dike of the canal	50 m	10,000
Entraqnce of Jedeida	Chafrou and Mejerda Rivers	Erosion of the earth dike	2,500 m on both sides	50,000
Jedeida	Irrigation canals	Destruction of canals	3 km	15,000
Jedeida	Agricultural trails	Holes and accumulation of debris and sediment	5 km	35,000
Jedeida	Drainage canals	Deposit of sediment	15 km	45,000
Jedeida	Repair of equipment	-	3 pumps, 1 truck, 1 dredger machine, 1 tractor, 1 generating set	25,000
<b>Total</b>				<b>230,000</b>

Source: CDRD Manouba

Inundation area : Total 2,227 ha

**TND 103/ha**

**3. Governorate: Ariana**

**3.1 Damage due to flood occurred in January 2003**

Type of Facilities to be repaired	Damaged Length (km)	Estimated Cost for Repair (TND)
Rural roads	40.0	60,000
Drainage canal	60.0	80,000
Irrigation network	16.5	300,000
Pumping station	-	600,000
Small dams	-	586,000
<b>Total</b>		<b>1,626,000</b>

Source: CRDA Ariana (Collected through "Flood Inundation and Damage Survey")

Inundation area: Total 4,000 ha (estimated by Study Team)  
(in Governorate Ariana)

**TND 407/ha**

**TND400/ha**  
(To be applied)

**3.2 Damage due to flood occurred in September to December 2003**

Type of Facilities to be repaired	Damaged Length (km)	Estimated Cost for Repair (TND)
Rural roads	41.0	352,000
Drainage canal	72.0	148,000
Tributary improvement	16.5	420,000
Hill dams	-	445,000
River dredging	-	30,000
Forest roads	-	35,000
Reforestation	-	50,000
Urban forestation and green zone cleaning	-	315,000
<b>Total</b>		<b>1,795,000</b>

Source: CRDA Ariana (Collected through "Flood Inundation and Damage Survey")

**Tableau D5.3.1 Programme d'exécution du projet de gestion des crues de l'oued Majerda (Zone D2 et D1)**

Zone: D2																																								
Work Item	2008				2009				2010				2011				2012				2013				2014				2015				2016				2017			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV				
	D/D + Bidding (2 years)																Construction (4 years)																							
1. Master Plan Study	■																																							
2. Preparatory Works				■	■	■	■	■																																
3. Feasibility Study								■	■	■	■	■																												
4. EIA (in accordance with JBIC Guideline)												■	■	■	■	■																								
5. Funding for The Project																■	■	■	■	■																				
6. Procurement of Consulting Services																																								
7. Detailed Design																																								
8. PQ, Bidding and Procurement																																								
9. Construction Works																																								
10. Land Acquisition																																								
11. Target Completion																																								▽
National Development Plan of Tunisia	11th																12th																13th							

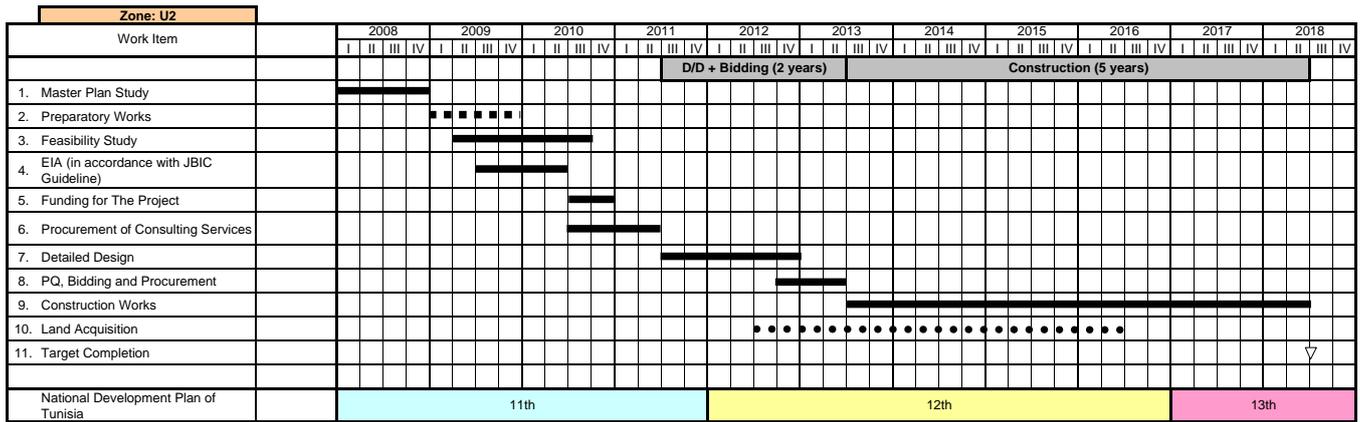
Annual disbursement rate												Total
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017		
(1) Direct construction cost	-	-	-	-	-	10%	25%	30%	25%	10%	100%	
(2) Land acquisition	-	-	-	-	20%	30%	30%	20%	-	-	100%	
(3) Administration cost	-	-	-	5%	10%	15%	20%	20%	20%	10%	100%	
(4) Engineering services	-	-	-	15%	25%	10%	15%	15%	15%	5%	100%	
(6) Physical contingency	-	-	-	10%	10%	10%	20%	20%	20%	10%	100%	

