

**République Tunisienne**  
**Ministère de l'Agriculture**  
**Et des Ressources Hydrauliques**  
**Direction Générale des Barrages**  
**Et des Grands Travaux Hydrauliques**

**ETUDE SUR**  
**LA GESTION INTEGREE DU BASSIN**  
**AXEE SUR LA REGULATION DES INONDATIONS**  
**DANS LE BASSIN DE LA MEJERDA**  
**EN**  
**REPUBLIQUE TUNISIENNE**

**RAPPORT FINAL**

**VOLUME-III ANNEXES**

**JANVIER 2009**

**AGENCE JAPONAISE DE COOPÉRATION INTERNATIONALE**

---

**NIPPON KOEI CO.,LTD**

**GE**

**JR**

**09-005**





## ABRÉVIATIONS ET GLOSSAIRES

### Abréviations d'origine Française pour les noms des institutions tunisiennes

	Anglais	Français
A/CES	Soil and Water Conservation Service	Arrondissement de la Conservation des Eaux et du Sol
A/EPPI	Public Irrigated Areas Exploitation Service	Arrondissement de l'Exploitation des Périmètres Publics Irrigués
AFD	French Development Agency	l'Agence Française de Développement
A/GR	Rural Engineering Service	Arrondissement du Génie Rural
A/ME	Maintenance of Equipments Service	Arrondissement de la Maintenance des Equipements
A/RE	Water Resources Service	Arrondissement des Ressources en Eau
AVFA	Agricultural Vulgarization and Training Agency	Agence de Vulgarisation et de la Formation Agricoles
ANPE	National Agency for the Protection of the Environment (Tunisia)	Agence Nationale de Protection de l'Environnement
BIRH	Hydraulic Inventory and Research Bureau	Bureau de l'Inventaire et des Recherches Hydrauliques
BCT	Central Bank of Tunisia	Banque Centrale de la Tunisie
BPEH	Bureau of Water Planning and Hydraulic Equilibriums(MARH)	Bureau de la Planification et des Équilibres Hydrauliques (MARH)
CITET	International Centre of Environment Technologies	Centre International des Technologies de l'Environnement
CNS	The Drought National Commission	La Commission Nationale de la Sécheresse
CNE	National Water Committee	Comité National de l'Eau
CRS	The Drought Régional Commission	La Commission Régionale de la Sécheresse
CRDA	Regional Commissary for Agricultural Development	Commissariat Régional au Développement Agricole
CSS	The Drought Specialized Commission	La Commission Sectorielle de la Sècheresse
DGACTA	General Direction of Development and Preservation of Agricultural Lands (under MARH)	Direction Générale de l'Aménagement et de la Conservation des Terres Agricoles (MARH)
DGAJF	General Direction of Juridical and Land Property	Direction Générale des Affaires Juridiques et Foncières (MARH)
DGBGTH	General Direction of Dams and Large Hydraulic Works (under MARH)	Direction Générale des Barrages et des Grands Travaux Hydrauliques (MARH)
DGEDA	General Direction of studies and Agricultural Development (under MARH)	Direction générale des ÉTUDES et du Développement Agricole (MARH)
DGEQV	General Direction of Environment and Life Quality (under MEDD)	Direction Générale de l'Environnement et de la Qualité de la Vie (MEDD)

	<b>Anglais</b>	<b>Français</b>
DGF	General Direction of Forests (under MARH)	Direction Générale des Forêts (MARH)
DGGREE	General Direction of Rural Engineering and Water Exploitation (under MARH)	Direction Générale du Génie Rural et de l'Exploitation des Eaux (MARH)
DGFIOP	General Direction of Financing, Investments and Professional Organisms (under MARH)	Direction Générale du Financement, des Investissements et des Organismes Professionnels (MARH)
DGPA	General Direction of Agriculture Production (under MARH)	Direction Générale de la Production Agricole (MARH)
DGPCQA	General Direction of Agricultural Product Quality Control and Protection (under MARH)	Direction Générale de la Protection et du Contrôle de la Qualité des Produits Agricoles (MARH)
DGRE	General Direction of Water Resources (under MARH)	Direction Générale des Ressources en Eau (MARH)
DGSV	General Direction of Veterinary Services (under MARH)	Direction Générale des Services Vétérinaires (MAHR)
DHMPE	Direction of Surrounding Hygiene and Environment Protection	Direction de l'Hygiène du Milieu et de la Protection de l'Environnement
DTIS	Direction of the Scientific Information Processing	Direction du Traitement de l'Information Scientifique
GIC	Collective Interest Organizations	Groupeements d'Intérêt Collectif
INAT	National Agronomical Institute of Tunisia (under MARH)	Institut National Agronomique de Tunisie
INM	National Institute of Meteorology (under Ministry of Transportation)	Institut National de la Météorologie (MT)
INS	National Statistics Institute	Institut National de la Statistique
INRGREF	National Research Institute for Rural Engineering, Water and Forestry (MARH)	Institut National de Recherche en Génie Rural, Eaux et Forêt
IRESA	Institution of Agricultural Research and Education	Institution de la Recherche et de l'Enseignement Supérieur Agricole
MARH	Ministry of Agriculture and Hydraulic Resources	Ministère de l'Agriculture et des Ressources Hydrauliques
MEDD	Ministry of Environment and Sustainable Development	Ministère de l'Environnement et du Développement Durable
MEHAT	Ministry of Equipment, Housing and Country Planning	Ministère de l'Équipement de l'Habitat et de l'Aménagement du territoire
MF	Ministry of Finance	Ministère des Finances
OEP	Animal Husbandry and Pasture Agency	Office de l'Élevage et de du Pâturage
ONAS	National Sanitation Agency	Office National de l'Assainissement
OTED	Tunisian Observatory for the Environment and Sustainable Development	Observatoire Tunisien de l'Environnement et du Développement Durable
SECADEN ORD	The North Water Canal, Adductions and System Management Company	Société d'Exploitation, Canalisation et d'Adduction des Eaux du Nord

	<b>Anglais</b>	<b>Français</b>
SONEDE	Water Exploitation and Distribution National Company (WEDNC)	Société Nationale d'Exploitation et de Distribution des Eaux
UTAP	Tunisian Agriculture and Fishery Association	Union Tunisienne de l'Agriculture et de Pêche

**Abréviations d'origine Française pour les autres que les noms des institutions tunisiennes**

	<b>Anglais</b>	<b>Français</b>
GEORE	Optimum Management of Water Resources	Gestion Optimale des Ressources en Eau
JORT	Official Journal of the Republic of Tunisia	Journal Officiel de la Tunisie
MEDROPLAN	The Mediterranean Drought and Preparedness and Mitigation Planning	Etat de préparation de sécheresse et planification méditerranéenne de réduction
NGT	General Levelling of Tunisia (Topographic datum in Tunisia)	Nivellement Général de la Tunisie
PHE	Maximum Water Level	Niveau des Plus Hautes Eaux
PISEAU project	Water Sector Investment Project	Projet d'Investissement du Secteur de l'Eau
SINEAU	Water Resources National Information System	Système d'Information National des Ressources en Eau
SYCHTRAC	Real Time Hydrological Data Collection and Flood Warning System	Système de Collecte des Données Hydrologiques en Temps Réels et Annonce de Cures

**Abréviations d'origine anglaise (ou autres langues)**

	<b>Anglais</b>	<b>Français</b>
AfDB	African Development Bank	Banque africaine de développement (BAfD)
BOD	Biological Oxygen Demand	Demande Biologiste en l'Oxygène
CITES	Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora	Convention de Washington sur le Commerce International des Espèces de Faune et de Flore Sauvages Menacées d'Extinction
COD	Chemical Oxygen Demand	Demande Chimique de l'Oxygène
EIA	Environmental Impact Assessment	Evaluation de l'Impact sur l'Environnement
EIRR	Economic Internal Rate of Return	Taux Interne de Rentabilité Economique
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations	Organisation pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO)
FFWS	Flood Forecasting and Warning System	Système de prévisions de crue et d'alerte
F/S	Feasibility Study	Etude de Faisabilité
GDP	Gross Domestic Product	Produit intérieur brut (PIB)

	<b>Anglais</b>	<b>Français</b>
GEOSS	Global Earth Observation System of Systems	Système Global d'Observation du globe des Systèmes
GIS	Geographical Information System	Système d'Information Géographique
G/S	Gauging station	Station de jaugeage
GSM	Global System for Mobile Communications	Système global pour communications mobiles
GTZ	German Office for Technical Cooperation (Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit)	Coopération Technique Allemande
IEE	Initial Environmental Examination	Examen Initial sur l'Environnement
IFAD	International Fund for Agricultural Development	Fonds International de Développement Agricole (FIDA)
IUCN	The World Nature Conservation Union	Union Internationale pour la Conservation de la Nature
JBIC	Japan Bank for International Cooperation	Banque Japonaise de Coopération Internationale
JICA	Japan International Cooperation Agency	Agence Japonaise de Coopération Internationale
MDGs	Millennium Development Goals	Objectifs du Millénaire pour le développement (OMD)
M/P	Master Plan	Plan directeur
NGO	Non-governmental Organization	Organisation Non Gouvernementale
O&M	Operation and Maintenance	fonctionnement et Maintenance
PR1	Progress Report 1	Rapport d'Avancement n1
SMS	Short Message Service	Service de message court
TND	Tunisian Dinar	Dinar Tunisien
TOR	Terms of Reference	Termes de Référence1
UN	United Nations	Organisation des Nations unies (ONU)
UNDP	United Nations Development Programme	Programme des Nations Unies pour le Développement
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organisation	Organisation des Nations Unies pour l'Education, la Science et la Culture
UNSO	United Nations Sudano-Sahelian Office	Office Soudano-Sahélien des Nations Unies
WB	The World Bank	La Banque Mondiale
WMO	World Meteorological OrganiZation	Organisation Mondiale de la Météorologie

**Glossaire (Termes techniques Français, Termes locaux Tunisiens et termes spécifiques)**

<b>Term</b>	<b>Explanation</b>
Governorate (gouvernorat)	Unité gouvernementale régionale sous l'autorité de l'état

## MEASUREMENT UNITS

### Length

mm = millimetres  
cm = centimetres (= 10 mm)  
m = meters (= 100 cm)  
km = kilometres (= 1,000 m)  
in. = inch (= 2.54 cm)  
ft. = foot = 12 inches (= 30.48 cm)  
yard = 3 feet = 36 inches (= 0.9144 m)  
mile = 1760 yards (= 1,609.31 m)

### Area

cm<sup>2</sup> = Square-centimetres (1.0 cm x 1.0 cm)  
m<sup>2</sup> = Square-meters (1.0 m x 1.0 m)  
km<sup>2</sup> = Square-kilometres (1.0 km x 1.0 km)  
ha = Hectares (10,000 m<sup>2</sup>)

### Currency

US\$ = United State Dollars (USD)  
¥ = Japanese Yen (JPY)  
TND = Tunisian Dinar

### Volume

cm<sup>3</sup> = Cubic-centimetres  
(1.0 cm x 1.0 cm x 1.0 cm or  
1.0 m-lit.)  
m<sup>3</sup> = Cubic-metres  
(1.0 m x 1.0 m x 1.0 m or  
1,000 lit.)  
lit. = Litre (1,000 cm<sup>3</sup>)  
cusec = ft<sup>3</sup> / sec  
lpcd = Litre per capita per day

### Weight

g = Grams  
kg = Kilograms (1,000 g)  
ton = Metric tonne (1,000 kg)

### Time

sec. = Seconds  
min. = Minutes (60 sec.)  
hr. = Hours (60 min.)

*Rapport Complémentaire A*

***HYDROLOGIE ET  
HYDRAULIQUE***

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 A : Hydrologie et Hydraulique**

Abréviations

**Table de Matières**

	<u>Page</u>
<b>Chapitre A1 ETUDE HYDROLOGIQUE .....</b>	<b>A1-1</b>
A1.1 Généralités .....	A1-1
A1.1.1 Buts de l'étude hydrologique.....	A1-1
A1.1.2 Collecte de Données de base.....	A1-1
A1.2 Examen des données collectées .....	A1-3
A1.2.1 Examen des données collectées .....	A1-3
A1.2.2 Remarques sur les données collectées .....	A1-3
A1.3 Climat de la zone de l'Étude .....	A1-4
A1.4 Caractéristiques des précipitations de la zone de l'Etude .....	A1-7
A1.4.1 Analyse de fiabilité .....	A1-7
A1.4.2 Variations spatiale et saisonnière .....	A1-7
A1.4.3 Caractéristiques des variations annuelles.....	A1-8
A1.4.4 Analyse de probabilité des précipitations de pointe.....	A1-10
A1.4.5 Précipitations mensuelles et annuelles de la partie du territoire algérien du bassin de l'oued de Mejerda .....	A1-10
A1.5 Caractéristiques d'écoulement des crues .....	A1-11
A1.5.1 Variation saisonnière des débits de pointe annuels .....	A1-11
A1.5.2 Probabilité du débit de pointe .....	A1-12
A1.5.3 Probabilité du volume d'apport .....	A1-13
A1.5.4 Formes des hydrogrammes .....	A1-14
A1.5.5 Impact de l'installation des barrages sur la ville Bou Salem.....	A1-15
<b>Chapitre A2 SYSTEM FLUVIAL ACTUEL.....</b>	<b>A2-1</b>
A2.1 Système fluvial actuel et profils du lit de l'oued.....	A2-1
A2.1.1 Le système fluvial et le bassin versant .....	A2-1

A2.1.2	Les profils du lit del'oued et les pentes .....	A2-3
A2.2	Capacité de débit.....	A2-4
<b>Chapitre A3 CARACTERISTIQUES HYDROLOGIQUES DES CRUES DANS LE BASSIN DE L'OUED MEJERDA .....</b>		
		<b>A3-1</b>
A3.1	Généralites .....	A3-1
A3.2	Caractéristiques générales des crues .....	A3-1
A3.3	Caractéristiques hydrologiques des crues de mars 1973.....	A3-2
A3.4	Caractéristiques hydrologiques des crues de mai 2000.....	A3-4
A3.5	Caractéristiques hydrologiques des crues de janvier 2003.....	A3-5
A3.6	Caractéristiques hydrologiques des crues de janvier 2004 et de 2005 .....	A3-6
A3.7	Implication des caractéristiques hydrologiques des crues antérieures .....	A3-7
<b>Chapitre A4 ANALYSE DU FAIBLE DÉBIT.....</b>		
		<b>A4-1</b>
A4.1	Méthodologie et données utilisées .....	A4-1
A4.2	Analyse de fréquence .....	A4-3
<b>Chapitre A5 ANALYSE DE L'ECOULEMENT DES CRUES .....</b>		
		<b>A 5-1</b>
A5.1	Le Concept de base et l'Analyse des inondations.....	A5-1
A5.1.1	Le Concept de base .....	A5-1
A5.1.2	Débit entrant de l'Algérie .....	A5-1
A5.2	Analyse du ruissellement des inondations .....	A5-2
A5.2.1	Analyse de la pluviométrie .....	A5-2
A5.2.2	Hydrogramme unitaire .....	A5-3
A5.2.3	Les inondations probables .....	A5-4
<b>Chapitre A6 ANALYSE DES INONDATIONS .....</b>		
		<b>A6-1</b>
A6.1	Généralités .....	A6-1
A6.2	Méthodologie .....	A6-2
A6.2.1	Description globale du modèle .....	A6-2
A6.2.2	Données appliquées et conditions aux limites .....	A6-4
A6.3	Calibrage des modèles .....	A6-6
A6.3.1	Calibrage du modèle de simulation du fonctionnement du réservoir (MIKE BASIN).....	A6-6
A6.3.2	Calibrage du modèle d'analyse hydraulique/inondation (MIKE FLOOD).....	A6-7
A6.4	Résultats de simulation pour l'analyse des inondations.....	A6-8
A6.4.1	Inondations dans les conditions actuelles (avant le projet).....	A6-8
A6.4.2	Inondation après le projet (cas d'amélioration du fonctionnement du réservoir).....	A6-10
A6.4.3	Inondation après le projet (amélioration du fonctionnement du réservoir + amélioration du fleuve).....	A6-11
A6.5	Commentaires sur l'analyse des inondations probables au prochain stade.....	A6-11

<b>Chapitre A7</b>	<b>ANALYSE DE LA SEDIMENTATION.....</b>	<b>A7-1</b>
A7.1	Généralités .....	A7-1
A7.2	En aval du barrage de Sidi Salem .....	A7-1
A7.2.1	Méthodologie .....	A7-1
A7.2.2	Evaluation préliminaire de la quantité moyenne de sédimentation .....	A7-2
A7.3	En amont du barrage de Sidi Salem .....	A7-6
A7.3.1	Evolution des capacités de débit.....	A7-6
A7.3.2	Sédimentation à l'extrémité de l'oued en amont du Réservoir de Sidi Salem .....	A7-7
<b>Chapitre A8</b>	<b>RECOMMANDATIONS SECTORIELLES POUR LES ETAPES SUIVANTES.....</b>	<b>A8-1</b>

### Liste des Tableaux

	<u>Page</u>
Tableau A1.1.1	Disponibilité des données des précipitations journalieres ..... AT-1
Tableau A1.1.2	Disponibilité des données des débits moyens journaliers..... AT-2
Tableau A1.3.1	Valeurs moyennes mensuelles du climat index ..... AT-3
Tableau A1.4.1	Hauteur des précipitations Annuelles, 2 ans et 3 ans (dans le bassin de la Medjerda) ..... AT-4
Tableau A1.4.2	Probable 6 jours pluies à les principaux stations ..... AT-5
Tableau A1.5.1	Débit annuelle maximale ..... AT-6
Tableau A3.1.1	Crues et evènements majeurs dans le bassin de la Medjerda ..... AT-7
Tableau A4.1.1	Apport annuel sur les sites des barrages ..... AT-8
Tableau A4.1.2	Apport annuel, deux années consécutives et trois années consécutives ..... AT-9
Tableau A5.1.1	Calcul du débit probable au niveau de la confluence de Mellegue et Sarrath (BP-AM)..... AT-10
Tableau A5.2.1	La pluviométrie moyenne probable du bassin en 6 jours et la pluviométrie moyenne probable du bassin en 6 jours durant les crues majeurs enregistrées ..... AT-11
Tableau A5.2.2	Paramètres pour la dérivation du hydrogramme unitaire à partir du hydrogramme unitaire sans dimensions et débit de pointe du hydrogramme unitaire ..... AT-12
Tableau A5.2.3	Crues probables ..... AT-13
Tableau A5.2.4	Débits spécifiques des crues probables ..... AT-14

### Liste des Figures

	<u>Page</u>
Figure A1.1.1	Carte de localisation des Stations pluviométriques.....AF-1
Figure A1.1.2	Plan de situation des Postes Hydrométriques .....AF-2