Zone: D1																																								
Work Item	2008				2009				2010				2011				2012				2013				2014				2015				2016				2017			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV				
	D/D + Bidding (2 years)																Construction (3.5 years)																							
1. Master Plan Study	■																																							
2. Preparatory Works				■	■	■	■	■																																
3. Feasibility Study								■	■	■	■	■																												
4. EIA (in accordance with JBIC Guideline)												■	■	■	■	■																								
5. Funding for The Project																■	■	■	■	■																				
6. Procurement of Consulting Services																																								
7. Detailed Design																																								
8. PQ, Bidding and Procurement																																								
9. Construction Works																																								
10. Land Acquisition																																								
11. Target Completion of the Project																																								▽
National Development Plan of Tunisia	11th																12th																13th							

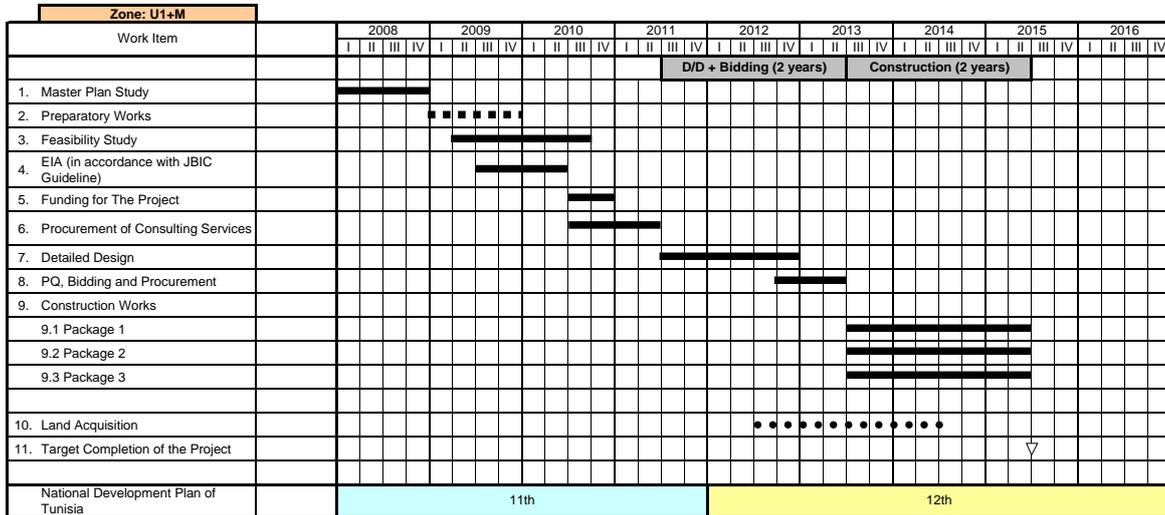
Annual disbursement rate												Total
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017		
(1) Direct construction cost	-	-	-	-	-	15%	30%	30%	25%	-	100%	
(2) Land acquisition	-	-	-	-	20%	30%	30%	20%	-	-	100%	
(3) Administration cost	-	-	-	10%	15%	20%	20%	20%	15%	-	100%	
(4) Engineering services	-	-	-	15%	25%	10%	20%	15%	15%	-	100%	
(6) Physical contingency	-	-	-	10%	15%	20%	20%	20%	15%	-	100%	

Source: JICA Study Team

**Tableau D5.3.2 Programme d'exécution du projet de gestion des crues de l'oued Majerda (Zone D2 et U1+ M)**



Annual disbursement rate	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Total
(1) Direct construction cost	-	-	-	-	-	10%	20%	20%	20%	20%	10%	100%
(2) Land acquisition	-	-	-	-	20%	30%	30%	20%	-	-	-	100%
(3) Administration cost	-	-	-	10%	10%	10%	15%	15%	15%	15%	10%	100%
(4) Engineering services	-	-	-	15%	20%	10%	10%	10%	15%	15%	5%	100%
(5) Physical contingency	-	-	-	5%	10%	15%	15%	15%	15%	15%	10%	100%



Annual disbursement rate	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Total
(1) Direct construction cost	-	-	-	-	-	30%	50%	20%	-	100%
(2) Land acquisition	-	-	-	-	20%	40%	40%	-	-	100%
(3) Administration cost	-	-	-	20%	20%	25%	25%	10%	-	100%
(4) Engineering services	-	-	-	25%	30%	15%	20%	10%	-	100%
(5) Physical contingency	-	-	-	20%	20%	25%	25%	10%	-	100%

Source: JICA Study Team

**Tableau D5.3.3 Coût de projet 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 <sup>3</sup> 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																			
<b>Grand Total</b>	<b>38,294,000</b>	<b>95,280,000</b>	<b>133,574,000</b>	<b>114,068,000</b>	<b>12,181,000</b>	<b>482</b>	<b>1,026</b>	<b>820</b>	<b>4,130</b>	<b>3,682</b>	<b>11,580</b>	<b>9,057</b>	<b>23,101</b>	<b>10,992</b>	<b>26,237</b>	<b>9,441</b>	<b>20,669</b>	<b>3,820</b>	<b>8,537</b>

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.

Source: The Study Team

	2011		2012		2013		2014		2015		2016		2017		
	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9	
	FC	LC													
	2.1%	3.2%													
Civil work	(1)	0%	0%	0%	0%	10%	10%	25%	25%	30%	30%	25%	25%	10%	10%
Land acqui	(2)	0%	0%	0%	20%	0%	30%	0%	30%	0%	20%	0%	0%	0%	0%
Admi cost	(3)	0%	5%	0%	10%	0%	15%	0%	20%	0%	20%	0%	20%	0%	10%
Consul service	(4)	15%	15%	25%	25%	10%	10%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	5%	5%
Physical Conti	(6)	10%	10%	10%	10%	10%	10%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	10%	10%

**Tableau D5.3.4 Coût de projet pour la Zone D1 (Coût financier)**

**D1**

Unit:TND1,000

Description	FC TND	LC TND	Total Cost			2011		2012		2013		2014		2015		2016	
			TND equiv.	US\$ equiv.	Yen 10 <sup>3</sup> equiv.	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC
(1) Construction cost (Base cost)	29,682,000	36,278,000	65,960,000	56,328,000	6,015,000	0	0	0	0	4,452	5,442	8,905	10,883	8,905	10,883	7,421	9,070
1.1 River Improvement	29,682,000	36,278,000	65,960,000	56,328,000	6,015,000	0	0	0	0	4452	5442	8905	10883	8905	10883	7421	9070
1.2 FFWS																	
(2) Land Acquisition	0	6,657,000	6,657,000	5,685,000	607,000	0	0	0	1,331	0	1,997	0	1,997	0	1,331	0	0
(3) Government Administration 3% of (1) + (2)	0	2,179,000	2,179,000	1,861,000	199,000	0	218	0	327	0	436	0	436	0	436	0	327
(4) Engineering Services 10% of (1)	2,968,000	3,628,000	6,596,000	5,633,000	602,000	445	544	742	907	297	363	594	726	445	544	445	544
(5) Subtotal (1)+(2)+(3)+(4)	32,650,000	48,742,000	81,392,000	69,507,000	7,423,000	445	762	742	2,565	4,749	8,237	9,498	14,042	9,350	13,195	7,866	9,941
(6) Physical Contingency 10% of (5)	3,265,000	4,874,000	8,139,000	6,950,000	742,000	45	76	74	257	475	824	950	1,404	935	1,319	787	994
(7) Sub-Total (5)+(6)	35,915,000	53,616,000	89,531,000	76,457,000	8,165,000	490	838	816	2,822	5,224	9,061	10,448	15,446	10,285	14,514	8,652	10,935
(8) Price Contingency FC:2.1% and LC:3.2% of (7)	5,237,000	11,935,000	17,172,000	14,664,000	1,566,000	32 (.064)	83 (.099)	71 (.087)	379 (.134)	572 (.11)	1,546 (.171)	1,388 (.133)	3,213 (.208)	1,611 (.157)	3,581 (.247)	1,565 (.181)	3,134 (.287)
(9) Sub total (7)+(8)	41,152,000	65,551,000	106,703,000	91,121,000	9,731,000	521	921	887	3,201	5,796	10,607	11,836	18,659	11,895	18,095	10,217	14,068
(10) Taxes	0	17,260,000	17,260,000	14,740,000	1,574,000	0	146	0	247	0	2,434	0	4,966	0	5,080	0	4,387
1) 18% of ((1) x 1.1+(1) x 1.1 x R)	0	16,112,000	16,112,000	13,759,000	1,469,000	0	0	0	0	0	2,293	0	4,733	0	4,885	0	4,201
2) 10% of (((3) + (4))x1.1 +((3)+(4)) x1.1xR) R: Rate of price contingency	0	1,148,000	1,148,000	980,000	105,000	0	146	0	247	0	141	0	233	0	195	0	186
<b>Grand Total (9) + (10)</b>	<b>41,152,000</b>	<b>82,811,000</b>	<b>123,963,000</b>	<b>105,861,000</b>	<b>11,305,000</b>	<b>521</b>	<b>1,067</b>	<b>887</b>	<b>3,447</b>	<b>5,796</b>	<b>13,041</b>	<b>11,836</b>	<b>23,626</b>	<b>11,895</b>	<b>23,175</b>	<b>10,217</b>	<b>18,455</b>

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.

	2011		2012		2013		2014		2015		2016		
	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	
	FC	LC											
	2.1%	3.2%											
Civil work	(1)	0%	0%	0%	0%	15%	15%	30%	30%	30%	30%	25%	25%
Land acqui	(2)	0%	0%	0%	20%	0%	30%	0%	30%	0%	20%	0%	0%
Admi cost	(3)	0%	10%	0%	15%	0%	20%	0%	20%	0%	20%	0%	15%
Consul service	(4)	15%	15%	25%	25%	10%	10%	20%	20%	15%	15%	15%	15%
Physical Conti	(6)	10%	10%	15%	15%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	15%	15%

Tableau D5.3.5 Coût de projet pour la Zone U2 (Coût financier)