Figure A1.1.3	Représentation schématique des Stations hydrométriques, Barrages, oueds, et Cités/Villes.....	AF-3
Figure A1.4.1	Pluviométrie annuel .....	AF-4
Figure A2.1.1	Réseau hydrographique dans le bassin de la Medjerda.....	AF-5
Figure A2.1.2	Représente le Profil de l'oued et la débitance (Mejerda, en haut de Sidi Salem) (1/6 - 6/6).....	AF-6
Figure A2.1.3	Amplitude de la rivière avec petite capacité de flux (en amont de barrage Sidi Salem).....	AF-12
Figure A2.1.4	Profil de la surface d'eau, Q=200m <sup>3</sup> /s .....	AF-13
Figure A3.1.1	Débit de pointe aux principales stations et des barrages (1/5 - 5/5).....	AF-14
Figure A3.3.1	Carte des inondations des crues de mars 1973.....	AF-19
Figure A5.1.1	Divisions de l'ensemble de la zone d'étude pour l'estimation de la pluviométrie moyenne (1/3 - 3/3) .....	AF-20
Figure A5.1.2	Carte des isohyètes (Crues Janv. 2003, 6 jours de 8 Janv. au 13 janv.).....	AF-23
Figure A5.2.1	Hyétogramme de projet.....	AF-24
Figure A5.2.2	La division du bassin en zones pour l'analyse du ruissellement.....	AF-25
Figure A5.2.3	Diagramme schématique du réseau hydrographique pour le calcul du crue probable .....	AF-26
Figure A5.2.4	Hydrogramme unitaire sans dimension.....	AF-27
Figure A5.2.5	Hydrogrammes unitaires des sous bassins .....	AF-28
Figure A5.2.6	La distribution probable du débit (1/3 - 3/3).....	AF-29
Figure A5.2.7	Débit spécifique .....	AF-32
Figure A6.3.1	Carte des inondations de la crue de Janv. 2003 (simulée).....	AF-33
Figure A6.3.2	Limites enregistrées et simulées des inondations (Crues Janv. 2003).....	AF-34
Figure A6.4.1	Inondation avant et après la fin du projet (1/3 - 3/3).....	AF-35
Figure A7.3.1	Profil de la surface d'eau en haut du barrage Sidi Salem avant et après Sedimentation (1/2 - 2/2) .....	AF-38

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

	<u>Page</u>	
Data A1	Climate Data (Données climatologiques)..... DA1-1	
Data A2	Rainfall Data (Données pluviométriques) .....	DA2-1
Data A3	Discharge Data (Données débits) .....	DA3-1
Data A4	Hydrological Data during Recent Major Floods (Les données hydrologiques au cours des dernières inondations importantes) .....	DA4-1
Data A5	Flood Runoff Analysis.....	DA5-1
Data A6	Training Text : Explanation Note on Inundation Analysis Model (MIKE FLOOD) for the Mejerda River Basin (Presentation materials for the training are also attached here)  (Formation Texte: Note explicative sur inondation modèle d'analyse (MIKE FLOOD) pour le bassin versant de la Mejerda) .....	DA6-1
Data A7	Inundation Maps (Inundation Simulation Results) (Cartes des zones inondables (résultats de simulation d'inondation)) .....	DA7-1

## ABREVIATIONS

### Abréviations d'origine Française des Institutions Tunisienne

	Anglais	Français
CRDA	Regional Commissary for Agricultural Development	Commissariat Régional au Développement Agricole
DGBGTH	General Direction of Dams and Large Hydraulic Works (under MARH)	Direction Générale des Barrages et des Grands Travaux Hydrauliques (MARH)
DGRE	General Direction of Water Resources (under MARH)	Direction Générale des Ressources en Eau (MARH)
INAT	National Agronomical Institute of Tunisia (under MARH)	Institut National Agronomique de Tunisie
INM	National Institute of Meteorology (under Ministry of Transportation)	Institut National de la Météorologie (MT)
MARH	Ministry of Agriculture and Hydraulic Resources	Ministère de l'Agriculture et des Ressources Hydrauliques

### Abréviations d'origine Française pour les noms autres que des Institutions Tunisienne

	Anglais	Français
GEORE	Optimum Management of Water Resources	Gestion Optimale des Ressources en Eau
NGT	General Levelling of Tunisia (Topographic datum in Tunisia)	Nivellement Général de la Tunisie
PHE	Maximum Water Level	Niveau des Plus Hautes Eaux
SYCHTRAC	Real Time Hydrological Data Collection and Flood Warning System	Système de Collecte des Données Hydrologiques en Temps Réels et Annonce de Cures

### Abréviations d'origine anglaise (ou autres langues)

	Anglais	Français
DEM	Digital Elevation Model	modèle numérique de terrain (MNT)
FFWS	Flood Forecasting and Warning System	Système de prévisions de crue et d'alerte
F/S	Feasibility Study	Etude de Faisabilité
GIS	Geographical Information System	Système d'Information Géographique
G/S	Gauging station	Station de jaugeage
GTZ	German Office for Technical Cooperation (Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit)	Coopération Technique Allemande
JICA	Japan International Cooperation Agency	Agence Japonaise de Coopération Internationale
M/P	Master Plan	Plan directeur
O&M	Operation and Maintenance	fonctionnement et Maintenance

## CHAPITRE A1 ETUDE HYDROLOGIQUE

### A1.1 Généralités

#### A1.1.1 Buts de l'étude hydrologique

Les études hydrologiques de cette étude de la JICA ont été entreprises pour fournir l'information hydrologique nécessaire à la formulation du Plan Directeur de la gestion des inondations dans le bassin de la rivière Mejerda. Les principales tâches des études hydrologiques étaient de;

- acquérir des données de base sur les inondations majeures vécues, et de clarifier leurs caractéristiques hydrologiques (**Chapitre A3**)
- estimer, sous différentes probabilités, le débit et le volume des écoulements d'étiage au niveau des sites de barrage pour servir comme données de base à l'analyse des opérations d'approvisionnement en eau de barrages (**Chapitre 4**).
- estimer les hydrogrammes de différentes crues probables de chaque sous-bassin versant en vue de les utiliser dans l'analyse de l'exploitation des réservoirs et des inondations (**Chapitre A5**)
- estimer la zone, hauteur et la durée des inondations causées par différentes crues probables, afin de fournir des données de base pour l'amélioration de la rivière et la planification de la gestion des inondations (**Chapitre A6**)
- établir les conditions actuelles dans les lits de la rivière afin de fournir des informations de base pour la planification du développement de la rivière (**Chapitres A2 et A7**)

Un certain nombre d'études hydrologiques du bassin de la Mejerda ont été mené dans le cadre de projets d'études antérieurs. Les conclusions de ces travaux ont été passées en revue et certains de leurs résultats ont été intégrés dans cette étude. Quand cela est nécessaire, les résultats précédents ont été mis à jour grâce aux données additionnelles devenues désormais disponibles.

#### A1.1.2 Collecte de données

Pour cette étude, les données météorologiques et hydrologiques du bassin de la rivière Mejerda et des zones adjacentes ont été recueillies auprès des deux organismes concernés, le Ministère de l'Agriculture et des Ressources Hydrauliques (MARH) (principalement la DGRE et la DGBGTH) et l'Institut National de Météorologie (INM). La DGRE (Direction Générale des Ressources en eau) du MARH est l'organisme responsable de l'observation et de l'exploitation/maintenance des stations pluviométriques et de jaugeages, alors que l'INM est l'organisme responsable de la gestion des stations météorologiques (comprenant certaines stations pluviométriques). En cas de besoin, la DGRE et l'INM s'échangent les données. Les données fondamentales sur le climat au niveau des sites de barrages sont aussi relevées et mémorisées par la DGBGTH (Direction Générale des Barrages et des Grands Travaux Hydrauliques) du MARH parallèlement avec les relevés de l'exploitation des barrages.

(1) Données climatologiques

Les données climatologiques mensuelles des principales stations ont été recueillies auprès de l'INM et du MARH

(2) Précipitations

Aussi deux types de données pluviométriques ont été recueillis auprès du MARH et de l'INM, il s'agit des:

- Précipitations journalières de 89 stations (1990/91 - 2005/06 y compris les périodes manquantes)
- Précipitations horaires de quelques stations pendant les inondations majeures (mars 1973, mai 2000, jan. 2003 et jan. 2004.)

La disponibilité des données pluviométriques est résumée dans le **Tableau A1.1.1**, et la localisation des stations pluviométriques est présenté dans la **Figure A.1.1**.

(3) Débits d'écoulement

Les données des débits suivantes ont été recueillies auprès du MARH:

- Débits instantanés (ou horaires) au niveau des stations principales (DGRE et DGBGTH) durant les inondations majeures
- Débits journaliers de 30 stations de jaugeage (1989/90 - 2002/03 y compris les périodes manquantes) (DGRE)
- Débits sortants journaliers enregistrés et débits entrants journaliers estimés dans les sites de barrages (DGBGTH)
- Apport mensuel (en volume) au niveau des sites de barrages (DGBGTH, extrait d'une base de données existante développée dans le cadre des études précédentes, telle que EAU2000 et GEORE)

Les courbes du taux du débit de pointe des principales stations de jaugeage ont également été fournies par la DGRE.

Les localisations des principales stations de jaugeage sont présentées dans la **figure A1.1.2**, et sont schématiquement illustrées ainsi que les grands barrages, les affluents et les villes dans la **figure A1.1.3**. La disponibilité de données des débits est résumée dans le **tableau A1.1.2**.

(4) Données en Algérie

Les données hydrologiques suivantes de la partie algérienne du bassin de la rivière de la Mejerda ont été fournies par le MARH.

- Précipitation mensuelle au niveau de 41 stations (1913/14 - 2003/04 y compris les périodes manquantes)
- Données des débits journaliers (au niveau de sept stations y compris les périodes manquantes et dont la disponibilité est limitée)

## **A1.2 Examen des données collectées**

### **A1.2.1 Examen des données collectées**

Les données collectées des précipitations et des débits d'écoulement ont été étudiées préalablement à leur utilisation dans les analyses suivantes. L'analyse de régression du groupe de données des stations de contrôle a été développée, les données manquantes du groupe de données ont été remplies quand cela est nécessaire en se basant sur les relations établies.

### **A1.2.2 Remarques sur les données collectées**

#### **(1) Fiabilité et homogénéité des données**

Parmi les données hydrologiques disponibles, le groupe de données sur les débits et les précipitations journaliers dans la partie du territoire tunisien du bassin a été d'une excellente fiabilité et homogénéité. Par ailleurs, les données par heure (ou instantanées) semblent être gérées d'une façon différente. L'analyse horaire des hydrogrammes de débits rencontre souvent des difficultés du fait de l'incohérence souvent rencontrée dans les données provenant de sources différentes, telles que les rapports de la DGRE.

Le nouveau système de collecte de données hydrologiques en temps réels et d'annonce de Crues (SYOHTRAC), qui est actuellement installé dans le bassin de la rivière Mejerda, permettra d'améliorer significativement la gestion de l'information hydrologique dans le bassin. Les données sur les précipitations, le niveau d'eau et les débits peuvent être stockées dans cette base de données unique, ce qui évitera l'incohérence des données. Le SYOHTRAC permettra aussi de partager les données provenant de sources sûres par la DGRE, la DGBGTH et d'autres départements du MARH, aussi bien durant qu'en dehors des événements d'inondation.

#### **(2) Référence des données sur le niveau d'eau**

Les données du niveau d'eau observées par la DGRE sont actuellement exprimées sur la base des lectures des jauges indépendante du système NGT. Cela nécessite la connexion au système de cote NGT, largement appliqué en Tunisie en ce qui concerne les informations topographiques, tel que les altitudes dans les cartes topographiques, les résultats des enquêtes topographiques et les études des structures. En plus, l'information NGT des jauges de référence devrait être révélée de sorte que les informations de la DGRE sur les niveaux d'eau peuvent être appliquées facilement et utilisées pour des plans et activités pratiques.

#### **(3) Données en Algérie**

Les données hydrologiques de la partie du territoire algérien du bassin de la rivière Mejerda sont actuellement fournies mensuellement. L'acquisition quotidienne et horaire des données hydrologiques de la partie du territoire algérien du bassin de la rivière Mejerda sera nécessaire aux fins des analyses hydrologiques plus détaillées à venir. L'acquisition des données du territoire algérien en temps réel pourrait apporter un soutien aux mesures de gestion des inondations.

L'acquisition de données de sources autres que les agences algériennes, tel qu'un système international d'observation par satellite pourrait être une option future.

### **A1.3 Climat de la zone de l'Étude**

#### (1) Généralités

La Tunisie, qui se trouve sur la frontière entre le désert chaud au sud et la méditerranée au nord, est dominée en été par le climat du désert saharien et les autres saisons par un climat tempéré.

En Tunisie, en été, le climat est stable, chaud et sec et ce en raison de la progression des hautes pressions vers le nord. En hiver et lors de la transition saisonnière où les pressions sahariennes se retirent vers le sud, la Tunisie se trouve dans la partie ouest du système climatique modéré et devient ainsi couverte par les perturbations frontales et les masses d'air d'origines différentes. Par conséquent, pendant ces saisons, particulièrement dans la partie nord de la Tunisie où la zone de l'étude est située, le climat devient plutôt instable et des précipitations plus fréquentes.

Des données climatiques aux niveaux des stations principales de la zone de l'Étude sont fournies dans les données **A1 du Databook** et leurs valeurs mensuelles moyennes sont récapitulées dans le **Tableau A1.3.1**.

#### (2) Les Précipitations

Les principales sources des précipitations en Tunisie sont au nombre de trois, il s'agit;

- Les perturbations venant de la méditerranée occidentale (intrusion des perturbations de l'Atlantique nord à la Méditerranée ou celles nées près de l'extrême ouest de la Méditerranée). Ce type couvre environ deux-tiers des cas des précipitations en Tunisie.
- Des perturbations en provenance de la Méditerranée orientale (telle que la région de Chypre). Ce type concerne environ 11% des cas des précipitations. Ce type est observé en automne et cause des pluies torrentielles.
- Des perturbations du nord du Sahara se déplaçant du sud-ouest vers l'est ou vers le nord-est. Après avoir traversé la Tunisie et le reste de la Méditerranée, ces masses d'air relativement sèches pourraient provoquer de fortes pluies sur la partie orientale du pays.

En règle générale, la moyenne des précipitations annuelles montre une tendance vers la baisse en allant du nord vers le sud Tunisien. Elle atteint 1500 mm dans les montagnes Khmir à la pointe nord-ouest de la Tunisie, et se réduit à environ 100 mm à l'extrémité sud du pays.

De telles variations régionales des moyennes des précipitations annuelles peuvent également être observées dans la zone de l'Étude comme illustré sur la carte des isohyètes. La moyenne des précipitations annuelle dépasse 1000 mm dans le nord-ouest de la zone de l'Étude, alors que la partie sud a une pluviométrie annuelle de moins de 300 mm.



**Carte des Isohyètes du bassin de la rivière Mejerda (précipitations annuelles moyenne 1949-2006)**

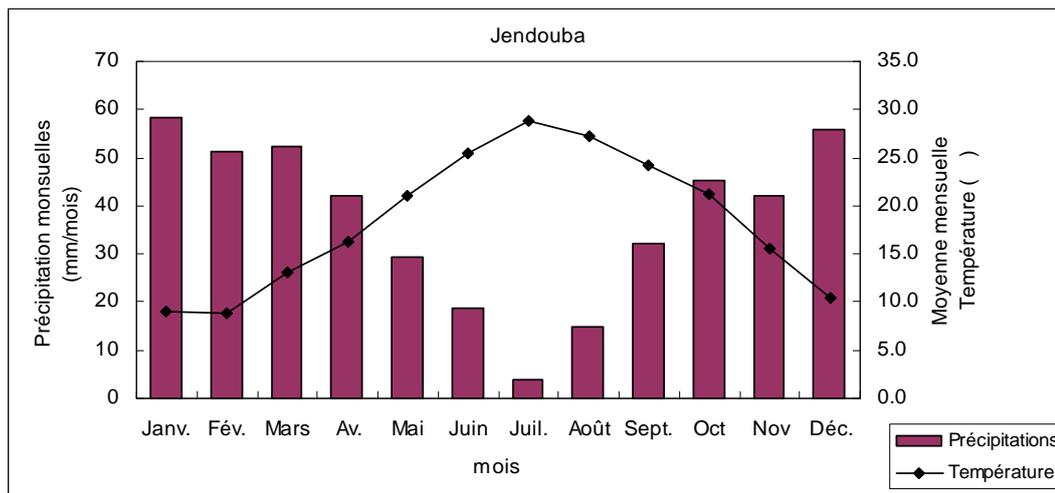
Des détails supplémentaires sur les caractéristiques des précipitations dans la zone de l'Etude sont examinés dans la section qui suit.

### (3) La température, l'évaporation, l'ensoleillement et l'humidité

Les données Climatologiques sont présentées dans le **Tableau A1.3.1** et dans les données **A1 du Databook**.

En Tunisie, la température a généralement une tendance de progression en allant vers le secteur sud du désert, cette tendance est à l'opposé pour ce qui concerne les précipitations et l'humidité.

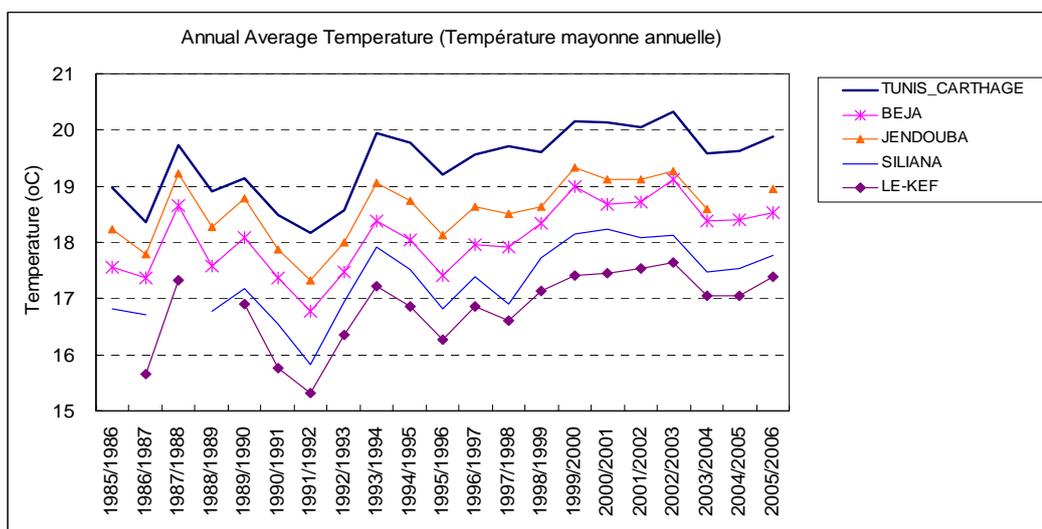
Les régions du nord et de l'extrême nord de la Tunisie, où est situé le bassin de la rivière Mejerda, se caractérisent par un hiver doux et humide et un été chaud et sec. Dans la zone de l'Etude la température, l'évaporation, et la durée d'ensoleillement atteignent leur maximum en juillet et août, tandis que l'humidité et les précipitations deviennent moindres durant ces deux mois. Le graphique suivant illustre la variation saisonnière typique de la température et des précipitations de la zone de l'Etude.



Source : Résumé par le groupe d'étude basé sur le rapport annuel 2005 (Almanach 2005), INM

### Précipitations mensuelles moyennes (1961-1990) et température mensuelle moyenne en 2005

Dans la zone de l'Etude, la température annuelle moyenne est comprise entre environ 16° et 20° c comme présenté dans le tableau qui suit. La température moyenne aux altitudes élevées de Siliana et du Kef tend à être inférieure à celle des autres stations. Dans la zone de l'Etude, les mois de Juillet et d'août sont les plus chauds. La température moyenne mensuelle durant ces deux mois relevée par les stations principales est de 27 à 28.5° c, et les températures maximales moyennes mensuelles peuvent atteindre 32 à 37° c. La température maximale absolue atteint quant à elle des valeurs plus élevées. Par exemple, à Jendouba 46.8°c ont été enregistrés en juillet 2005, alors que la température moyenne mensuelle en ce mois est de 28.8°c.