U2

Unit:TND1,000

Description	FC TND	LC TND	Total Cost			2011		2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018	
			TND equiv.	US\$ equiv.	Yen 10 <sup>3</sup> 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	7,121	8,704	7,121	8,704	7,121
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	7,121	8,704	7,121	8,704	7,121	8,704	3,561	4,352
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	413	0	413	0	413	0	276
(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	356	435	534	653	534	653	178	218
(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	7,478	12,097	7,656	9,770	7,656	9,770	3,739	4,845
(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	748	1,210	766	977	766	977	374	485
(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	8,225	13,307	8,421	10,747	8,421	10,747	4,113	5,330
(8) Price Contingency FC:2.1% and LC:3.2% of (7)	7,163,000	17,230,000	24,393,000	20,831,000	2,225,000	38 (.064)	101 (.099)	68 (.087)	545 (.134)	472 (.11)	1,666 (.171)	1,092 (.133)	3,059 (.208)	1,288 (.157)	3,283 (.247)	1,523 (.181)	3,080 (.287)	1,732 (.206)	3,522 (.328)	950 (.231)	1,973 (.37)
(9) Sub total (7)+(8)	50,248,000	86,917,000	137,165,000	117,135,000	12,509,000	625	1,122	851	4,605	4,780	11,434	9,318	17,766	9,513	16,590	9,944	13,827	10,153	14,270	5,063	7,303
(10) Taxes	0	21,297,000	21,297,000	18,187,000	1,942,000	0	177	0	232	0	1,971	0	3,945	0	4,072	0	4,258	0	4,394	0	2,248
1) 18% of ((1) x 1.1+(1) x 1.1 x R)	0	19,864,000	19,864,000	16,963,000	1,811,000	0	0	0	0	0	1,834	0	3,785	0	3,906	0	4,031	0	4,160	0	2,147
2) 10% of (((3) + (4))x1.1 +((3)+(4)) x1.1xR)	0	1,433,000	1,433,000	1,224,000	131,000	0	177	0	232	0	137	0	160	0	165	0	226	0	234	0	101
R: Rate of price contingency																					
<b>Grand Total (9) + (10)</b>	<b>50,248,000</b>	<b>108,214,000</b>	<b>158,462,000</b>	<b>135,322,000</b>	<b>14,451,000</b>	<b>625</b>	<b>1,299</b>	<b>851</b>	<b>4,837</b>	<b>4,780</b>	<b>13,405</b>	<b>9,318</b>	<b>21,712</b>	<b>9,513</b>	<b>20,661</b>	<b>9,944</b>	<b>18,085</b>	<b>10,153</b>	<b>18,664</b>	<b>5,063</b>	<b>9,551</b>

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.

DT-24

	2011		2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018	
	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9	10	10
	FC	LC														
	2.1%	3.2%														
Civil work	(1) 0%	0%	0%	0%	10%	10%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	10%	10%
Land acqui	(2) 0%	0%	0%	20%	0%	30%	0%	30%	0%	20%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Admi cost	(3) 0%	10%	0%	10%	0%	10%	0%	15%	0%	15%	0%	15%	0%	15%	0%	10%
Consul service	(4) 15%	15%	20%	20%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	15%	15%	15%	15%	5%	5%
Physical Conti	(6) 5%	5%	10%	10%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	10%	10%

**Tableau D5.3.6 Coût de projet pour la Zone U1+M (Coût financier)**

**U1+M**

Unit:TND1,000

Description	FC TND	LC TND	Total Cost			2011		2012		2013		2014		2015	
			TND equiv.	US\$ equiv.	Yen 10 <sup>3</sup> 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	143	0	143	0	179	0	179	0	71
(4) Engineering Services 10% of (1)	1,051,000	1,051,000	2,102,000	1,795,000	192,000	263	263	315	315	158	158	210	210	105	105
(5) Subtotal (1)+(2)+(3)+(4)	11,561,000	15,065,000	26,626,000	22,738,000	2,428,000	263	406	315	1,016	3,311	4,605	5,465	6,760	2,207	2,279
(6) Physical Contingency 10% of (5)	1,156,000	1,507,000	2,663,000	2,274,000	243,000	26	41	32	102	331	461	547	676	221	228
(7) Sub-Total (5)+(6)	12,717,000	16,572,000	29,289,000	25,012,000	2,671,000	289	446	347	1,118	3,642	5,066	6,012	7,436	2,428	2,506
(8) Price Contingency FC:2.1% and LC:3.2% of (7)	1,626,000	3,223,000	4,849,000	4,141,000	442,000	19 (.064)	44 (.099)	30 (.087)	150 (.134)	399 (.11)	864 (.171)	798 (.133)	1,547 (.208)	380 (.157)	618 (.247)
(9) Sub total (7)+(8)	14,343,000	19,795,000	34,138,000	29,153,000	3,113,000	308	490	377	1,268	4,040	5,930	6,810	8,983	2,808	3,125
(10) Taxes	0	5,372,000	5,372,000	4,588,000	490,000	0	81	0	96	0	1,525	0	2,593	0	1,076
1) 18% of ((1) x 1.1+(1) x 1.1 x R)	0	5,013,000	5,013,000	4,281,000	457,000	0	0	0	0	0	1,462	0	2,514	0	1,038
2) 10% of (((3) + (4))x1.1 +((3)+(4)) x1.1xR) R: Rate of price contingency	0	359,000	359,000	307,000	33,000	0	81	0	96	0	64	0	80	0	39
<b>Grand Total (9) + (10)</b>	<b>14,343,000</b>	<b>25,167,000</b>	<b>39,510,000</b>	<b>33,741,000</b>	<b>3,603,000</b>	<b>308</b>	<b>571</b>	<b>377</b>	<b>1,364</b>	<b>4,040</b>	<b>7,455</b>	<b>6,810</b>	<b>11,576</b>	<b>2,808</b>	<b>4,201</b>

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.

	2011		2012		2013		2014		2015	
	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7
	FC	LC								
	2.1%	3.2%								
Civil work	(1)	0%	0%	0%	30%	30%	50%	50%	20%	20%
Land acqui	(2)	0%	0%	0%	0%	40%	0%	40%	0%	0%
Admi cost	(3)	0%	20%	0%	20%	0%	25%	0%	25%	0%
Consul service	(4)	25%	25%	30%	30%	15%	15%	20%	20%	10%
Physical Conti	(6)	20%	20%	20%	20%	25%	25%	25%	25%	10%

**Tableau D6.3.1 Affectation du coût pour les projets futurez de construction de barrages dans le bassin de l'oued de Mejerda**

Unit: TND mil.

Unit: TND mil.

	Description	Mellegue 2 Dam			Total
		Flood Control	Irrigation Water Supply	Hydroelectric Generation	
a	Substitute Dam Construction Cost	81.4	73.9	-	-
b	Valid investment cost	41.9	63.3	13.8	-
c	Smaller figure among a & b	41.9	63.3	13.8	-
d	Exclusive cost	0.0	0.0	5.0	-
e	c- d	41.9	63.3	8.8	114.0
f	Separated cost	41.1	54.4	4.3	99.8
g	Residual benefit	0.8	8.9	4.5	14.2
h	Ratio of Item "g" (%)	6%	63%	32%	100%
i	Allocated residual cost	0.9	9.5	4.8	15.2
j	<b>Project cost to be shared</b>	<b>42.0</b>	<b>63.9</b>	<b>9.1</b>	<b>115.0</b>
k	Proportion of Project cost	36%	56%	8%	100%

	Description	Tessa Dam		Total
		Flood Control	Irrigation Water Supply	
		19.6	14.5	-
		29.3	11.9	-
		19.6	11.9	-
		0.0	0.0	-
		19.6	11.9	31.5
		11.5	7.0	18.5
		8.1	4.9	13.0
		62%	38%	100%
		4.7	2.8	7.5
		<b>16.2</b>	<b>9.8</b>	<b>26.0</b>
		62%	38%	100%