### La température moyenne annuelle des stations principales dans la zone de l'Etude

L'hygrométrie moyenne annuelle des stations principales dans la zone de l'Etude varie entre 60 et 68%. Elle devient la plus élevée de décembre à janvier, de 75 à 85%, et la plus faible en juillet, de 49 à 60%. La station de Tunis-Carthage située près de la mer enregistre une humidité plus élevée pendant l'été que celle des autres stations.

L'évaporation moyenne annuelle dans la zone de l'Etude varie entre 1300 et 1800 mm.

#### (4) Le Vent

La vitesse moyenne mensuelle du vent enregistrée dans les principales stations de la zone de l'Etude varie entre 2.0 et 4.5 m/s comme présenté dans le **Tableau A1.3.1** et les données **A1 du Databook**.

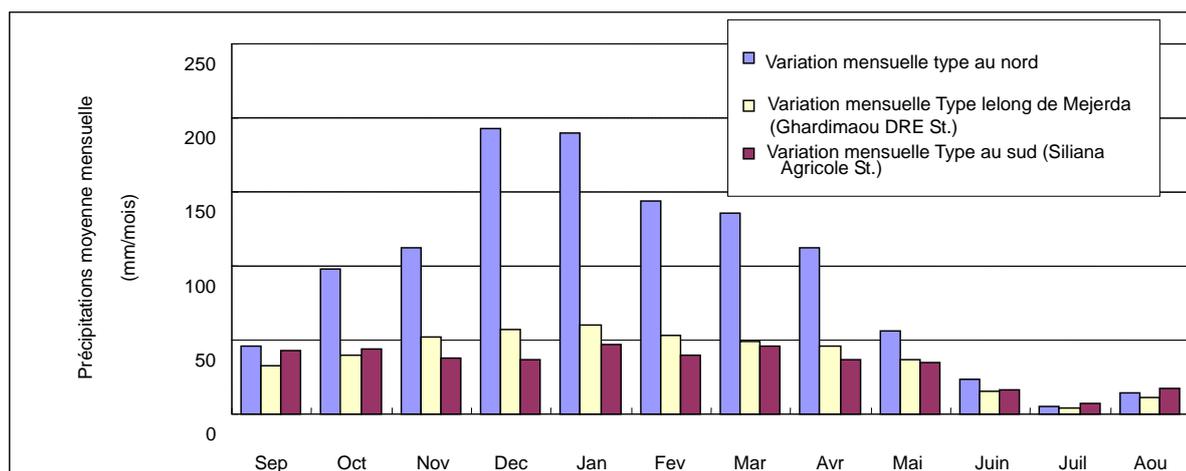
### A1.4 Caractéristiques des précipitations de la zone de l'Etude

#### A1.4.1 Analyse de fiabilité

La fiabilité de données des précipitations disponibles a été examinée sur la base d'une double analyse de la Courbe des valeurs cumulées. Les groupes de données de quelques stations qui ont montrés d'importantes erreurs ont été rejetés. Les données manquantes dans les groupes de données fiables ont été calculées en se basant sur l'analyse de régression des rapports avec d'autres stations.

#### A1.4.2 Variations spatiale et saisonnière

Comme cité précédemment, les précipitations annuelles dans la zone de l'Etude varient entre 300 mm dans les parties méridionales et plus de 1.000 millimètres dans le nord. Cette différence est due à l'abondance des précipitations durant la saison des pluies dans les parties nord. Les précipitations pendant la saison sèche et les saisons transitoires (à partir de juin à septembre) diffèrent légèrement entre les régions comme illustré dans le diagramme ci-dessous. Au contraire, les précipitations des saisons pluvieuses dans les régions du nord (les zones de la rive gauche) deviennent sensiblement plus importantes particulièrement en décembre et janvier, malgré que ces mois ne connaissent pas de pointe distincte dans la partie méridionale de la zone de l'Etude où sont situés les affluents de la rive droite dont Mellegue.



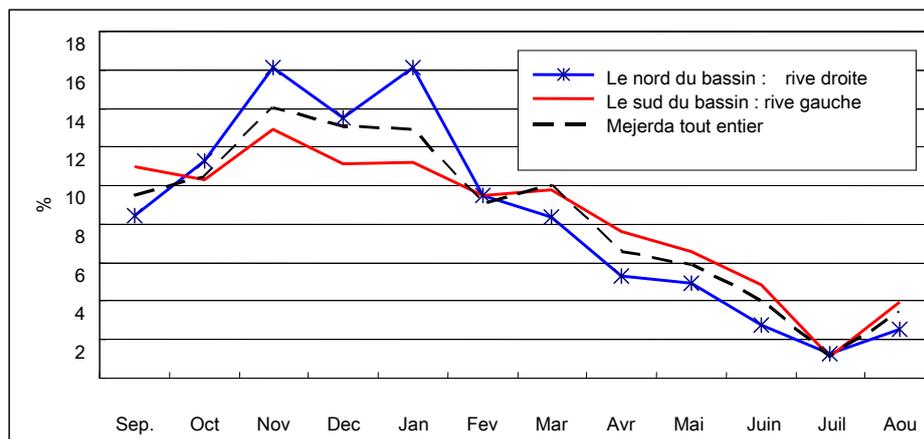
Source : Développé par le groupe d'étude basé sur les données quotidiennes de précipitations de DGRE (moyenne de 1950/51-2005/06)

#### Variation mensuelle des précipitations dans différentes régions

Les variations saisonnière et régionale de l'occurrence de pluies torrentielles ont été également examinées, sur la base du maximum annuel des précipitations quotidiennes

enregistré. La figure suivante compare la distribution mensuelle des incidences (en pourcentage) du maximum annuel des précipitations quotidiennes dans les parties nord et sud de la zone de l'Etude.

La figure montre que dans les parties nord les pluies torrentielles surviennent entre novembre et janvier, alors qu'elles peuvent se produire ailleurs dans les zones méridionales de septembre à juin.



(Unité %)

	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aout	total
Régions du Nord (rive gauche)	8.4	11.3	16.1	13.5	16.1	9.5	8.4	5.3	4.9	2.8	1.2	2.5	100
Régions du sud (rives droite)	11.0	10.3	12.9	11.1	11.2	9.5	9.8	7.6	6.5	4.9	1.1	4.0	100
Toute la Mejerda	9.5	10.4	14.0	13.0	12.9	9.1	10.0	6.6	5.9	4.0	1.1	3.5	100

Note : Le nombre d'occurrence du maximum annuel des précipitations quotidiennes dans le mois/le nombre total des données du maximum annuel des précipitations quotidiennes.

Gauche (ou droit) : Total de stations situées sur la rive gauche (ou droite) de la rivière Mejerda. Période : 1900/01 - 2005/06 (pour cette analyse, des données manquantes ne sont pas remplies.)

Source : Equipe de l'Etude.

### Variation mensuelle d'occurrence du maximum annuel des précipitations quotidiennes

#### A1.4.3 Caractéristiques des variations annuelles

##### (1) Précipitations annuelles, et années sèches et humides

La **figure A1.4.1** montre la fluctuation des précipitations annuelles et de leur moyenne de 10 ans au-delà de 1968 au niveau du bassin et entre 1968/69 (septembre 1968 à août 1969) et 2005/06 au niveau de quelques stations types. La figure montre que le bassin de la Mejerda est depuis 2002 en période humide après avoir souffert des sécheresses graves entre la fin des années 80 et 2001. Les années sèches et humides ont été également examinées sur la base des précipitations annuelles du bassin. Le **Tableau A1.4.1** énumère les précipitations annuelles du bassin au cours de la période de 1968/69 à 2005/06. La valeur des précipitations de deux et de trois années consécutives est également présentée dans le tableau.

Les années suivantes ont connu les cinq plus faibles précipitations au cours de la dite

période. Ce résultat concorde avec le fait que les deux périodes de sécheresses les plus marquantes des années 80 à 95 dans le bassin se sont produites en 1987-88-89 et 1993-94-95.

**Années ayant connu de faibles précipitations (précipitations moyennes)**

Rang	Précipitations Annuelle		Précipitations de 2 années		Précipitations de 3 années	
	période	mm/an	période	mm/an	période	mm/an
1	1993/1994	316	1993 Sep. – 1995 Aout.	675	1992 Sep. – 1995 Aout	1092
2	1987/1988	347	1987 Sep. – 1989 Aout	700	1987 Sep. – 1990 Aout	1113
3	2001/2002	350	1992 Sep. –1994 Aout	734	1999 Sep. – 2002 Aout	1228
4	1988/1989	353	1988 Sep. –1990 Aout	766	1991 Sep. – 1994 Aout	1303
5	1994/1995	359	2000 Sep. –2002 Aout	815	1976 Sep. – 1979 Aout	1319

Source : Equipe de l'Etude.

Les années ayant connu de fortes précipitations annuelles correspondent aux années des inondations majeures énumérées dans le **Tableau A3.3.1** comme compilé ci-dessous.

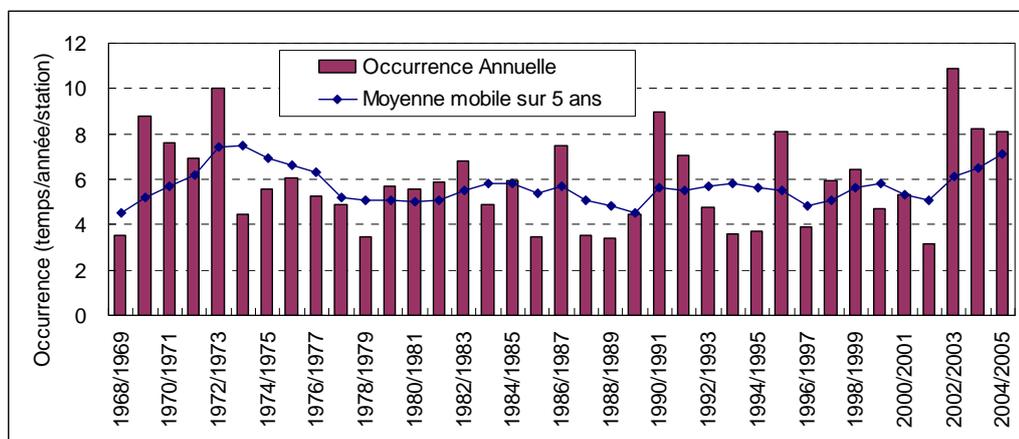
**Années enregistrant de fortes précipitations**

Rang	Période	Moyenne pluviométrique annuelle de bassin (mm/an)	inondations remarquables produite au cours de la période
1	2002/2003	780	2003 Jan.
2	1972/1973	721	1973 Mar.
3	2003/2004	701	2004 Jan.-Fev.
4	1969/1970	691	1969 Sep.-Oct.
5	1995/1996	676	-

Source : Equipe de l'Etude.

(2) Variation annuelle de l'occurrence des fortes précipitations

Le diagramme suivant montre l'occurrence des précipitations de plus de 20mm/jour en une année (période par an par station) depuis 1968.



Source : Equipe de l'Etude.

Le nombre d'occurrence des fortes précipitations est dans une phase ascendante depuis 2002 comme la quantité annuelle de précipitations. Cependant, l'occurrence durant les dernières années est encore au niveau vécu les années 70, et les données disponibles ne pourraient expliquer que l'augmentation récente dépasse l'étendue de la variation annuelle ordinaire.

**Occurrence des fortes précipitations (20mm/jour) en une année**

Moyenne (nombre de fois par an par station)	Période (5 années d'intervalle)
5.2	1965/66 – 1969/70
6.9	1970/71 – 1974/75
5.1	1975/76 – 1979/80
5.8	1981/82 – 1984/85
4.5	1985/86 – 1990/91
5.6	1991/92 – 1994/95
5.8	1995/96 – 1999/00
7.1	2001/02 – 2004/05

Source : Equipe de l'Etude.

**A1.4.4 Analyse de probabilité des précipitations de pointe**

Sous cette étude de la JICA, des probabilités de six jours de précipitations, ayant produit un hydrogramme des pointes de crue des inondations passées, ont été analysées. Les derniers relevés des précipitations journalières jusqu'à 2005/06 tenus par la DGRE ont été utilisés pour cette analyse. Les distributions statistiques examinées sont celles de Pearson type III, Log Pearson type III, Gumbel, log-normales et GEV (valeur extrême généralisée). Les probabilités des stations principales sont présentées dans le **Tableau A1.4.2**. Les disparités des distributions appliquées aux zones des rives gauche et droite supposent des variations régionales des dispositifs de précipitations dans le bassin de la Mejerda.

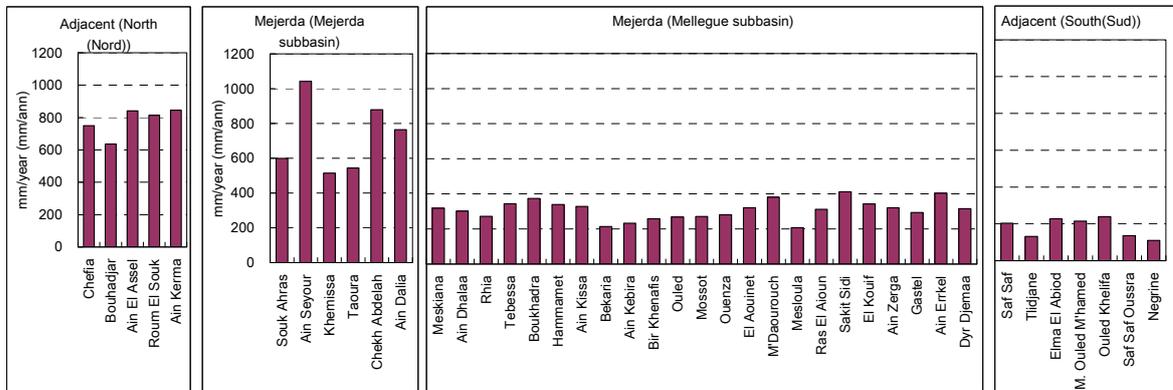
Les probabilités des précipitations moyennes de bassin ont été également analysées dans cette étude pour estimer l'écoulement des sous bassins versants du bassin. Des détails sur les précipitations moyennes de bassin sont décrits dans le **chapitre A5**.

**A1.4.5 Précipitations mensuelles et annuelles de la partie du territoire algérien du bassin de l'oued de Mejerda**

**La figure A1.1.1** présente les stations pluviométriques algériennes dont les données mensuelles sont disponibles au MARH. Les diagrammes suivants présentent des exemples de précipitations mensuelles et annuelles de quelques stations dans différentes parties du territoire algérien du bassin de la rivière Mejerda. Les détails ne peuvent pas être discutés du fait de la carence des données en Algérie. Cependant, les données existantes supposent que les précipitations annuelles et la variation mensuelle dans le territoire algérien ont des caractéristiques similaires à celles du territoire tunisien (voir également la carte des isohyètes dans la **section A1.3**); à savoir:

- La rive nord reçoit les précipitations annuelles les plus élevées, et les précipitations annuelles diminuent généralement vers les sud.

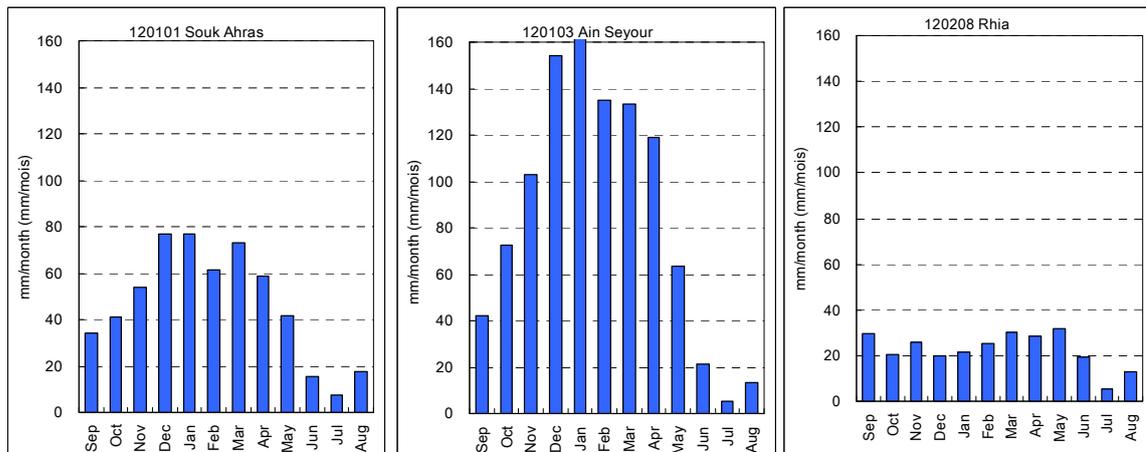
- Les précipitations mensuelles chutent en juillet et août.
- Les stations de la partie nord indiquent des pointes de précipitations mensuelles significatives durant la saison pluvieuse, tandis que les valeurs mensuelles à partir de septembre à mai dans les secteurs méridionaux, à savoir le sous-bassin de Mellegue, fluctuent faiblement.



Période : L'année du démarrage du fonctionnement de chaque station - 2003/2004

Source : le groupe de l'étude, sur la base des données obtenues auprès du MARH

### Moyenne pluviométrique annuelle aux stations du territoire algérien du bassin de la rivière Mejerda



(1) Sous bassin Mejerda

(2) Sous bassin Mellegue

Source : le groupe d'étude, développé sur la base des données obtenues auprès du MARH

### Précipitations mensuelles moyennes aux stations types dans le territoire algérien du bassin de la rivière Mejerda

#### A1.5 Caractéristiques des débits des crues

##### A1.5.1 Variation saisonnière des incidences des débits de pointe annuels

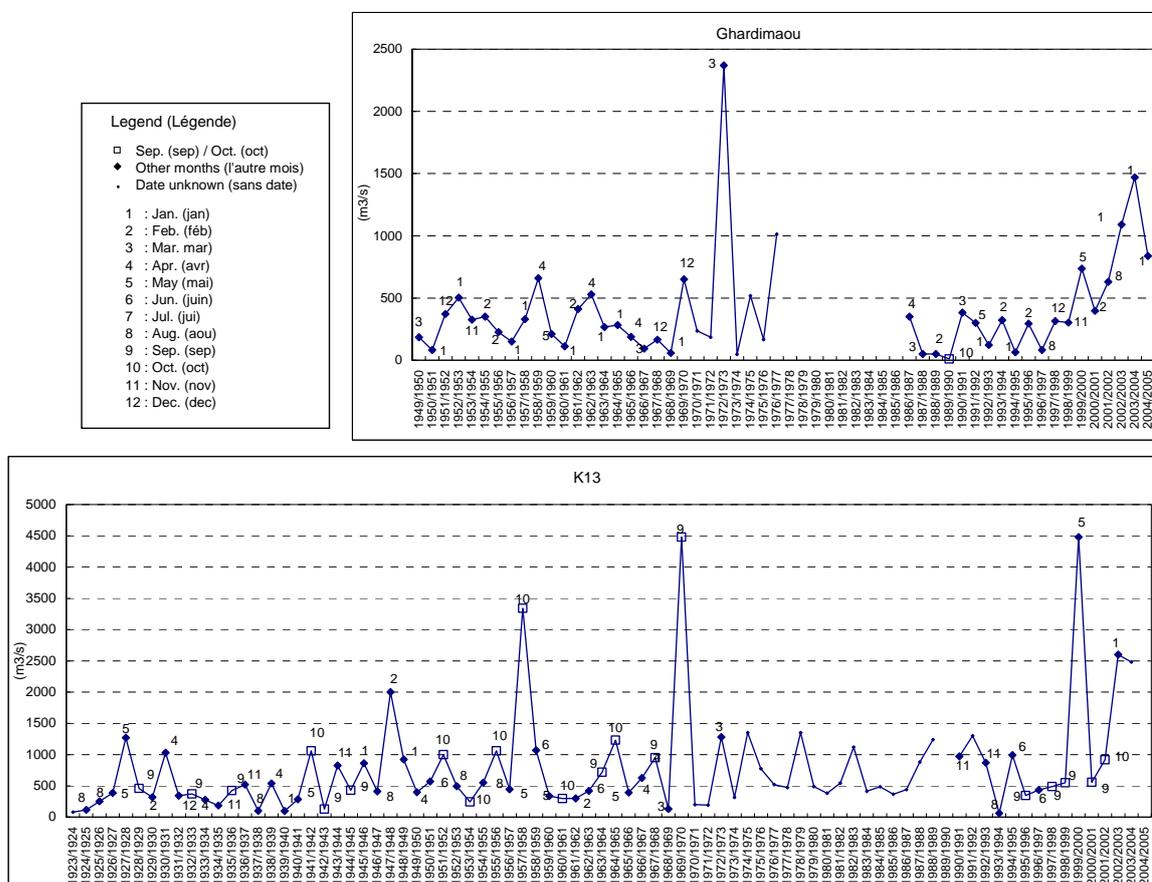
Les diagrammes suivants montrent les débits de pointe annuels et les mois enregistrés au niveau des stations de jaugeage de Ghardimaou et de Mellegue K13 (voir le **tableau A1.5.1**). De ces diagrammes les caractéristiques suivantes peuvent être distinguées.

- À la station K13, les mois de septembre et octobre ont toujours été dominants en matière de présence de débits de pointe annuels (20 sur 60 relevés). Cependant, les

pointes annuelles liées aux dernières inondations majeures ont été enregistrées durant d'autres mois, tels que janvier en 2003 et mai en 2000.

- À la station de Ghardimaou, les mois de décembre à février sont les mois où sont relevés le plus de débits de pointe annuels (24 sur 41 enregistrements), y compris les dernières inondations majeures. Contrairement à K13, les débits de pointe annuels sont rarement observés à Ghardimaou en septembre et en octobre.

Ces différences entre les deux stations représentent les caractéristiques distinctes des crues des parties nord et méridionale du bassin. Il convient de noter que les pointes des deux stations pourraient se produire le même mois (pendant la même série de crues) comme indiqué dans le diagramme. En cas d'inondation majeure dans le bassin de la Mejerda la coïncidence des deux pointes des deux stations peut avoir lieu, comme c'était le cas en mars 1973, mai 2000 et janvier 2003.



Source : Le groupe d'étude, développée sur la base des données obtenues du MARH

**Débits de pointe annuels maximum enregistrés et mois de leur survenance**

A1.5.2 Probabilité du débit de pointe

L'analyse de fréquence des débits de pointe annuels aux stations principales a été déjà réalisée dans les "Monographies Hydrologiques" utilisant des données jusqu'à 1975/76. Cette étude a mis à jour les probabilités en ajoutant les données récentes disponibles (1976/77 à 2003/2004) et en appliquant les méthodes statistiques qui sont devenues

courantes après les années 80, telle que la GEV (valeur extrême généralisée). Le **Tableau A1.5.1** énumère les données de débits de pointe annuels observées disponibles au niveau des stations principales.

Les probabilités statistiques des débits peuvent être discutées quand les écoulements ne sont pas affectés par les opérations et les consignes de gestion des barrages. Par conséquent, des débits de pointe annuels de chaque station au cours des périodes suivantes ont été utilisés pour l'analyse de fréquence.

Station	Période utilisée	Remarques
Ghardimaou	démarrage – les dernières données	Pas d'incidence de barrage
Jendouba	démarrage – les dernières données	Pas d'incidence de barrage
Bou Salem	démarrage – 1952/53	Avant le démarrage de l'exploitation du barrage Mellegue
Mellegue K13	démarrage – les dernières données	Pas d'incidence de barrage

Source : Equipe de l'Etude.

Le tableau suivant récapitule les résultats de Ghardimaou et Mellegue K13, deux des plus importantes stations pour reporter les conditions de crues dans le bassin. Les différences entre les données des études existantes et celles de cette étude ont été menées par l'addition de données récentes et de l'application de la nouvelle distribution de probabilité.

#### Débits de pointe probables

Unité : m<sup>3</sup>/s

Période de retour	Ghardimaou		Mellegue K13	
	Dans les études existantes	Par cette étude	Dans les études existantes	Par cette étude
2 ans	250	250	480	490
5 ans	500	540	1000	980
10 ans	750	820	1510	1420
20 ans	1050	1150	2100	2080
50 ans	1500	1830	3100	3340
100 ans	1870	2550	4050	4710
Distribution	Log Normal	GEV	Log Normal	GEV
Donnée utilisée	'49/50-'76/77	'49/50-'04/05	'24/25-'75/76	'24/25-'03/04

Source : Étude existante (« Monographies Hydrologiques », 1981) et le groupe d'étude

Il convient de noter que pour la probabilité de période de retour centennale les valeurs pourraient démontrer une tendance générale seulement. Le calcul d'un si petite probabilité utilisant des données couvrant de période allant du mois à la centaine d'années pourrait donner une faible fiabilité.

#### A1.5.3 Probabilité du volume d'apport

Les probabilités du volume d'apport d'une inondation pendant 30 jours, qui peuvent être un des indicateurs pour discuter de l'ampleur des inondations sur une longue durée, ont également été analysées. Une période de 30 jours était appliquée du fait qu'une inondation avec de multiples pointes peut s'étaler sur environ 30 jours (6 à 8 jours X 4

pointes) et ce selon les données des inondations vécues.

Les apports probables calculés à Ghardimaou sont :

**Volumes probables d'apport**

Unité : M m<sup>3</sup>

Période de retour	Ghardimaou
2 ans	45
5 ans	80
10 ans	110
20 ans	140
50 ans	180
100 ans	220

Source : Equipe de l'Etude.

Les affluents de la rive droite ont tendance de subir des crues soudaines, et le volume n'est pas le critère de base pour caractériser les inondations dans cette zone.

#### A1.5.4 Formes des hydrogrammes

Les débits de pointe annuels enregistrés dans le **Tableau A1.5.1** ont montré que les observations des années 70, indiquées dans les « monographies Hydrologiques » (1981), sont encore valides:

- La médiane est inférieure à la moyenne de toutes les stations
- Les différences entre la médiane et la moyenne sont plus grandes pour les affluents de la rive droite que ceux du lit principal et des affluents de la rive gauche.

Ces caractéristiques expliquent les fortes irrégularités de l'écoulement des crues des affluents de la rive droite.

Les différences régionales peuvent également être expliquées en utilisant le rapport volume de six jours d'apport sur le volume d'apport de 30 jours (Q6/Q30) (voir le tableau ci-dessous). Six jours correspondent à la durée d'une pointe de crue et à une série de crues, avec de multiples pointes, continues sur 30 jours dans le bassin de la rivière Mejerda selon les hydrogrammes.

#### Les rapports Q6/Q30 pour le maximum annuel Q6s aux stations principales

Basin	Mejerda			Right Bank Tributaries			
	1485400110 GHARDIMAOU	1485400160 JENDOUBA	1485400180 BOU SALEM GP6	1485101210 MELLEQUE K13	1485105060 PONT ROUTE (SARREATH)	1485201355 SIDI MEDIENNE	1485501635 JEBEL LAOUDJ COTE 140
CA (km2)	1490	2414	16483	9000	1520	1952	2066
River	Mejerda	Mejerda	Mejerda	Mellegue	Sarrath	Tessa	Siliana
Period	1950/51 - 2002/03	1901/02 - 2002/03	1930/31 - 1952/53	1938/39 - 2002/03	1978/79 - 2002/03	1977/78 - 2002/03	1976/77 - 1986/87
Min	0.28	0.25	0.27	0.29	0.38	0.20	0.34
Max	0.85	0.88	0.70	0.91	0.94	0.98	0.87
Range	0.57	0.63	0.43	0.62	0.56	0.78	0.53
Mean	0.51	0.52	0.44	0.65	0.73	0.67	0.64
Medien	0.49	0.51	0.41	0.67	0.75	0.61	0.67
	before Mellegue Dam installation			before Siliana Dam installation			

Note : Des données sans l'influence des barrages en amont ont été employées.

Source : Equipe de l'Etude.

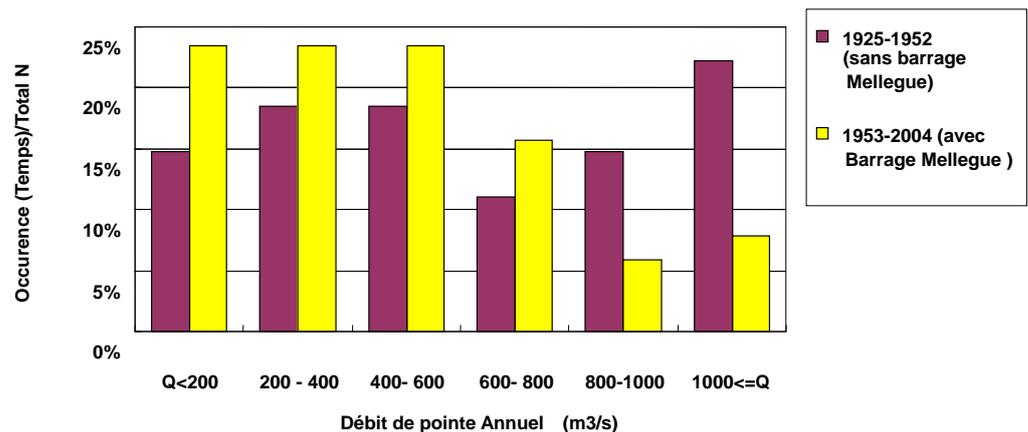
Généralement un hydrogramme de crue d'une station avec un plus grand bassin versant

tend à présenter de plus petites valeurs de Q6/Q30 (pointes moins aiguës). Cependant, dans le cas du bassin de la rivière Mejerda, la tendance dépend aussi de la région. Q6/Q30 des stations des affluents de la rive droite comprenant la rivière Mellegue donne des chiffres plus élevés que les stations le long des cours supérieurs de la rivière Mejerda. Ces rapports indiquent que les apports des inondations des affluents de la rive droite comprenant Mellegue montrent généralement des hydrogrammes plus pointus et plus aigus indépendamment de leur bassin versant.

Les relevés existants indiquent des hydrogrammes plus irréguliers et plus aigus dans les affluents de la rive droite, tels que Mellegue et Tessa, que dans la Mejerda et les affluents de la rive gauche.

#### A1.5.5 Impact des barrages sur Bou Salem

Les impacts du barrage Mellegue sur les débits à Bou Salem (voir la **figure A1.1.2** pour sa localisation) ont été examinés en alternance avec les débits de pointe annuels dans le **Tableau A1.5.1**. Les occurrences des débits de pointe annuels à différents niveaux ont été analysées au cours de la période de 1925/26 à 2003/04, et leur distribution avant et après la mise en eau du barrage Mellegue a été comparée dans le diagramme suivant (la présence des pointes annuelles en pourcentage). Le résultat indique que l'occurrence des débits de pointe de plus de 800 m<sup>3</sup>/s a été remarquablement réduite depuis le démarrage de l'exploitation de Mellegue en 1952/53, et décalée aux niveaux inférieurs de 800 m<sup>3</sup>/s. Ceci implique que le niveau des débits de pointe annuel à Bou Salem a été influencé par le barrage Mellegue, et que le barrage pourrait contribuer à atténuer le niveau des débits de pointe annuels à Bou Salem.



**Débits de pointe annuels à Bou Salem**

	<b>avant 1925/26-1952/53</b>	<b>Après l'installation du barrage Mellegue 1953/54-2004/05</b>	
		51 incl. 73 Mar crue	50 excl. 73 Mar crue
N	27		
Max	2,060	3,180	1,490
Min	150	81	81
Moyenne	759	512	467
Médiane	578	421	421

Source : Equipe de l'Etude.

Une analyse similaire a été conduite pour évaluer les impacts du barrage Bou Heurtma, mais aucun effet notable n'a été trouvé. Cela serait dû à la taille du petit bassin versant du barrage Bou Heurtma de 390 km<sup>2</sup> couvrant seulement 2.4% du bassin versant de Bou Salem (16.483 km<sup>2</sup>), alors que le bassin versant du barrage Mellegue (10.309 km<sup>2</sup>) s'étale sur 63 % de ce bassin.

## CHAPITRE A2 SYSTEME FLUVIAL ACTUEL

### A2.1 Système fluvial actuel et profils du lit de l'oued

#### A2.1.1 Le système fluvial et le bassin versant

##### (1) Le système fluvial

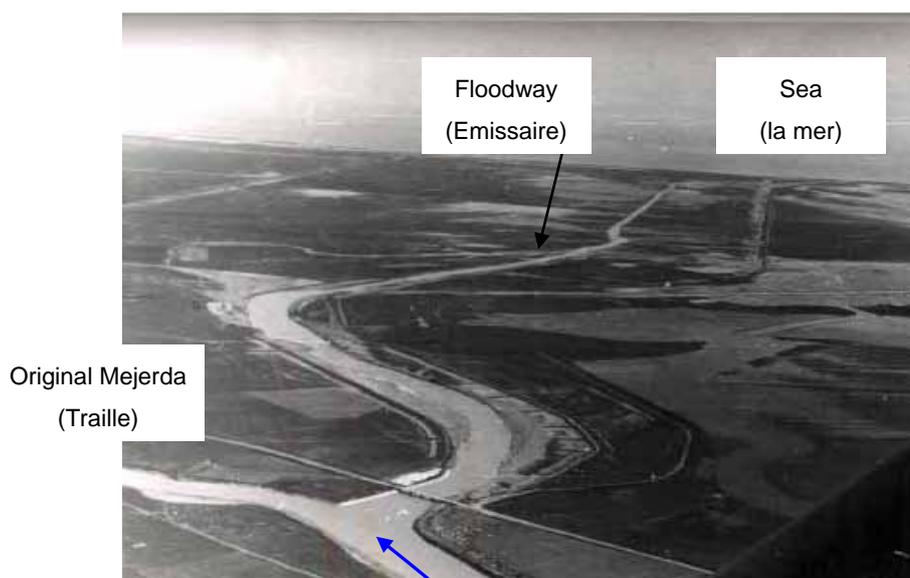
Les figures A1.1.3 et A2.1.1 montrent le système fluvial et les principaux affluents du bassin de l'oued Mejerda. Les régions situées en amont des oueds Mejerda, Mellegue, et Rarai se trouvent du côté algérien. Le tableau suivant résume les longueurs du cours principal de Mejerda et de ses principaux affluents, y compris les portions algériennes:

Longueur du cours principal de Mejerda et de ses principaux affluents

Nom de l'oued	longueur	Nom de l'oued	longueur
Mejerda	484 km	Mellegue (Meskiana-Mellegue)	317 km
Siliana (Roumel-Ousafa-Siliana)	171 km	Tessa	143 km
Bou Heurtma (El Kebir-Rhezala-Bou Heurtma)	64 km		

Source: Monographies hydrologiques le Bassin de la Mejerda et l'équipe de l'étude

L'oued Mejerda disposait de deux embouchures, le canal principal du oued au nord et un émissaire artificiel à l'est, construit dans les années 1950 sous l'administration française. (Voir la photo ci-dessous) Toutefois, le cours d'origine de l'oued Mejerda a été fermé en 1990, lorsque le Barrage Tobias (barrage mobile) a été construit à proximité du bras de l'oued, et le cours d'origine de l'oued Mejerda a été transformé en un canal d'irrigation acheminant l'eau prise au barrage vers les zones d'irrigation. L'embouchure actuelle de l'oued Mejerda est l'ancien émissaire réalisée dans les années 1950.



Source : MARH (Photo taken on 6 Apr. 1959 (after 1959 Mar Flood))

L'oued Mejerda (Traille) et émissaire en 1959

(2) Le bassin versant

Le bassin versant a été mesuré par l'équipe de l'Étude sur la base de plusieurs ensembles de données, tels que :

- Les données SIG élaborées à partir des cartes officielles tunisiennes numérisées 1/25000 et 1/50000 publiées par l'Office de la topographie et de la cartographie.
- les données de la grille d'altitude (modèle numérique d'altitude, modèle numérique de terrain (MNT)) développées à partir des données de télédétection (76,0432 m x 76,0432 m, SRTM3 par la NASA)

Le tableau suivant résume le bassin versant calculé.

**Bassin versant de l'oued Mejerda**

Affluent Nom	Bassin versant (km <sup>2</sup> )		Total
	Tunisie	Algérie	
Chafrou	610	0	610
Lahmar	530	0	530
Siliana	2 190	0	2 190
Khalled	470	0	470
Zerga	220	0	220
Beja	340	0	340
Kasseb	280	0	280
Bou Heurtma	610	0	610
Tessa	2 420	0	2 420
Mellegue	4 430	6 360	10 790
Rarai	310	40	350
Autres bassins	3 420	1 470	4 890
<b>Total</b>	<b>15 830</b> (67%)	<b>7 870</b> (33%)	<b>23 700</b> (100%)

Source: Equipe de l'étude JICA

Cette zone correspond, en Tunisie, au chiffre fourni par la DGRE (environ 15800 km<sup>2</sup>). En Algérie, le chiffre correspond également à celui fourni dans un document officiel publié par un organisme du gouvernement algérien. ("Les Cahiers de l'agence", Agence de Bassin Hydrographique Constantinois –Seybousse -Mellegue, Ministère de Ressources en Eau, Algérie)

Le résultat a confirmé qu'un tiers de l'ensemble du bassin de l'oued Mejerda se trouve en Algérie. A la confluence des oueds Mejerda et Mellegue, près de 60% de chaque bassin versant est situé en Algérie comme illustré dans le tableau ci-dessous.

River	En Tunisie	En Algérie	Total
Cour principal de Mejerda (En amont de la confluence avec Mellegue)	1 080 km <sup>2</sup> ( 42 % )	1 510 km <sup>2</sup> ( 58 % )	2 590 km <sup>2</sup> ( 100 % )
Oued Mellegue	4 430 km <sup>2</sup> (41 %)	6 360 km <sup>2</sup> ( 59 % )	10790 km <sup>2</sup> ( 100 % )

Source: Equipe de l'étude JICA

Selon les conditions topographiques, l'écoulement provenant de la zone de 323 km<sup>2</sup>, située à l'extrémité de l'oued Mejerda, ne devrait pas se déverser directement dans la mer. (Le bassin versant total de la Mejerda d'une surface de 23700 km<sup>2</sup> contient cette portion de 323 km<sup>2</sup>.)

Sur les 23700 km<sup>2</sup> de l'ensemble du bassin de l'oued Mejerda, 19400 km<sup>2</sup> (environ 80%) s'étendent en amont des barrages existants, une zone appelée "bassin versant contrôlé". Le principal contributeur est le barrage de Sidi Salem qui détient 18100 km<sup>2</sup> du bassin versant. Les 1300 km<sup>2</sup> restants sont couverts par les barrages Siliana et Rmil.

#### A2.1.2 Les profils du lit de l'oued et les pentes

- (1) En amont de l'oued Mejerda: en amont du Réservoir de Sidi Salem - frontière algérienne (158 km)

Le profil du lit de l'oued est illustré dans la **figure A2.1.2(1)**, qui a été élaborée sur la base des résultats de l'enquête topographique menée au titre de l'étude en 2007.