115.0

26.0

**Background information**

a. Substitute Dam Construction Cost																	
(1) Flood control dam	<ul style="list-style-type: none"> <li>Required storage: 139 + 96 = 235 mil. m3 → 297 .0m</li> <li>Height: 297.0 - 254.5 = 42.5m</li> <li>Sectional area of cross section of dam body Full scale dam : 1/2 x 50.5 x 50.5 = 1,275.1m2 (100%) (U/S 1:0.2, D/S 1:0.8)</li> <li>Substitute dam: 1/2 42.5 42.5 = 903.1 m2 (70.8%)</li> <li>Construction cost Full scale dam : TND115.0 mil Substitute dam: 115.0 x 0.708 = <b>TND 81.4 mil.</b></li> </ul>																
(2) Irrigation dam	<ul style="list-style-type: none"> <li>Required storage: 99 + 96 = 195 mil.m3 → 295.0 m</li> <li>Height: 295.0 - 254.5 = 40.5 m</li> <li>Sectional area of cross section of dam body Full scale dam : 1,275.1 m2 (100%)</li> <li>Substitute dam: 1/2 x 40.5 x 40.5 = 820.1 (64.3 %)</li> <li>Construction cost Substitute dam: 115.0 x 0.643 = <b>TND 73.9 mil.</b></li> </ul>																
b. Valid investment cost																	
(1) Flood control dam	<ul style="list-style-type: none"> <li>Average annual benefit Flood control benefit in Zone M estimated by inundation analysis: TND4,829,000 (50-year return period, present value) shall be allocated to 3 dams, i.e. (a) Sarrath, (b) Mellegue 2 and (c) Mellegue as follows: Flood control storage Proportion Annual benefit (TND1,000)</li> <table border="1"> <tr> <td>(a)</td> <td>27.6 mil. m3</td> <td>10.3 %</td> <td>497</td> </tr> <tr> <td>(b)</td> <td>139.0</td> <td>51.5</td> <td>2,487</td> </tr> <tr> <td>(c)</td> <td>103.1</td> <td>38.2</td> <td>1,845</td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>269.7</td> <td>100.0</td> <td>4,829</td> </tr> </table> <li>Annual cost Assumed 3 % of direct constructin cost (5 years for construction period) → 115.0 x 0.03 x 1/5 = TND0.69 mil. 0.69 x (61.5/115.0) x 1/2 = TND 0.18 mil.</li> <li>Valid investment cost (2.487 - 0.18) / 0.05478* = <b>41.9 mil.</b> (Note:*, Capital Recovery Factor (interst 5.0%, period 50 years))</li> </ul>	(a)	27.6 mil. m3	10.3 %	497	(b)	139.0	51.5	2,487	(c)	103.1	38.2	1,845	Total	269.7	100.0	4,829
(a)	27.6 mil. m3	10.3 %	497														
(b)	139.0	51.5	2,487														
(c)	103.1	38.2	1,845														
Total	269.7	100.0	4,829														
(2) Irrigation dam	<ul style="list-style-type: none"> <li>Average annual benefit Value of agricultural products (in 2006) = TND 1,263/ha/ year (Average of 3 governorates, i.e. Jendouba, El Kef and Beja) Further assumed 30% under the 2006 price for long term average = TND 884/ha/year Irrigable area is assumed 70% of due to hydrological cycle and 20% of ratio of net annual benefit per farmer 884 x (29,451 ha x 0.7) x 0.2 = TND 3.645 mil/year</li> <li>Annual cost: TND 0.18 mil./year</li> <li>Valid investment cost: (3.645 - 0.18)/0.05478 = <b>TND 63.3 mil.</b></li> </ul>																
(3) Hydropower dam	<ul style="list-style-type: none"> <li>Average annual benefit (value for kW and kWh of alternative power plant with same output) 10,000 kW x TND 107.73x 1.2 + 16,000,000 kWh x TND0.0511 x 1.2 = TND 1.58mil.</li> <li>Annual cost: TND 0.33 mil./year</li> <li>Valid investment cost (1.58 - 0.33)/(0.0838 x (1+0.4x0.07x3)) = <b>TND13.76 mil.</b></li> </ul>																
c. Separated cost																	
(1) Flood control dam	<ul style="list-style-type: none"> <li>Storage volume for other function: 334 - 139 = 195 mil.m3</li> <li>Construction cost : H=295 - 254.4 = 40.5 → TND 73.9 mil</li> <li>Separated cost : 115.0 - 73.9 = <b>TND 41.1 mil.</b></li> </ul>																
(2) Irrigation dam	<ul style="list-style-type: none"> <li>Storage volume for other function: 334 - (99 + 96 x 0.9 (for sand pocket)) = 148.6 mil.m3</li> <li>Construction cost : H=290.8 - 254.4 = 36.3 m → TND 60.6 mil</li> <li>Separated cost : 115.0 - 60.6 = <b>TND 54.4 mil.</b></li> </ul>																
(3) Hydropower dam	<ul style="list-style-type: none"> <li>Since Mellegue 2 dam has no exclusive storage for hydro power, difference between 6 hours for peak (max) and average is assumed as separated storage.</li> <li>Max discharge: 25.0 m3/s (at Mellegue dam)</li> <li>Average discharge: 8.0 m3/s (assumed one third of max value)</li> <li>Storage for hydro power: (25.0-8.0) x 6 hrs x 3,600 = 367,200 m3</li> <li>Storage volume for other function: 334.0 - 0.37 = 333.63 mil.m3 → H=303.97 - 254.5 = 49.47 m → TND110.7 mil.</li> <li>Separatd cost: 115.0 - 110.7 = <b>TND 4.3 mil</b></li> </ul>																

Tableau D6.5.1 Coût de projet de la Zone U2 avec la construction de barrage (Coût financier)