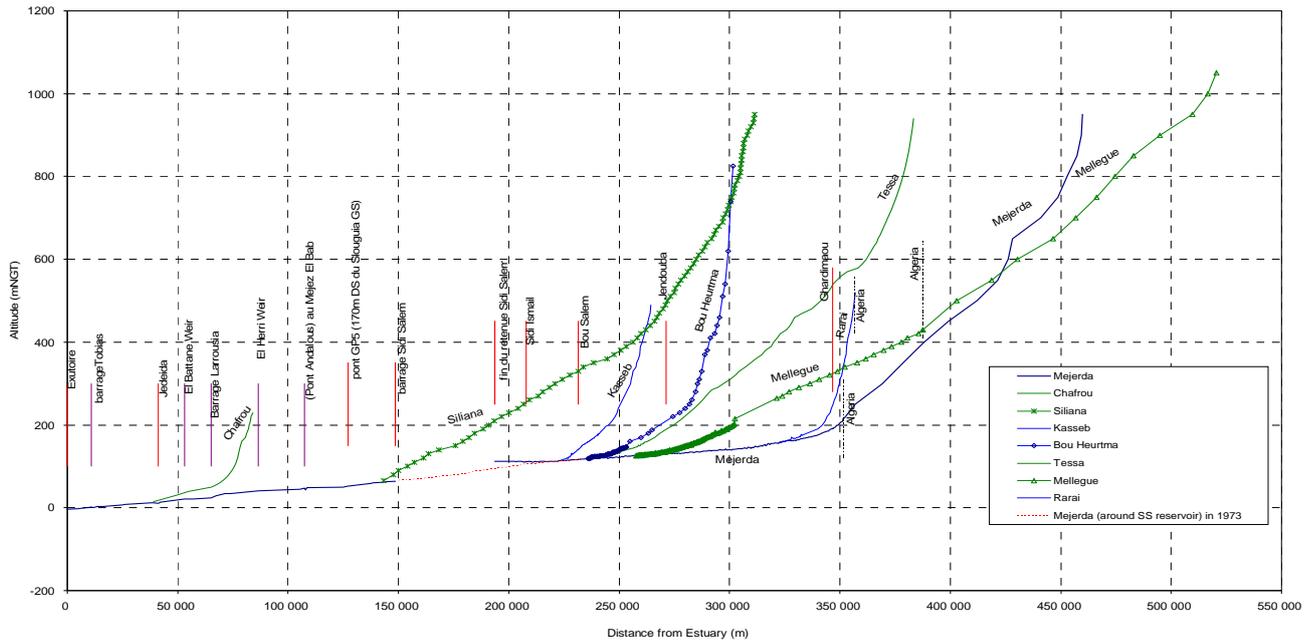
Comme figurant dans le profil, le tronçon à proximité du réservoir de Sidi Salem possède une pente presque plate sur près de 25 km, tandis que les cours supérieurs possèdent des pentes modérées de 1/2800 (0,0003571) à 1/2350 (0,0004255). (La pente du lit près de Jendouba est de 1/2800 (0,0003571) et une section entre les confluences Tessa et Kasseb est à environ 1/2350 (0,0004255).) Ceci implique qu'un important dépôt de sédiments se produit autour de l'extrémité en amont du réservoir de Sidi Salem. La situation hydraulique autour de cette partie est expliquée dans le **Chapitre A7**.

- (2) En aval de l'oued Mejerda: en aval du barrage de Sidi Salem (148 km)

La **figure A2.1.2(2)** illustre le profil du lit de l'oued entre le barrage de Sidi Salem et l'embouchure, établie sur la base des résultats de l'enquête de 2007 menée par MARH. Les pentes du lit de l'oued varient généralement entre 1/2000 (0,0005) et 1/3000 (0,0003333). Le profil indique un point d'inflexion du lit de l'oued au Barrage Larroussia, ce qui fait qu'il existe un lit de l'oued élevé en amont. Ceci pourrait être causé par la sédimentation prise au piège par le barrage. Le pont Andalou à El Battan, l'ancien barrage à El Battane et le Barrage de Tobias font également l'objet d'une enquête pour déterminer s'ils sont à l'origine de la fluctuation du lit, mais il s'agit là de phénomènes plutôt locaux.

- (3) Affluents

La figure suivante donne un aperçu des pentes du lit de l'oued Mejerda et de ses affluents. Les profils ont été élaborés sur la base des résultats de l'enquête topographique de 2007, ainsi que les cartes topographiques disponibles à l'échelle de 1/50000 et 1/25000. La figure montre des pentes plus fortes des affluents de la rive gauche en amont (Rarai, Bou Heurtma et Kasseb).



Source: Equipe de l'étude JICA

### Profils de Medjerda et ses affluents majeurs

## A2.2 Capacité de débit

### (1) Méthodologie

La capacité de débit des canaux existants de l'oued a été calculée par la méthode des débits non-uniformes. Les données géométriques de l'oued ont été puisées dans les résultats de la campagne de reconnaissance 2007 sur la section transversale, menée par MARH, et portant l'oued Mejerda en aval du barrage de Sid Salem et par l'équipe d'étude pour la partie supérieure de Mejerda et les principaux affluents en amont. La capacité de débit est dérivée d'un débit de chaque section, puis une capacité des cours est déterminée en prenant une valeur minimale.

### (2) Zones en amont du barrage de Sidi Salem

La figure A2.1.2 présente la capacité de débit calculé ainsi que les pentes du lit. Bien que les capacités varient entre les différents cours, la capacité du cours principal de Mejerda se situe de manière générale entre 200 à 600 m<sup>3</sup>/s. Les emplacements approximatifs des sections dont la capacité est plus faible que les autres ont été montrés sur la figure A2.1.3 avec les zones inondées lors des crues de 1973. La carte indique que les sections dotées de petites capacités de débit coïncident généralement avec les cours avec des zones d'inondation étendues.

Les capacités de débit auraient diminué. L'alternance des capacités de débit est examinée dans le Chapitre A7.

### (3) Zones en aval du barrage de Sidi Salem

La figure A2.1.2 montre le profil longitudinal et la capacité de débit estimée par l'analyse

de débit non-uniforme dans les cours situés en aval de Mejerda, appliquant les résultats de l'enquête topographique de 2007. La figure indique un point d'inflexion du lit de l'oued au Barrage Larrousia, ce qui fait qu'il existe un lit d'oued élevé en amont, comme mentionné ci-dessus. Un profil de la surface de l'eau avec un débit de 200 m<sup>3</sup>/s dans **la figure A2.1.4** montre que les niveaux d'eau sont montés parallèlement à l'élévation du lit de l'oued au barrage Larrousia.

Une capacité de débit très faible a été observée dans les cours suivants.

- En amont du barrage Larrousia y compris Mejez El Bab (150-400 m<sup>3</sup>/s)
- En aval de Jedeida (250-300 m<sup>3</sup>/s)
- En aval du barrage mobile Tobias (150-300 m<sup>3</sup>/s)

Ces zones coïncident avec les zones vulnérables face aux crues confirmées par l'analyse des crues.

En outre, les informations provenant de MARH et des résidents locaux s'accordent à affirmer la diminution de la capacité de débit en raison de la sédimentation. Les changements historiques des capacités de débit de l'aval de Mejerda sont discutés dans le **chapitre A7**.

## CHAPITRE A3 CARACTERISTIQUES HYDROLOGIQUES DES CRUES DANS LE BASSIN DE L'OUED MEJERDA

### A3.1 Généralités

La chronologie figurant dans le **tableau A3.1.1** indique que le bassin de l'oued Mejerda a connu un certain nombre de crues. Ce sous-chapitre examine les caractéristiques des récentes crues d'importance majeure d'un point de vue hydrologique.

- Les crues de mars 1973 (1973 Mars Flood)
- Les crues de mai 2000 (2000 May Flood)
- Les crues de janvier et février 2003 (2003 Jan Flood)
- Les crues de décembre 2003 (2004 Jan Flood)
- Les crues de janvier et mars 2005 (2005 Flood)

Les données hydrologiques des crues mentionnées ci-dessus, telles que les hydrogrammes des crues dans les stations de jaugeage du cours principal, sont compilées dans le **Databook A4**. Les débits de pointe enregistrés dans les principales stations de jaugeage sont consignés dans la **figure A3.1.1**.

### A3.2 Caractéristiques générales des crues

#### (1) Variations saisonnières et spatiales

Dans le bassin de l'oued Mejerda, d'importantes inondations peuvent se produire au cours de n'importe quel mois de l'automne et du printemps (septembre à mai) comme montré dans la liste des grandes crues figurant dans le tableau A3.1.1. Malgré les précipitations relativement faibles dans le bassin au printemps et en automne, de violentes inondations peuvent être observées au cours de ces saisons. Cela concerne les attributs des débits en provenance d'Algérie et les précipitations discutées dans le **chapitre A1**, tels que;

- Les écoulements avec des pointes élevés provenant des affluents de la rive droite sont plus susceptibles d'être observés à l'automne, tandis que les grandes crues provenant des affluents de la rive gauche du cours de Mejerda (à Gharidimoau) ont tendance à être observées de décembre à février quand ces zones reçoivent des précipitations abondantes.
- Dans les zones situées sur la rive droite, de fortes précipitations peuvent se produire tout au long de l'automne et du printemps.
- Les écoulements en provenance des affluents de la rive droite tendent à montrer des hydrogrammes pointus et aigus.

Pendant l'hiver, de décembre à février/mars, lorsque les précipitations mensuelles ont tendance à être élevées dans la partie nord de la zone d'étude, la partie supérieure de l'oued Mejerda et les affluents au nord (rive gauche) sont susceptibles de provoquer des inondations. Des crues générées dans les zones de la rive droite avec une pointe élevée peuvent se produire du printemps (avril à mai) à l'automne (septembre à octobre) en réponse à de fortes précipitations dans ces zones. Par conséquent, les grandes inondations peuvent se produire dans le bassin de l'oued Mejerda non seulement en hiver lorsque les

précipitations mensuelles atteignent leur valeur maximale, mais également pendant les périodes transitoires (automne et printemps).

Le bassin peut être à l'origine de crues dévastatrices, comme ceux de 1973 et 2003, lorsque les pics de la Mejerda, des affluents de la rive droite et des précipitations abondantes dans l'ensemble du bassin coïncident.

## (2) Caractéristiques générales des dernières grandes inondations

Les grandes inondations évoquées montrent des caractéristiques différentes tel que résumé ci-dessous. Des informations complémentaires sont disponibles dans Data A4 du Databook.

### Résumé des caractéristiques hydrologiques des dernières grandes inondations

Crue	Zone touchée	Débit provenant d'Algérie	Précipitations	Fonctionnement du barrage Sidi Salem
Mars 1973	<ul style="list-style-type: none"> <li>L'ensemble du bassin</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Une seule pointe élevée</li> <li>Mejerda et Mellegue</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Une seule pointe élevée</li> <li>L'ensemble du bassin Mejerda</li> </ul>	- (le barrage Sidi Salem n'existe pas)
Mai 2000	<ul style="list-style-type: none"> <li>Amont</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Une seule pointe élevée</li> <li>Mellegue</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Une seule pointe élevée</li> <li>Localisées dans les bassins Mellegue et Rarai</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Crues en amont du barrage Sidi Salem</li> <li>Débit de pointe atténué par Sidi Salem Pas de crues dans la zone en aval</li> </ul>
Janvier 2003	<ul style="list-style-type: none"> <li>L'ensemble du bassin</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Plusieurs pointes élevées vers Mejerda</li> <li>Un seul débit de pointe élevée vers Mellegue</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Plusieurs débits de pointe</li> <li>L'ensemble du bassin Mejerda</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Les deuxième et troisième pointes n'ont pas pu être stockées par le barrage et l'eau a été libérée.</li> <li>Des inondations en aval causées par des écoulements locaux dues aux lachures du barrage Sidi Salem.</li> </ul>
Janvier 2004 Janvier 2005	<ul style="list-style-type: none"> <li>Amont et aval</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Plusieurs pointes modérées vers Mejerda</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Des débits de pointes de modérés à élevés</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Les deuxième et troisième pointes n'ont pas pu être stockées par le barrage et l'eau a été libérée.</li> <li>Des inondations en aval causées par les lachures de l'eau du barrage</li> </ul>

Source : équipe de l'étude JICA

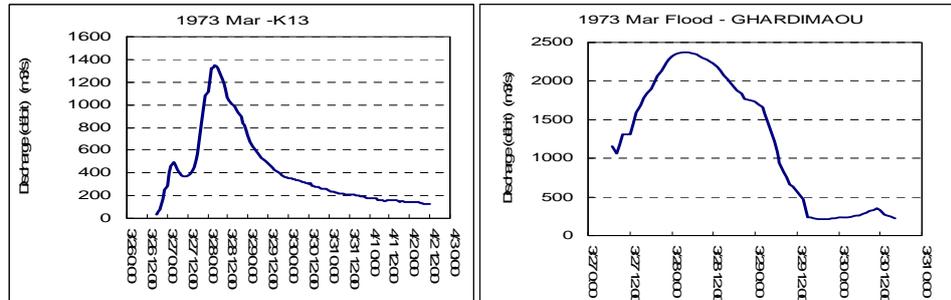
### A3.3 Caractéristiques hydrologiques des crues de mars 1973

Cette crue a causé des inondations étendues dans l'ensemble du bassin de l'oued Mejerda comme montré dans la **figure A3.3.1**. Au moment de cette inondation, le barrage de Sidi

Salem n'était pas encore en service et l'oued Mejerda possédait deux embouchures (le fleuve d'origine et un émissaire à Tobias). Les caractéristiques hydrologiques de cette crue se distinguent par:

- Un débit de pointe élevé et unique et des précipitations records,
- De fortes précipitations couvrant l'ensemble du bassin versant de l'oued Mejerda.

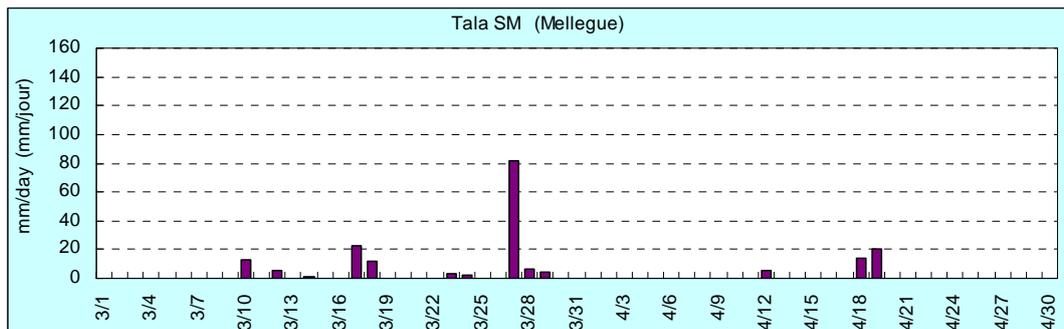
Les hydrogrammes et hyetographes typiques, ci-après, montrent ces caractéristiques.



(a) K13 (Mellegue)

(b) Ghardimaou (Mejerda)

### Exemples des Hydrogrammes de la crue de mars 1973



Exemple de Hyetographes de la crue de Mars 1973

Les débits de pointe enregistrés dans les principaux barrages et stations de jaugeage sont consignés dans la **figure A3.1.1**. La période de retour d'un pic de crue à Ghardimaou est estimée à 1/80. (voir le **tableau A5.2.1**) De fortes pluies avec une probabilité de 1/15 à 1/25 (6 jours de précipitations sur le bassin) ont couvert la totalité du bassin de l'oued Mejerda.

Les eaux de ruissellement provenant de ces fortes précipitations accompagnées par des débits forts et aigus en provenance de l'Algérie ont produit des débits de pointe élevés dans l'oued Mejerda et ses affluents. L'inondation s'est produite parce que le débit entrant dans les canaux de l'oued a dépassé leurs capacités de débit dans les différents cours du fleuve.

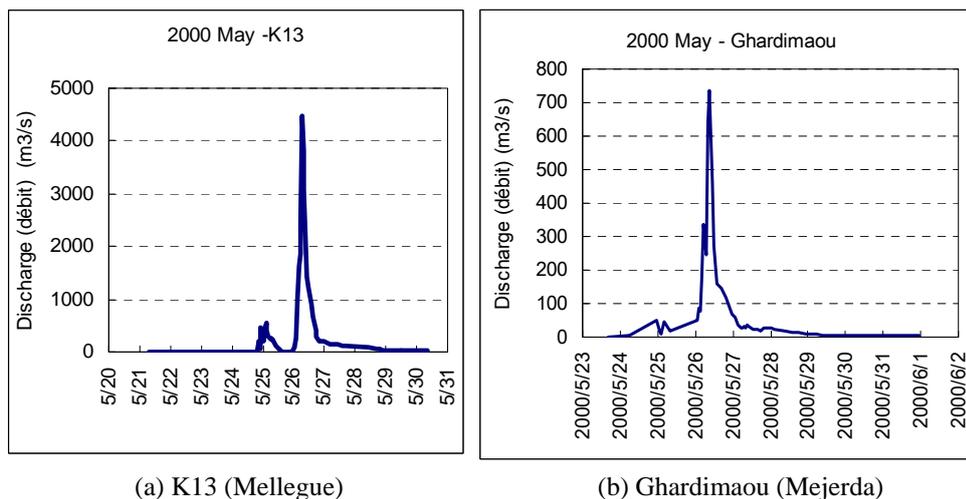
Les niveaux d'eau ont été rapportés pour atteindre rapidement du niveau d'une saison des pluies normale à un niveau de pointe dans un délai de six heures à Ghardimaou, par exemple. La durée du niveau élevé de l'eau et de l'inondation de cette crue aurait été assez courte (pas plus d'une semaine dans la plupart des cours), car assortie d'une durée courte de précipitations.

### A3.4 Caractéristiques hydrologiques des crues de mai 2000

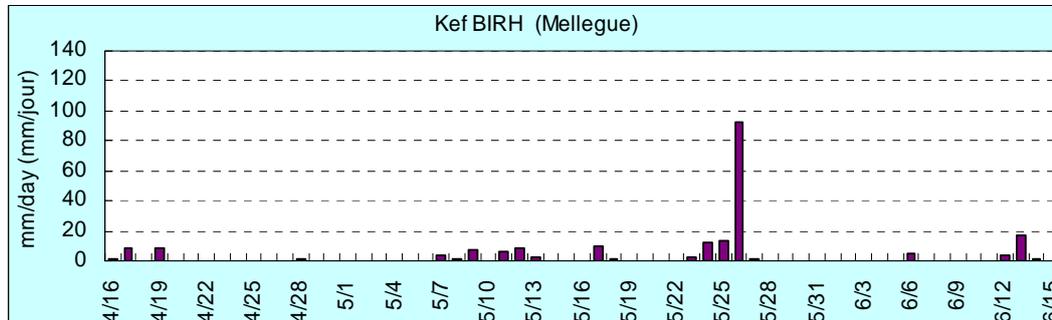
Cette crue a causé de graves inondations le long des cours supérieurs du fleuve Mejerda, en particulier autour des régions de Jendouba et Bou Salem. Des caractéristiques hydrologiques saillantes de cette crue sont les suivantes:

- Un débit important entrant dans le fleuve Mellegue (K13) avec un pic unique, et
- Des précipitations fortes mais localisées.

Les hydrogrammes et hyetographes typiques sont présentés ci-dessous.



Exemples des hydrogrammes de la crue de mai 2000



Exemple Hyetographe de la crue de mai 2000

la période de retour d'un débit de pointe à Mellegue K13 a atteint 1/90, alors que le pic à Ghardimaou est comprise entre 1/5 et 1/10. (voir le **tableau A5.2.1**) Les précipitations se sont concentrées dans les sous-bassins Mellegue, Tessa et Rarai.

En raison d'un débit entrant élevé et aiguë, le barrage Mellegue a été contraint à libérer l'eau. Le niveau d'eau du réservoir était élevé, et ce pour se préparer pour la prochaine saison sèche, lorsque le débit entrant est arrivé. Le débit sortant du barrage Mellegue a dépassé les capacités de débit des canaux du fleuve situé en aval, et a débordé. Les cartes des inondations et d'autres données existantes expliquent que les dépressions le long de l'ancien cours de l'oued Mellegue ont joué un rôle dans l'acheminement de l'eau débordante vers la région de Jendouba.

L'inondation a été limitée en amont du barrage de Sidi Salem, car le barrage a réussi à

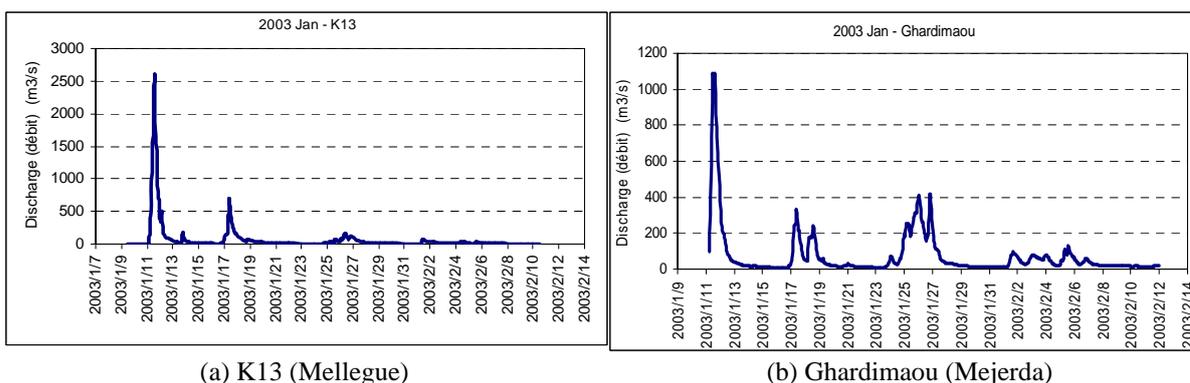
atténuer le pic comme le montre la distribution du débit dans la figure A3.1.1.

### A3.5 Caractéristiques hydrologiques des crues de janvier 2003

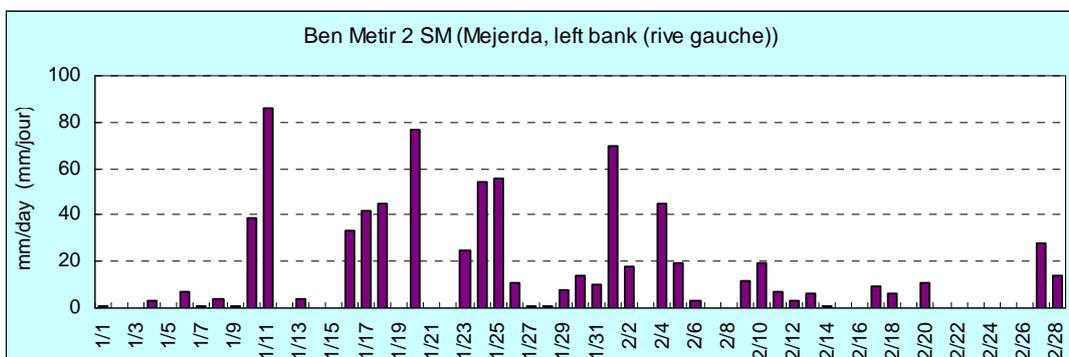
Cette inondation se caractérise par:

- plusieurs pics des débits entrants à Ghardimaou et K13, et
- Plusieurs pics de précipitations.

Les hydrogrammes et hyetographes typiques sont présentés ci-dessous. La probabilité du débit de pointe à Ghardimaou est estimée à environ 1/20 comme montré dans la **figure A3.1.1**, mais une probabilité du volume des crues (197 millions m<sup>3</sup>, pour un total de 30 jours avec quatre pics) est à environ 1/70.



Exemples des hydrogrammes de la crue de janvier 2003



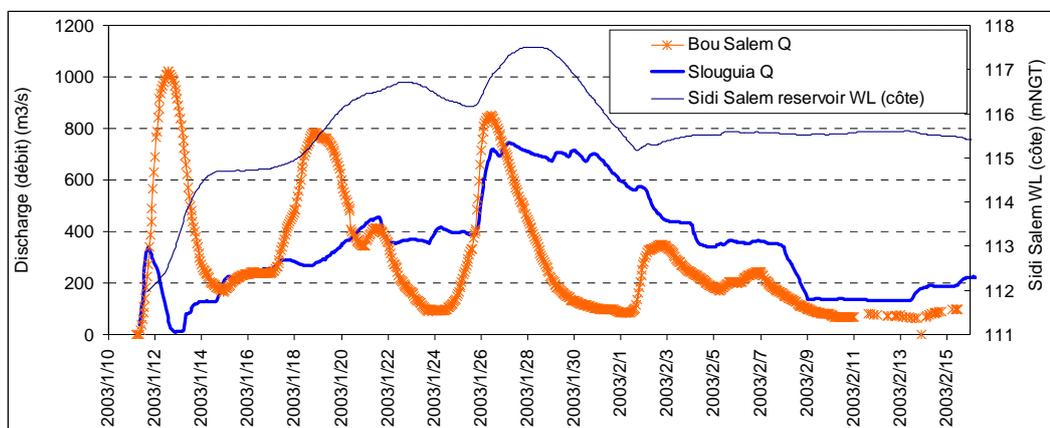
Exemple Hvetographe de la crue de janvier 2003

Le contraste entre les crues de mai 2000 et de janvier 2003 montre une des caractéristiques distinctives des crues de 2003. Comme montré dans le tableau ci-dessous, les pics des débits entrants des deux crues au niveau du réservoir Sidi Salem étaient presque identiques. Toutefois, le débit élevé avec une longue durée des crues de 2003 n'a pas pu éviter un pic élevé des débits sortants contrairement aux crues de mai 2000.

#### Débits entrants et débits sortants au barrage Sidi Salem au cours des crues de mai 2000 et janvi. 2003

Crue	Débit entrant Max. (Sidi Salem)	Volume du débit entrant (à Bou Salem pour 30 jours)	Debit sortant Max. (Sidi Salem)	Note
Crue de mai 2000	1022 m <sup>3</sup> /s	157 M m <sup>3</sup>	52 m <sup>3</sup> /s	Un seul pic
Crue de janv. 2003	1065 m <sup>3</sup> /s	827 M m <sup>3</sup>	740 m <sup>3</sup> /s	Quatre pics

Les hydrogrammes à Bou Salem et Slouguia et le niveau d'eau au réservoir Sidi Salem sont comparés dans le tableau ci-dessous. L'hydrogramme à Bou Salem peut interpréter le débit entrant au barrage de Sidi Salem, celui de Slouguia rend compte de débit sortant du barrage.



Source: the Study team based on data from DGBGTH and DGRE

#### Hydrogrammes des débits entrants et sortants du barrage de Sidi Salem (crue de janv. 2003)

Le premier pic abrupt à Slouguia, survenu le 11 janvier, a été provoqué par un écoulement provenant de l'oued Siliana qui a rejoint l'oued Mejerda en aval du barrage de Sidi Salem et n'a pas pu être contrôlé par le barrage. Le réservoir de Sidi Salem a atténué efficacement les pics des première et deuxième vagues des débits entrants, mais a été contraint d'accroître le débit de libération jusqu'à 740 m<sup>3</sup>/s lorsque le troisième pic est arrivé. La présence du quatrième pic a prolongé le niveau élevé de libération.

L'une des conséquences des multiples pics a été une longue durée d'inondation, à la fois en amont et en aval, en particulier dans les zones situées en aval. Le tableau suivant compile les durées des inondations à certains endroits situés en aval. Comme présenté dans le tableau, l'inondation s'est prolongée pendant un mois ou plus dans certaines zones.

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

Nom de la zone en aval	Zone inondée (ha)	Durée d'inondation (jour)	Niveau d'eau max. observé (cm)
Chaouat	(pas de données)	20	100
Jedeida	1,345	60	100
Henchir Hamada	(pas de données)	20	100
Side Thabet	250	45	80
Tobias	1,300	40	180
Utique	600	10 à 15	70

source : DGBGTH

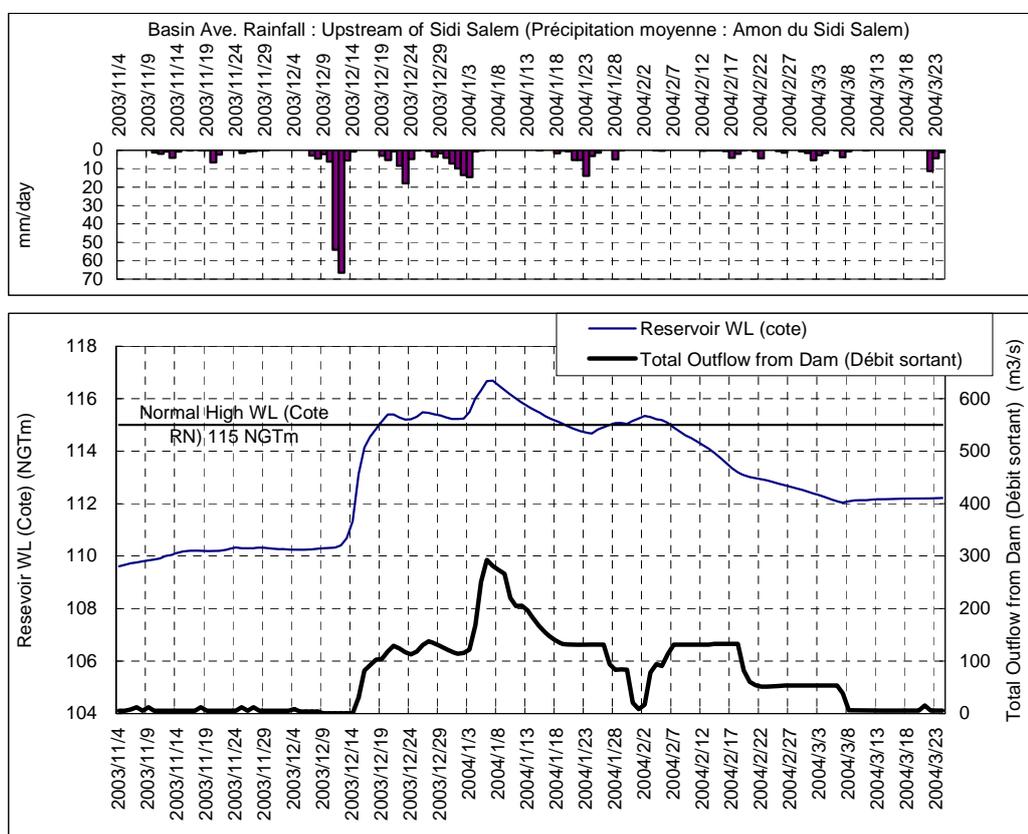
### A3.6 Caractéristiques hydrologiques des crues de janvier 2004 et de 2005

Les caractéristiques hydrologiques de ces crues sont:

- Plusieurs pics des débits entrants à Ghardimaou et K13, et

- Plusieurs pics de précipitations.

L'historique du fonctionnement du réservoir lors des crues de janvier 2004 a montré des relations intéressantes entre les précipitations, le débit sortant du barrage de Sidi Salem et les inondations en aval. Des phénomènes analogues ont été retrouvés dans les crues de 2005. Le pic du débit sortant a été observé le 6 janvier 2004, malgré des précipitations modérées lors de cette journée. Ceci a été conduit par d'importantes précipitations antérieures (environ une période de retour de 50 années de 6 jours de pluie) au cours de période s'étendant du 10 au 13 décembre 2003 accompagné d'un niveau d'eau élevé dans le réservoir. Lorsque des précipitations modérées se sont produites du 29 décembre au 3 janvier, il y a eu un besoin de maintenir le niveau d'eau à la cote de retenue normale (Cote RN). Par conséquent, les pics de précipitations (10 au 13 décembre) et des débits en aval ont eu lieu au cours de périodes distinctes, et des niveaux d'eau élevés de la Mejerda ont été observés dans les zones en aval, malgré les faibles précipitations ce jour-là.



source : Equipe de l'étude JICA, sur la base des données du MARH

### Relations entre les précipitations, le niveau d'eau du réservoir et le débit sortant de Sidi Salem (crues de janvier 2004)

#### A3.7 Implication des caractéristiques hydrologiques des crues antérieures

Les dernières inondations prouvent que les phénomènes hydrologiques suivants pourraient générer des crues plus graves qui infligeraient des dommages importants dans de nombreuses régions du bassin de l'oued Mejerda.

- La simultanéité de l'ensemble ou d'une partie des pics de débit entrant à la Mejerda, au Mellegue et d'importantes précipitations dans l'ensemble du bassin, et
- Plusieurs pics de débit entrant et de précipitations

En outre, les comportements des crues sont déterminés par la combinaison d'autres facteurs hydrauliques, tels que :

- Le niveau d'eau du réservoir de réception
- Les débits sortants des barrages
- La capacité de débit des canaux du fleuve et les sites des ouvrages

## CHAPITRE A4 ANALYSE DU FAIBLE DÉBIT

### A4.1 Méthodologie et données utilisées

#### (1) Généralité

L'objectif de l'analyse du faible débit dans le cadre de la présente étude est de fournir des données quantitatives sur les débits entrants enregistrés dans les barrages devant être utilisées pour l'analyse des bilans hydriques qui examine le volume de stockage requis des réservoirs pour l'approvisionnement en eau. Etant donné que cette étude JICA porte sur le contrôle des crues, elle devrait suivre et appliquer les plans, théories et concepts existants en matière d'approvisionnement en eau lorsque ceux-ci sont disponibles. Pour ce faire, l'analyse du faible débit, au titre de cette étude, a suivi les étapes suivantes:

- L'examen des études existantes
- La vérification et la mise à jour des données figurant dans les études existantes
- L'examen et la détermination des débits entrants historiques dans les sites de barrages existants et prévus
- L'analyse statistique des débits entrants des barrages, et
- La dérivation des débits entrants dans les sites de barrages, avec des probabilités correspondant aux niveaux de sécurité devant être pris en compte dans l'étude consacrée au bilan hydrique.

Les études existantes traitant des enquêtes hydrologiques devant servir de références sont "EAU2000" et "GEORE".

#### (2) Méthodologie d'EAU2000 et GEORE

Le débit entrant mensuel de chaque barrage a été tiré par EAU2000 en se basant sur les données d'observation de la DGRE et les résultats des études antérieures. Les données manquantes ont été complétées sur la base de corrélations entre le débit entrant mensuel et celui des stations voisines et/ou d'autres sites de barrage, et de données complètes couvrant la période entre 1946/47 et 1998/90.

Ensuite, EAU2000 a considéré la somme des débits entrants annuels de 16 sites de barrages situés dans la "zone Nord+Mejerda (nord et Mejerda)" (voir le tableau ci-dessous), comme étant les ressources en eau disponibles dans la région. Certains barrages du bassin de l'oued Mejerda, tels que les barrages Siliana et R'mel, ont été classés dans des zones différentes, et d'autres barrages du bassin de Mejerda, fournissant de l'eau principalement pour l'irrigation de leurs zones en aval, n'ont pas été pris en compte dans EAU2000.

**Barrages comptabilisés dans les ressources en eau**

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

L'analyse de fréquence du débit annuel total (total dans les 16 barrages examinés) a été menée par le "Thomas" en utilisant les données de 44 années, de 1946/47 à 1989/90 dans EAU2000. Une année avec la probabilité de non dépassement de 0,2 a été déterminée comme étant une "année sèche". Dans EAU2000, l'année 1961/62 a ensuite été choisie comme étant "l'année type sèche."

GEORE a enrichi les données portant sur le débit entrant, élaborées par EAU2000 jusqu'à 2003 environ, de données supplémentaires pertinentes disponibles.

(3) Calcul des débits entrants dans cette étude

Cette étude de la JICA intègre 26 sites de barrages, énumérés dans le tableau ci-dessus, dans l'estimation des ressources en eau disponibles dans le bassin. Les 26 barrages constituent un réseau d'approvisionnement en eau dans l'extrême nord et le bassin de l'oued Mejerda, ou fournissent, de manière indépendante, de l'eau à leur zone dans le bassin de l'oued Mejerda.

Les données sur le débit entrant mensuel dans les 26 sites de barrages ont été obtenues à travers la vérification et la compilation des données figurant dans EAU 2000/GEORE, et à travers la prise en compte de données supplémentaires. Les données portant sur les débits journaliers, observées par la DGRE, ont été utilisées pour combler les lacunes, et la méthode utilisée pour la normalisation et l'extension des données est la méthode classique

de corrélation site par site. La période de référence de 56 ans, de 1946/47 à 1996/97, a été sélectionnée. C'est la période maximale pour laquelle les données manquantes, pour l'ensemble des 26 barrages, peuvent être complétées par les données disponibles.

Ensuite, la probabilité du débit entrant total a été réexaminée en utilisant les données actualisées sur les débits entrants.

Cette étude a également analysé le débit sur deux et trois années consécutives, qui n'ont pas été prises en compte dans EAU2000.

#### A4.2 Analyse de fréquence

Les **tableaux 4.1.1** et **4.1.2** présentent les débits annuels, et les débits sur deux et trois années consécutives de 1946/47 à 1996/97, et le tableau 4.1.2 montre le classement des débits entrants. Le tableau ci-après reprend cinq cas de sécheresse extrême du débit entrant annuel au cours de la période de 56 ans servant de référence. Ce résultat est en accord avec le fait que les deux grandes sécheresses ont eu lieu en 1987-88-89 et 1993-94-95.

##### Cinq cas des débits entrants annuels les plus faibles (1946/47 - 1996/97)

classement	Débit entrant annuel	
	période	M m <sup>3</sup>
1	1993/1994	504
2	1988/1989	617
3	1996/1997	650
4	1994/1995	714
5	1989/1990	789

La probabilité est calculée en utilisant des échantillons des débits annuels des 56 années, appliquant la même méthode qu'EAU2000, à savoir Thomas. Suite à EAU2000, la probabilité de non-dépassement 0,2 (F = 0,2) a été établie comme étant une norme pour déterminer une année sèche. Les variations mensuelles et les distributions régionales des données sur les débits entrants des années situées près F = 0,2 (1960/61, 1973/74, 1991/92) ont été examinées pour savoir si elles ne présentent pas de distorsions importantes. 1960/1961 qui pourrait être jugée comme étant typique, a par la suite été choisie comme "année type sèche" pour les besoins de cette étude. La probabilité et le pourcentage du volume annuel du débit entrant par rapport à la moyenne sont présentés dans le tableau **A4.1.2**. Les résultats des années de sécheresse extrême et les cas typiques d'années sèches sont présentés dans le tableau suivant.

##### Quatre cas des débits annuels les plus faibles et d'année type sèche

classement	période	M m <sup>3</sup>	% de la moyenne	F
Cas extrêmes				
1	1993/94	504	26.4	0.019
2	1988/89	617	32.3	0.038
3	1996/97	650	34.0	0.057
4	1994/95	714	37.4	0.076
Typique	1960/61	1044	54.6	0.189

Les probabilités du débit sur deux et trois années consécutives ont également été évaluées par le Thomas. Les probabilités calculées sont énumérées dans le **tableau 4.1.2** et le tableau suivant présente les valeurs des trois cas les plus bas sur une période de deux années consécutives.