U2

Unit:TND1,000

Description	FC TND	LC TND	Total Cost			2008		2009		2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021		
			TND equiv.	US\$ equiv.	Yen 10 <sup>9</sup> equiv.	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC	
(1) Construction cost (Base cost)	16,500,000	16,500,000	33,000,000	28,181,000	3,009,000	0	0	0	0	0	0	0	0	1,680	1,680	2,520	2,520	2,520	2,520	1,680	1,680	0	0	1,620	1,620	2,430	2,430	2,430	2,430	1,620	1,620	0	0	
(Mellegue 2)	8,400,000	8,400,000	16,800,000	14,347,000	1,532,000	0	0	0	0	0	0	0	0	1,680	1,680	2,520	2,520	2,520	1,680	1,680	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
(Tessa)	8,100,000	8,100,000	16,200,000	13,834,000	1,477,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,620	1,620	2,430	2,430	2,430	1,620	1,620	0	0		
(2) Land Acquisition	0	17,660,000	17,660,000	15,081,000	1,611,000	0	0	0	0	822	0	1,096	0	822	0	0	0	0	0	0	4,476	0	5,968	0	4,476	0	0	0	0	0	0	0	0	
(Mellegue 2)	0	2,740,000	2,740,000	2,340,000	250,000	0	0	0	0	822	0	1,096	0	822	0	0	0	0	0	0	4,476	0	5,968	0	4,476	0	0	0	0	0	0	0	0	
(Tessa)	0	14,920,000	14,920,000	12,741,000	1,361,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
(3) Government Administrator	0	1,520,000	1,520,000	1,298,000	138,000	0	29	0	152	0	181	0	59	0	88	0	88	0	88	0	88	0	93	0	187	0	187	0	140	0	140	0	0	
(Mellegue 2)	0	586,000	586,000	500,000	53,000	0	29	0	59	0	88	0	59	0	88	0	88	0	88	0	88	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(Tessa)	0	934,000	934,000	798,000	85,000	0	0	0	93	0	93	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	93	0	187	0	187	0	140	0	140	0	0	0	
3% of (1) + (2)																																		
(4) Engineering Services	1,650,000	1,650,000	3,300,000	2,818,000	301,000	42	42	330	330	288	288	0	0	126	126	168	168	126	126	84	84	0	0	122	122	162	162	122	122	81	81	0	0	
(Mellegue 2)	840,000	840,000	1,680,000	1,435,000	153,000	42	42	168	168	126	126	0	0	126	126	168	168	126	126	84	84	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
(Tessa)	810,000	810,000	1,620,000	1,383,000	148,000	0	0	162	162	162	162	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	122	122	162	162	122	122	81	81	0	0	
10% of (1)																																		
(5) Subtotal (1)+(2)+(3)+(4)	18,150,000	37,330,000	55,480,000	47,378,000	5,059,000	42	71	330	482	288	1,291	0	1,155	1,806	2,716	2,688	2,776	2,646	2,734	1,764	6,328	0	6,061	1,742	6,404	2,592	2,779	2,552	2,692	1,701	1,841	0	0	
(6) Physical Contingency	1,815,000	3,733,000	5,548,000	4,738,000	506,000	46	63	363	747	317	684	0	0	139	189	185	251	139	189	92	126	0	0	134	371	178	495	134	371	89	248	0	0	
(Mellegue 2)	924,000	1,257,000	2,181,000	1,863,000	199,000	46	63	185	251	139	189	0	0	139	189	185	251	139	189	92	126	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(Tessa)	891,000	2,476,000	3,367,000	2,875,000	307,000	0	0	178	495	178	495	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	134	371	178	495	134	371	89	248	0	0	
10% of (5)																																		
(7) Sub-Total (5)+(6)	19,965,000	41,063,000	61,028,000	52,116,000	5,565,000	88	134	693	1,229	605	1,975	0	1,155	1,945	2,904	2,873	3,027	2,785	2,922	1,856	6,454	0	6,061	1,875	6,776	2,770	3,274	2,685	3,063	1,790	2,089	0	0	
(8) Price Contingency	3,406,000	10,787,000	14,193,000	12,120,000	1,294,000	0	0	15	39	26	128	0	114	169	390	315	516	370	608	291	1,592	0	1,737	386	2,221	640	1,212	690	1,268	507	959	0	0	
(Mellegue 2)	1,162,000	2,212,000	3,374,000	2,881,000	308,000	0	0	7	15	11	80	0	114	169	390	315	516	370	608	291	488	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
(Tessa)	2,244,000	8,575,000	10,819,000	9,239,000	987,000	0	0	7	24	14	49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,104	0	1,737	386	2,221	640	1,212	690	1,268	507	959	0	0	
FC:2.1% and LC:3.2% of (7)						(.)	(.)	(.021)	(.032)	(.042)	(.065)	(.064)	(.099)	(.087)	(.134)	(.11)	(.171)	(.133)	(.208)	(.157)	(.247)	(.181)	(.287)	(.206)	(.328)	(.231)	(.37)	(.257)	(.414)	(.283)	(.459)	(.31)	(.554)	
(9) Sub total (7)+(8)	23,371,000	51,850,000	75,221,000	64,236,000	6,859,000	88	134	708	1,268	630	2,103	0	1,269	2,113	3,294	3,187	3,544	3,154	3,530	2,147	8,046	0	7,798	2,261	8,996	3,410	4,486	3,375	4,331	2,297	3,048	0	0	
(10) Taxes	0	8,895,000	8,895,000	7,596,000	811,000	0	6	0	38	0	48	0	13	0	781	0	1,200	0	1,236	0	858	0	21	0	910	0	1,386	0	1,414	0	983	0	0	
(Mellegue 2)	0	4,133,000	4,133,000	3,529,000	377,000	0	6	0	15	0	23	0	13	0	781	0	1,200	0	1,236	0	858	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1) 18% of ((1) x 1.1+(1) x 1.1 x R)	0	3,958,000	3,958,000	3,380,000	361,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	755	0	1,168	0	1,206	0	829	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2) 10% of ((3) + (4))x1.1 + ((3)+(4)) x1.1xR	0	176,000	176,000	150,000	16,000	0	6	0	15	0	23	0	13	0	27	0	32	0	31	0	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
(Tessa)	0	4,762,000	4,762,000	4,067,000	434,000	0	0	0	23	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	0	910	0	1,386	0	1,414	0	983	0	0	0	
1) 18% of ((1) x 1.1+(1) x 1.1 x R)	0	4,467,000	4,467,000	3,815,000	407,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
2) 10% of ((3) + (4))x1.1 + ((3)+(4)) x1.1xR	0	295,000	295,000	252,000	27,000	0	0	0	23	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	0	59	0	67	0	53	0	47	0	0		
R: Rate of price contingency																																		
<b>Grand Total (9) + (10)</b>	<b>23,371,000</b>	<b>60,745,000</b>	<b>84,116,000</b>	<b>71,832,000</b>	<b>7,670,000</b>	<b>88</b>	<b>141</b>	<b>708</b>	<b>1,306</b>	<b>630</b>	<b>2,152</b>	<b>0</b>	<b>1,282</b>	<b>2,113</b>	<b>4,076</b>	<b>3,187</b>	<b>4,744</b>	<b>3,154</b>	<b>4,767</b>	<b>2,147</b>	<b>8,903</b>	<b>0</b>	<b>7,819</b>	<b>2,261</b>	<b>9,907</b>	<b>3,410</b>	<b>5,872</b>	<b>3,375</b>	<b>5,745</b>	<b>2,297</b>	<b>4,032</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	

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.