Le cas de deux années reconstituées (année type sèche 1960/61 x 2 fois) avec les 2.088 M m<sup>3</sup> de débit entrant (un cycle de deux ans) se produit selon l'estimation, en moyenne une fois tous les 8.7 cycles. Cela pourrait être interprété comme si un cycle de débit entrant sur deux ans avec ce volume peut se produire en moyenne Tous les 17 à 18 (8,7 X 2) ans.

**Trois cas ayant le débit le plus faible sur 2 années consécutives\* et sur 2 années synthétiques**

classement	période	Débit entrant (M m <sup>3</sup> )	F	Une fois tous les N cycles*	Survenue (un cycle tous les N années)
1	93 Sept. – 95 août	1219	0.0385	26.0	52
2	87 Sept. – 89 août	1582	0.0769	13.0	26
3	91 Sept. –93 août	2052	0.1154	8.7	17-18
Typique	1960/61 x 2 août	2088	0.115	8.7	17-18

Note : \* : Un cycle est constitué de deux années sans tenir compte du recouvrement des périodes

## CHAPITRE A5 ANALYSE DE L'ÉCOULEMENT DES CRUES

### A5.1 Le Concept de base et l'Analyse des Inondations

#### A5.1.1 Le concept de base

L'analyse des crues a été effectuée pour obtenir des hydrogrammes des écoulements des sous bassins versants avec des probabilités des périodes de retour de 2, 5, 10, 20 et 50 ans. Des calculs pour des inondations éventuelles d'une période de retour de 200 ans ont été également effectués pour l'étude de l'exploitation du barrage.

Des pluies de six jours ont été appliquées pour cette analyse parce que dix jours peuvent couvrir un pic d'orages qui donne un hydrogramme pic dans le contexte réel des inondations importantes (Les crues de 1973 Mars, 2000 Mai, 2003 Jan, 2004 Jan, et 2005)

Les zones hydrologiques HY-M, HY-U1, HY-U2, HY-D1 et HY-D2 dans les **Figures A5.1.1**) ont été déterminées en connexion avec le zonage pour la planification de contrôle des inondations. L'ampleur des inondations au long de la Medjerda est détaillée en se basant sur des probabilités de pluviométrie du bassin de six jours dans les zones hydrologiques. Ce concept de pluviométrie moyenne du bassin est le résultat des études des cartes isohyètes des inondations importantes qui ont eu lieu dans le passé ce qui explique que les pluies ont intéressé presque la totalité du bassin pendant les inondations importantes. En termes d'espace, une pluviométrie irrégulière a été à l'origine des inondations provoquées par des crues locales. La **Figure A5.1.2** est un exemple d'une carte isohyète des inondations du mois de janvier 2003. Des cartes isohyètes pour d'autres inondations sont incluses dans les **données A4 dans Databook**.

#### A5.1.2 Débit entrant de l'Algérie

Le débit entrant de l'Algérie dans les parties tunisiennes de la Medjerda et du Mellegue a été considéré comme la condition limite dans l'analyse des inondations de cette étude. Avec le concept de pluviométrie du bassin, le débit entrant probable au niveau de la frontière algérienne peut être considéré comme résultante causée par la pluviométrie sur le bassin dans les parties algériennes avec les mêmes probabilités sur les parties tunisiennes.

Les débits entrants au niveau de la frontière algérienne ont été dérivés à partir de l'analyse de probabilité des pics observées au niveau des stations de mesure de Ghardimaou et le km 13 (S/M) (Voir **Section A1.5**). Les décharges au niveau du K13 ont été converties au niveau du BP-AM. (Au niveau de la confluence Mellegue et Sarrath. Voir **Figure A5.1.1**) prenant en considération les différences de la superficie du bassin versant comme dans le **Tableau A.1.1**. Le débit entrant de l'Algérie dérivé est résumé ci-après :

**Pics probables des débits entrants au niveau de la frontière algérienne**

	CA km <sup>2</sup>	Pic de débit probable (m <sup>3</sup> /s)						
		2-a	5-a	10-a	20-a	50-a	100-a	200-a
BP-AU1(Ghardimaou)	1480	250	520	790	1150	1830	2550	3540
BP-AM (Conf Mellegue & Sarrath.)	6230	440	930	1370	2120	3300	4420	6230

Source: Equipe d'Etude JICA

**A5.2 Analyse du ruissellement des inondations**

**A5.2.1 Analyse de la pluviométrie**

(1) Probabilité de la pluviométrie

Les records réguliers de la pluviométrie au niveau de chacune des stations de mesure qui ont été fournis par la DGRE ont été utilisés dans l'analyse. Ces points de pluviométrie ont été tout d'abord convertis en pluviométrie quotidienne du bassin en utilisant la méthode Thiessen. Six jours de pluviométrie du bassin ont été calculés et on a pu extraire leur valeur annuelle maximale. Leur valeur a été par la suite analysée en comparant les différentes distributions probables. Les pluviométries probables au niveau des bassins ont été attribuées à chacune des zones hydrologiques (HY-M, HY-U1, HY-U2, HY-D1 et HY-D2 dans les **Figures A5.1.2**).

Le tableau suivant est un résumé des pluviométries probables obtenues **A5.2.1** comprend les pluviométries de six jours des bassins et leurs probabilités liées aux inondations importantes dans le passé. Pour la simplicité et comme elles présentaient des valeurs similaires, la pluviométrie de six jours pour HY-U2 a été déterminée pour être appliquée également à HY-D1 et HY-D2.

**Pluviométrie du Bassin de Six Jours Probable (mm)**

Zone	HY-M	HY-U1	HY-U2	HY-D1	HY-D2	HYd-Bh
Base Point (Point de base)	Mellgue & Mejerda Conf.	Mellgue & Mejerda Conf.	Sidi Salem Dam (Barrage)	Larrousia Dam (Barrage)	Estuary (Estuaire)	Bou Heurtma Dam (Barrage)
Catchment Area (Surface du bassin Versa) (km <sup>2</sup> )	4561	1154	10414	14172	15968	390
Return period (yr) (Période de retour) (an)						
1.01	25	42	28	28 (24)	28 (23)	86
2	55	75	60	60 (56)	60 (55)	143
5	82	101	84	84 (80)	84 (79)	185
10	104	121	100	100 (98)	100 (96)	215
20	128	141	118	118 (116)	118 (113)	246
30	143	155	129	129 (127)	129 (124)	264
50	164	171	143	143 (141)	143 (137)	289
100	195	196	163	163 (162)	163 (156)	324
200	230	224	184	184 (184)	184 (175)	361
Distribution	LP3	LP3	LP3	LP3	LP3	LP3

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

LP3: Log-Pearson Type III

( ) : Estimée originale

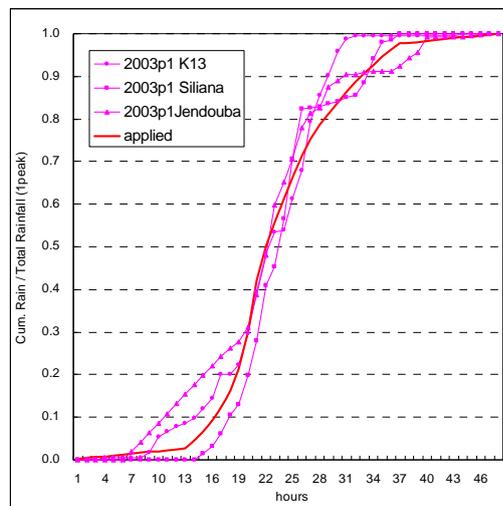
Source: Equipe d'Etude JICA

Les pluviométries pour chacun des bassins versants des barrages ont été calculées et étaient proches des précipitations sur les bassins des zones hydrologiques qui comprennent le bassin versant du barrage à l'exception du cas du barrage de Bou Heurtma. Donc, une pluviométrie indépendante du bassin a été appliquée au bassin

versant de Bou Heurtma ainsi qu'à d'autres bassins versants des barrages une pluviométrie de six jours d'une zone hydrologique associée a été déterminée pour être appliquée.

## (2) Hyétoigrammes de l'étude

La **Figure A5.2.1** montre les hyétoigrammes de l'étude appliquées. Ils ont été développés à partir des modèles de distribution chronologique des données pluviométriques horaires disponibles et observés pendant les inondations importantes (1973, 2000, 2003, et 2004) fournis par le MARH et l'INM. (La charge suivante est l'exemple du cumul d'une pluviométrie pendant une heure observée pendant les inondations précédentes. L'hyétoigramme de l'étude a été obtenu à partir des précipitations cumulatives moyennes par heure).



## A5.2.2 Hydrogramme unitaire

La méthode de l'hydrogramme unitaire sans dimensions a été employée dans cette étude pour calculer l'écoulement des sous bassins versants en prenant en considération les caractéristiques du bassin, les données disponibles et l'exactitude exigée par un plan d'étude principal. La **Figure A5.2.2** montre les sous bassins versants pour l'analyse de l'écoulement et la **Figure A5.2.3** montre schématiquement le modèle d'analyse de l'écoulement.

### (1) Hydrogramme unitaire sans dimensions

Les hydrogrammes des inondations précédentes enregistrées au niveau des principales stations de mesure sans impact sur l'exploitation des barrages ont été analysés. Les hydrogrammes observés au niveau des stations de mesure de Ghardimaou et K13 et qui contiennent les bassins versants importants ont été sélectionnés pour être utilisés dans le développement d'un hydrogramme unitaires sans dimensions qui représente les caractéristiques principales de l'écoulement du bassin normalisé. La **Figure A5.2.4** est l'hydrogramme unitaire sans dimensions appliqué.

(2) L'hydrogramme unitaire

L'hydrogramme unitaire sans dimensions a été converti en hydrogramme unitaire pour chacun des sous bassins versants. Les paramètres nécessaires sont la surface du bassin versant et un temps de décalage (Voir **Figure A5.2.4**). Le temps de décalage  $T_{cv}$  peut être obtenu en utilisant l'équation suivante :

$$T_{cv} = C \times \left( L \times Lca / \sqrt{Sst} \right)^{0.38}$$

Ou :

$T_{cv}$  : Temps de décalage. Temps calculé à partir du début de l'augmentation nette de l'hydrogramme jusqu'au temps de l'occurrence du demi volume de l'hydrogramme.

C : Constant, 0.72 pour la zone de drainage au pied de la colline égale à 0.72

L : Longueur du courant à partir des émissaires jusqu'à la ligne de partage des eaux.

Lca : Longueur du courant à partir des émissaires jusqu'à la ligne centrale de partage des eaux.

Sst : Talus global du courant

Les paramètres géométriques nécessaires, comme la surface du bassin versant et la longueur des rivières, ont été mesurés sur les cartes numériques de 1/50.000 et 1/25.000 de l'Office de la Topographie et de la Cartographie. Le **Tableau A5.2.2** détaille les paramètres pour chacun des sous versements.

La **Figure A5.2.5** donne des exemples des hydrogrammes unitaires obtenus à comparer aux pluviométries de plus que 10 mm par heure. Le **Tableau A5.2.2** détaille les décharges pics des hydrogrammes unitaires pour chacun des sous bassins versants.

### A5.2.3 Les inondations probables

(1) Ecoulement à partir de chacun des sous bassins versants

Des écoulements probables de 2, 5, 10, 20, 50, 100 et 200 ans ont été calculés. Les données pluviométriques (les hyétogrammes de l'étude) ont été transformées en écoulement pour chacun des sous bassins versants en utilisant le logiciel HEC-HMS distribué par le Corps des Ingénieurs de L'Armée Américaine. Les hydrogrammes d'écoulement calculés pour les sous bassins versants modèles sont compilés dans les **Données A5 du Databook** et les pics des écoulements de chacun des sous bassins versants figurent sur la liste du **Tableau A5.2.3**.

(2) Calcul des inondations probables

Les décharges résultantes au niveau des points de base au long du Medjerda doivent être calculées selon les écoulements à partir de chacun des sous bassins versants. Dans le réseau du Medjerda sur la **Figure A5.2.3**, les hydrogrammes d'écoulement sont transformés et mitigés par l'exploitation du barrage ainsi que les inondations de routine au long des canaux de la rivière. Aussi, cette étude devrait inclure la simulation de l'exploitation du réservoir pour des différents scénarios pour analyser les effets

d'améliorer l'exploitation du réservoir au niveau des inondations en aval.

Pour cela, les hydrogrammes au niveau des points de base ont été calculés en utilisant le logiciel commercial MIKE BASIN qui simule l'exploitation du réservoir ainsi que l'inondation du canal de la rivière de routine. La **Figure A5.2.6** présente des débits simulés des cas d'exploitation naturelle du réservoir (sans les barrages), actuelle (Exploitation standard des barrages) et améliorée (exploitation optimisée 2030). Les canaux de la rivière ont été assumés être dans la condition présente. Des détails sur la simulation de l'exploitation du réservoir par MIKE BASIN figurent sur Le Rapport complémentaire C.

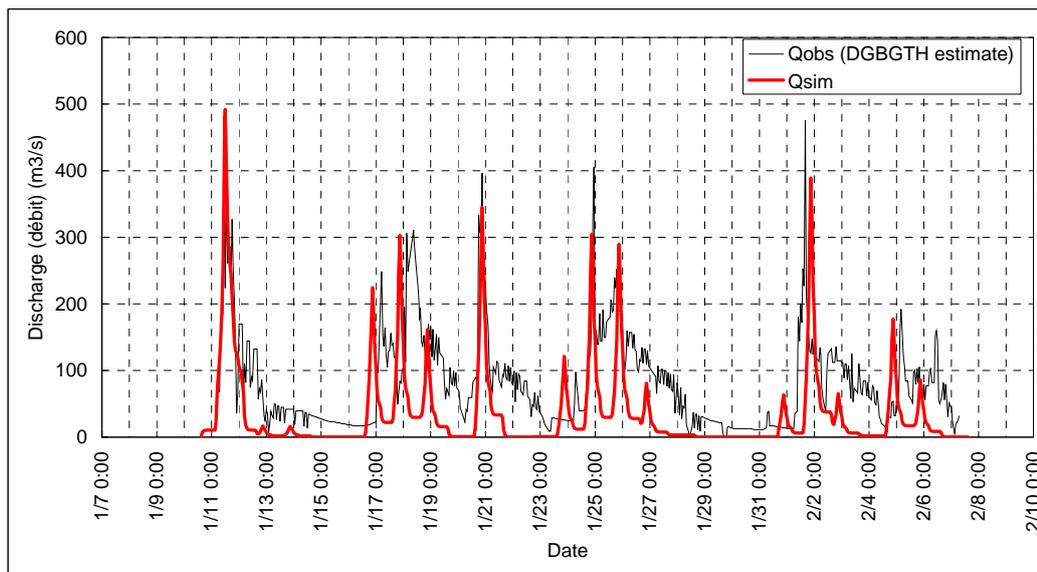
### (3) Vérification

Des débits spécifiques des inondations probables acquises ont été vérifiées en comparaison avec celles d'autres sources comme:

- Ecoulement à partir des sous bassins versants dans la présente étude
- Les résultats des analyses de probabilité des débits observées au niveau des stations de mesure dans la présente étude ainsi que les études existantes. (e.g. "Monographies Hydrologiques", 1981), et
- Les débits probables existantes et les sites des barrages planifiées dans les études/les plans existants

**Tableaux A5.2.3** et **A5.2.4** donnent les pics et les débits spécifiques correspondantes au niveau des différents points de base dans la zone d'étude. La **Figure A5.2.7** trace ces décharges spécifiques et prouve que ces décharges spécifiques pour l'eau probable obtenue par cette étude donnent des courbes formées par les débits spécifiques dans les études existantes.

Une autre enquête a été faite en effectuant une comparaison entre les hydrogrammes enregistrés et simulés. Le diagramme suivant montre une bonne correspondance entre les deux hydrogrammes au niveau du site du barrage de Bou Heurtma.



Note: Qobs (DGBGTH estimé): Débit entrant estimé par les niveaux d'eau des réservoirs observés et les décharges des débits sortants enregistrés

Qsim : Hydrogramme simulé

Source: Equipe d'Etude JICA

#### **Hydrogramme observé et simulé au site du barrage Bou Heurtma (Crues de janvier 2003)**

Par le biais de ces observations, le résultat de l'analyse de l'écoulement a été jugé comme étant vérifié.

## CHAPITRE A6 ANALYSE DES INONDATIONS

### A6.1 Généralités

L'analyse des inondations au titre de cette étude avait pour objectif :

- de clarifier les mécanismes et les caractéristiques des crues, tels que les niveaux d'eau, les positions de débordement et les orientations des débits dans les lits majeurs,
- de comparer les conditions d'inondation avant et après la mise en œuvre du projet, et
- d'obtenir les niveaux d'eau nominaux et d'autres paramètres hydrauliques des cas d'amélioration de l'oued Mejerda choisis pour l'avant-projet.

Afin d'évaluer les effets de l'amélioration du fonctionnement du réservoir et des travaux d'amélioration de l'oued séparément, les trois cas suivants des étapes du projet ont été pris en compte. Les inondations provoquées par cinq crues éventuelles (5, 10, 20, 50 et 100 ans) pour chacun des cas suivants ont été simulées, et les résultats de simulation ont été utilisés pour estimer et évaluer les dommages causés par les crues (avantages tirés de l'amélioration du fleuve) en vue d'établir une planification de contrôle des crues.

**Cas pour l'analyse des inondations**  
**(Combinaison du fonctionnement du réservoir et des conditions du canal du fleuve)**

Cas	Type de fonctionnement du réservoir	Canal du fleuve
<b>Avant le projet : Conditions actuelles</b>	Fonctionnement standard actuel	Conditions actuelles
<b>Après le projet 1 : Fonctionnement amélioré du réservoir</b>	Fonctionnement amélioré (2030)	Conditions actuelles
<b>Après le projet 2 : Fonctionnement amélioré du réservoir + amélioration de l'oued Mejerda</b>	Fonctionnement amélioré (2030)	Amélioration du fleuve (projet de plan directeur élaboré par l'étude)

Source: L'équipe de l'étude

Le type de fonctionnement du réservoir et la forme du canal du fleuve mentionnés dans le tableau ci-dessus sont brièvement décrits dans le tableau suivant. Les détails relatifs aux types de fonctionnement du réservoir sont examinés dans le **Supporting Report C** et les plans du canal figurent dans le **Supporting Report D**.