Tableau D6.5.2 Coût de projet de la Zone U1 avec la construction de barrages (Coût financier)

U2

Unit:TND1,000

Description	FC TND	LC TND	Total Cost		2008		2009		2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021	
			TND equiv.	Yen 10 <sup>3</sup> equiv.	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC
(1) Construction cost (Base cost)	12,600,000	12,600,000	25,200,000	21,520,000	2,298,000	0	0	0	0	0	0	0	2,520	2,520	3,780	3,780	3,780	3,780	2,520	2,520	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(Mellegue 2)	12,600,000	12,600,000	25,200,000	21,520,000	2,298,000	0	0	0	0	0	0	0	2,520	2,520	3,780	3,780	3,780	3,780	2,520	2,520	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
(Tessa)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
(2) Land Acquisition	0	4,120,000	4,120,000	3,518,000	376,000	0	0	0	0	1,236	0	1,648	0	1,236	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
(Mellegue 2)	0	4,120,000	4,120,000	3,518,000	376,000	0	0	0	0	1,236	0	1,648	0	1,236	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
(Tessa)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
(3) Government Administrator	0	880,000	880,000	751,000	80,000	0	44	0	88	0	132	0	88	0	132	0	132	0	132	0	132	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
(Mellegue 2)	0	880,000	880,000	751,000	80,000	0	44	0	88	0	132	0	88	0	132	0	132	0	132	0	132	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
(Tessa)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
3% of (1) + (2)																																
(4) Engineering Services	1,260,000	1,260,000	2,520,000	2,152,000	230,000	63	63	252	252	189	189	0	0	189	189	252	252	189	189	126	126	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(Mellegue 2)	1,260,000	1,260,000	2,520,000	2,152,000	230,000	63	63	252	252	189	189	0	0	189	189	252	252	189	189	126	126	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
(Tessa)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
10% of (1)																																
(5) Subtotal (1)+(2)+(3)+(4)	13,860,000	18,860,000	32,720,000	27,941,000	2,984,000	63	107	252	340	189	1,557	0	1,736	2,709	4,077	4,032	4,164	3,969	4,101	2,646	2,778	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
(6) Physical Contingency	1,386,000	1,886,000	3,272,000	2,794,000	298,000	69	94	277	377	208	283	0	0	208	283	277	377	208	283	139	189	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
(Mellegue 2)	1,386,000	1,886,000	3,272,000	2,794,000	298,000	69	94	277	377	208	283	0	0	208	283	277	377	208	283	139	189	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
(Tessa)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
10% of (5)																																
(7) Sub-Total (5)+(6)	15,246,000	20,746,000	35,992,000	30,736,000	3,282,000	132	201	529	717	397	1,840	0	1,736	2,917	4,360	4,309	4,541	4,177	4,384	2,785	2,967	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
(8) Price Contingency	1,743,000	3,318,000	5,061,000	4,322,000	462,000	0	0	11	23	17	120	0	172	253	585	472	775	555	912	436	732	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
(Mellegue 2)	1,743,000	3,318,000	5,061,000	4,322,000	462,000	0	0	11	23	17	120	0	172	253	585	472	775	555	912	436	732	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
(Tessa)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
FC:2.1% and LC:3.2% of (7)						(.)	(.)	(.021)	(.032)	(.042)	(.065)	(.064)	(.099)	(.087)	(.134)	(.11)	(.171)	(.133)	(.208)	(.157)	(.247)	(.181)	(.287)	(.206)	(.328)	(.231)	(.37)	(.257)	(.414)	(.283)	(.459)	(.31)
(9) Sub total (7)+(8)	16,989,000	24,064,000	41,053,000	35,058,000	3,744,000	132	201	540	740	414	1,960	0	1,908	3,170	4,945	4,781	5,316	4,732	5,296	3,221	3,698	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
(10) Taxes	0	6,200,000	6,200,000	5,295,000	565,000	0	10	0	23	0	34	0	19	0	1,172	0	1,800	0	1,855	0	1,287	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
(Mellegue 2)	0	6,200,000	6,200,000	5,295,000	565,000	0	10	0	23	0	34	0	19	0	1,172	0	1,800	0	1,855	0	1,287	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1) 18% of ((1) x 1.1+(1) x 1.1 x R)	0	5,936,000	5,936,000	5,069,000	541,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,132	0	1,752	0	1,808	0	1,244	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2) 10% of ((3) + (4))x1.1 + ((3)+(4))x1.1xR	0	264,000	264,000	225,000	24,000	0	10	0	23	0	34	0	19	0	40	0	48	0	46	0	43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
(Tessa)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
1) 18% of ((1) x 1.1+(1) x 1.1 x R)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
2) 10% of ((3) + (4))x1.1 + ((3)+(4))x1.1xR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
R: Rate of price contingency																																
Grand Total (9) + (10)	16,989,000	30,264,000	47,253,000	40,353,000	4,309,000	132	211	540	763	414	1,994	0	1,927	3,170	6,117	4,781	7,116	4,732	7,151	3,221	4,985	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

Note: (a) Exchange rates applied to conversion of the currencies are : USS 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.