Types de fonctionnement du réservoir	
Fonctionnement standard actuel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• fonctionnement standard (fonctionnement typique actuel)</li> <li>• Quatre barrages existants sélectionnés (Sidi Salem, Mellegue, Bou Heurtma, Siliana)</li> <li>• Résultat de l'analyse du fonctionnement du réservoir au titre de l'étude MIKE BASSIN</li> </ul>

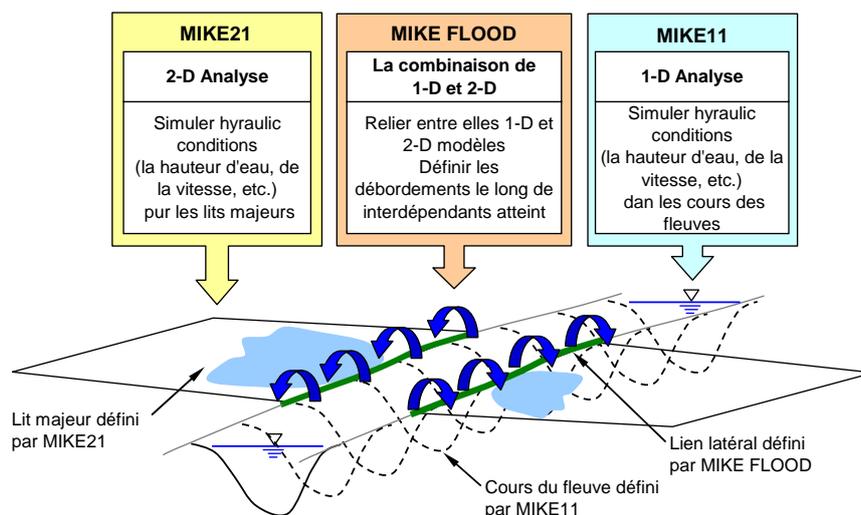
Fonctionnement amélioré (2030)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fonctionnement amélioré recommandé du réservoir pour l'année cible 2030</li> <li>• Sept barrages retenus (Sidi Salem, Mellegue, Bou Heurtma, Siliana + Sarrath, Tessa, Mellegue 2)</li> <li>• Résultat de l'analyse du fonctionnement du réservoir au titre de l'étude MIKE BASSIN</li> </ul>
<b>Canal du fleuve</b>	
Conditions actuelles	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Résultats de l'enquête topographique 2007 (profils transversaux et longitudinaux) menée par MARH et l'équipe de l'étude.</li> </ul>
Amélioration du fleuve	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conditions actuelles (Résultats de l'enquête topographique 2007 menée par MARH et l'équipe de l'étude) + les alternatives prévues pour l'amélioration du fleuve (excavation, canaux de dérivation et bassins de retardement), conçues en vertu de l'étude</li> </ul>

Source: équipe de l'étude

## A6.2 Méthodologie

### A6.2.1 Description globale du modèle

Des modèles numériques ont été utilisés pour simuler des inondations pour plusieurs niveaux de débits et plusieurs conditions d'écoulements. Le modèle instable en deux dimensions a été utilisé pour l'analyse des inondations au titre de l'étude. L'analyse instable a été choisie, car elle permet d'étudier l'évolution temporelle des comportements des crues y compris la zone inondée, le niveau d'eau et les débits sortants. En outre, le modèle en deux dimensions a été appliqué à la zone d'inondation étendue observée au cours des crues passées, en particulier dans les zones situées en aval. Le logiciel MIKE FLOOD produit par DHI a été utilisé pour cette étude. Il permet de combiner des modèles hydrauliques à une dimension (1-D) et deux dimensions (2D) comme ci-dessous.

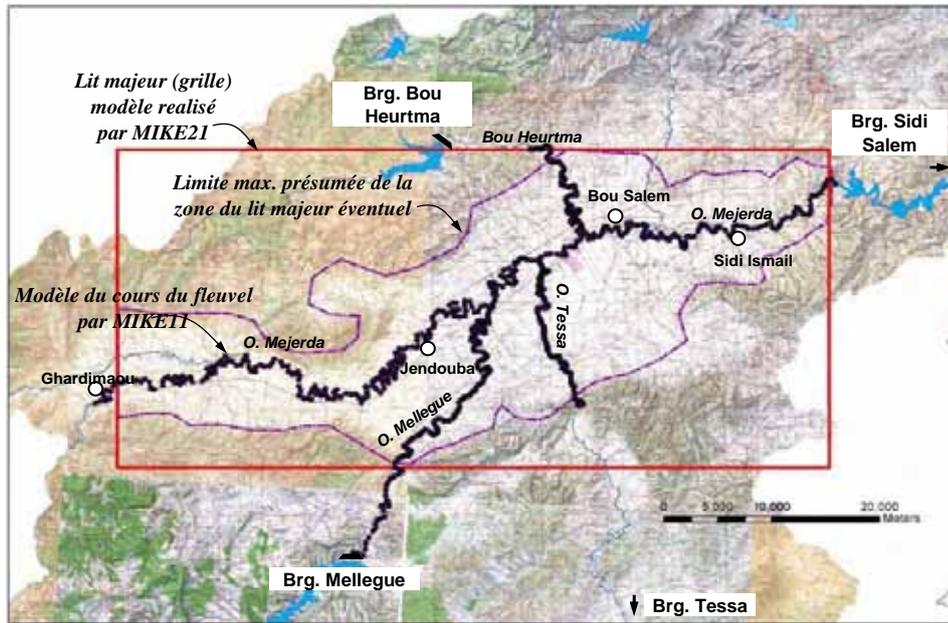


Source : équipe de l'étude

#### Concept de base des relations entre MIKE11, MIKE21 et MIKE FLOOD

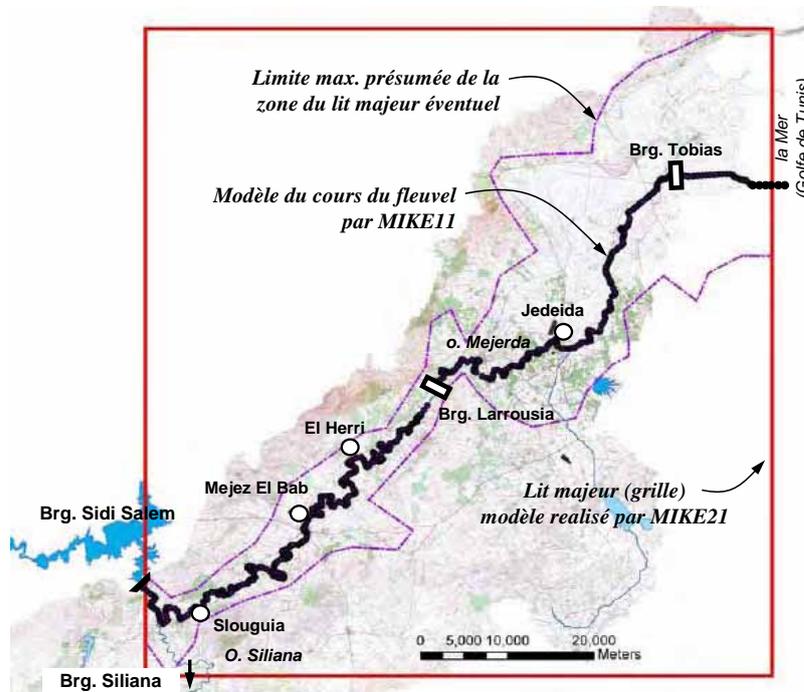
Ce chapitre indique de manière succincte le modèle de simulation, les détails étant contenues dans **Data A6 du Databook** (Texte de formation : Note explicative sur le modèle d'analyse des inondations (MIKE FLOOD) pour le bassin du fleuve Mejerda).

Le modèle d'analyse des zones inondables a été conçu pour couvrir les éventuelles zones du lit majeur dans l'ensemble du bassin Mejerda. Le modèle a été divisé en modèles amont et aval au niveau du barrage de Sidi Salem, car les conditions hydrauliques des deux zones sont occultées par le barrage. Les cartes suivantes indiquent l'étendue couverte par les modèles.



Source : équipe de l'étude

#### La zone couverte par le modèle de l'amont de Mejerda



Source : équipe de l'étude

#### La zone couverte par le modèle de l'aval de Mejerda

La partie 1-D du modèle a été établie le long du fleuve Mejerda et de ses principaux affluents sur les lits majeurs éventuels pour lesquelles des données transversales en 2007

sont disponibles. La partie 2-D du modèle a été établie le long des fleuves du modèle 1-D en utilisant la grille des données topographique (228 m x 228 m). La taille de la grille a été choisie en fonction de la précision requise pour un plan directeur de l'étude et les intervalles des sections disponibles (environ 500 m). Un modèle indépendant avec une grille de taille plus petite (76m x 76m) a été établi pour la seule zone de la ville de Bou Salem, de manière à reproduire les conditions réelles d'inondation, attribuées aux basses rives de l'oued Bou Hertma.

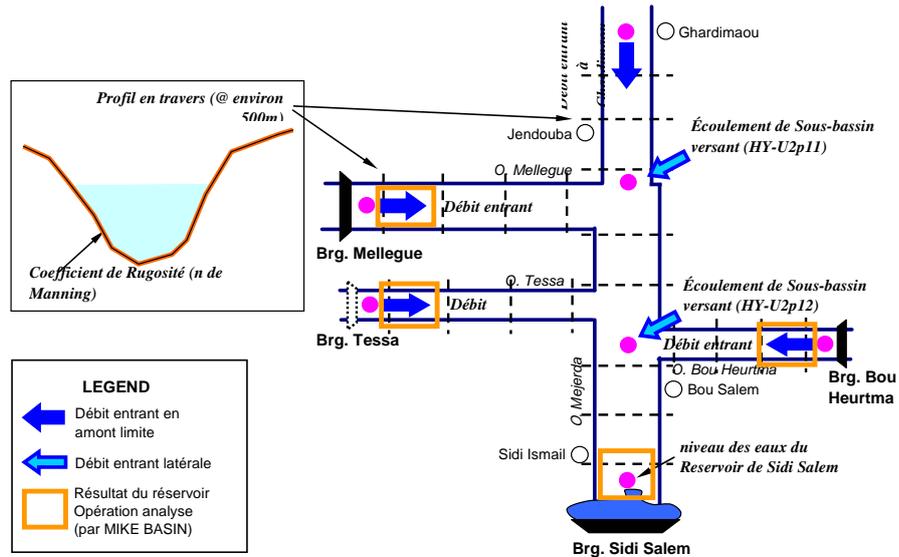
#### A6.2.2 Données appliquées et conditions aux limites

Les principales données nécessaires pour la construction du modèle sont énumérées ci-dessous, et les figures suivantes illustrent les principales données pour la partie 1-D du modèle. Les conditions hydrauliques aux limites sont contrôlées par le modèle 1-D. Comme indiqué dans le tableau, le modèle d'analyse de l'inondation requiert les débits sortants résultant de la simulation de l'exploitation du barrage, réalisée par MIKE BASIN, en tant que données.

**Les données requises pour le modèle d'analyse des inondations**

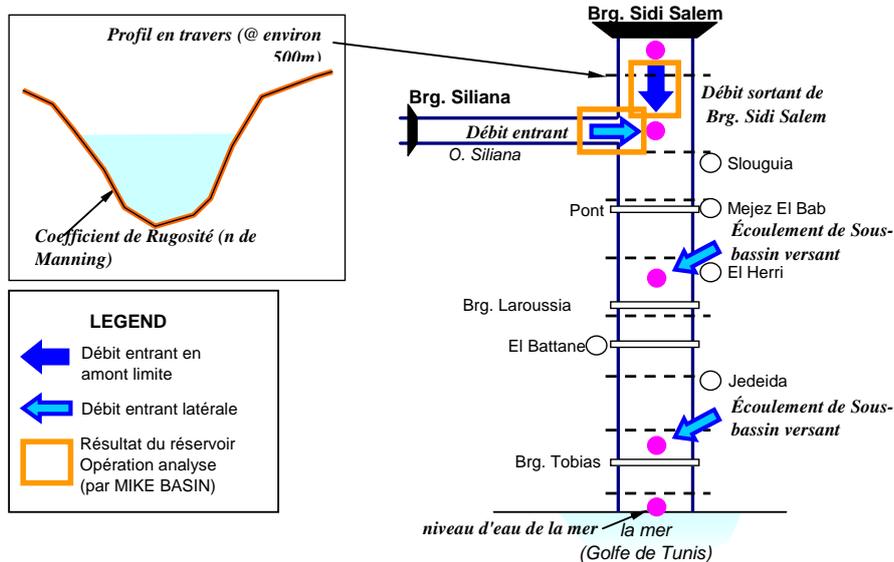
Données	Source de données	Partie concernée
profil en travers (coordonnées des emplacements, intervalles, et X, Z)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Résultats de l'étude topographique menée par MARH et l'étude en 2007</li> <li>Profil en travers nominal de l'étude (pour l'"après-projet, avec l'amélioration de l'oued seulement)</li> </ul>	Partie 1-D
Condition aux limites en amont (débit sortant des barrages, le débit en provenance d'Algérie)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Résultats de l'analyse du fonctionnement du réservoir au titre de l'étude (MIKE BASSIN)</li> <li>Les résultats de l'analyse du ruissellement effectuée en vertu de l'étude</li> </ul>	Partie 1-D
Condition aux limites en aval (niveau d'eau du réservoir, le niveau de l'eau de mer)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Etudes existantes</li> <li>Les résultats de l'enquête topographique par menée MARH en 2007</li> </ul>	Partie 1-D
Le débit du ruissellement (débit latéral) du sous-bassin versant	<ul style="list-style-type: none"> <li>Les résultats de l'analyse du ruissellement effectuée en vertu de l'étude</li> </ul>	Partie 1-D
Structures (réservoir et barrage)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Résultats de l'étude topographique menée par MARH et l'étude en 2007</li> <li>Schémas et rapports existants</li> </ul>	Partie 1-D
Topographie du lit majeur	Grille de données topographiques	Partie 2-D

Source : équipe de l'étude



Source : L'équipe de l'étude

### MIKE11 Mejerda modèle pour l'amont du barrage Sidi Salem



Source : L'équipe de l'étude

### MIKE11 Mejerda modèle pour l'aval du barrage Sidi Salem

Sur la base de l'analyse non-uniforme précédente des conditions du débit au pont et dans d'autres sites de la structure, le modèle instable d'analyse des inondations a été retenu pour examiner les ponts et des structures suivants qui ont montré des impacts plutôt importants.

Amont du barrage Sidi Salem	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Un pont sur l'oued Bou Heurtma à environ 280m en amont de la confluence avec la Mejerda</li> </ul>
Aval du barrage Sidi Salem	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pont Andarous à Mejez El Bab</li> <li>• Barrage Laroussia</li> <li>• Réservoir El Battane</li> <li>• Le vieux pont à Jedeida</li> <li>• Barrage mobile Tobias</li> <li>• D'autres ouvrages sur l'oued(-, comme celui à la station de pompage El Herri</li> </ul>

Les vannes du barrage de la Larroussia et du barrage mobile Tobias sont censées être totalement ouvertes lors des périodes des crues des grandes inondations suite à la présente opération.

### **A6.3 Calibrage des modèles**

Comme décrit dans les chapitres précédents, une série d'analyses de l'inondation implique les deux ensembles de modèles de simulation, MIKE BASIN utilisé pour le calcul des inondations probables et le modèle de simulation hydraulique/inondation MIKE FLOOD appliqué à l'analyse des zones inondables. Les deux modèles ont été calibrés de manière à être compatibles l'un avec l'autre.

#### **A6.3.1 Calibrage du modèle de simulation du fonctionnement du réservoir (MIKE BASIN)**

MIKE BASIN s'appuie sur un modèle de réseau qui peut comprendre les cours d'eaux, les débordements, les réservoirs et les usagers de l'eau. Techniquement, MIKE BASIN est un quasi-steady-state mass balance model, tenant compte de l'amortissement des débits du fleuve.

Le modèle mathématique des réservoirs et des cours d'eaux dans l'ensemble du bassin de l'oued Mejerda a été calibré sur la base des débits record enregistrés dans les barrages et les stations de jaugeage. Les données les plus complètes et les plus fiables proviennent des crues de mai 2000, de janvier à février 2003 et de décembre 2003 à janvier 2004, et ces crues ont été utilisées pour l'étalonnage.

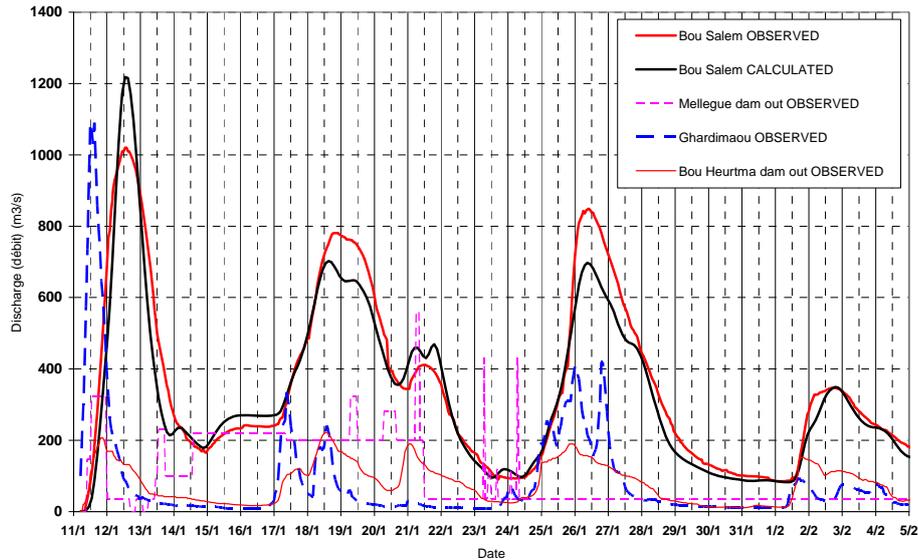
Le calibrage des cours du fleuve dans le modèle est le résultat des paramètres de l'équation de routage des crues qui peuvent apporter la même onde de propagation des crues ou une onde équivalente et une réduction des débits sur les hydrogrammes observés.

#### Résultats du calibrage

Les hydrogrammes de débit calculés dans les points les plus importants (les stations de jaugeage ou les sites de barrage) sont comparés aux hydrogrammes effectivement observés comme dans la figure suivante pour la station hydrométrique de Bou Salem. Le tableau montre que l'hydrogramme calculé correspond relativement bien à l'hydrogramme observé. Pour l'évaluation quantitative, les critères suivants sont généralement appliqués:

- La Convergence des temps de propagation des crues  
La duplication du temps observé avec une différence max. de <10%
- La convergence des valeurs du débit  
La réplique des débits observés avec une différence max. des débits de pointe <20%

Ces critères ont été adaptés pour la station hydrométrique de Bou Salem et également pour tous les autres points évalués à quelques exceptions près. Grâce à ces enquêtes, le modèle MIKE BASIN établi a été confirmé pour décrire correctement l'amortissement des crues et l'onde de propagation des crues dans le bassin Mejerda et peut être appliqué à des simulations au titre de la présente étude.



Source : L'équipe de l'étude

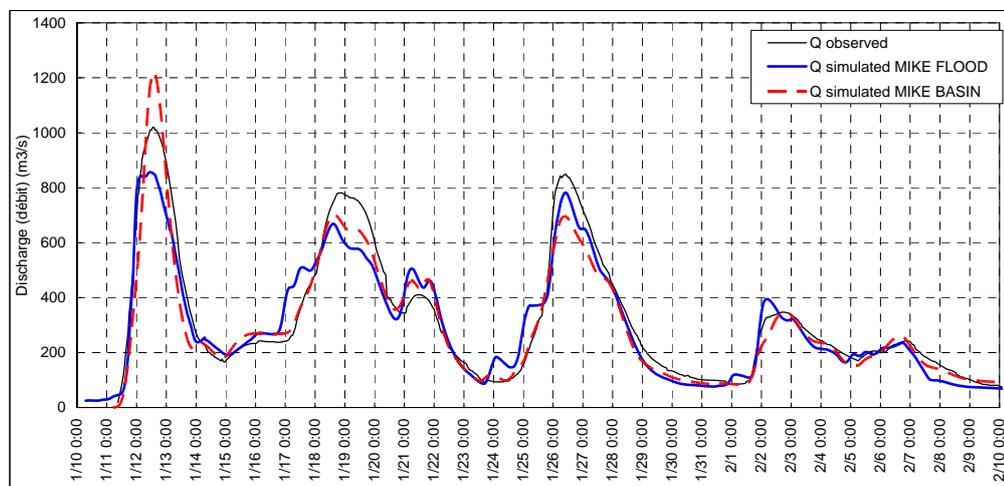
### Calibrage du modèle MIKE Basin - station hydrométrique Bou Salem, crues de janvier 2003

#### A6.3.2 Calibrage du modèle d'analyse hydraulique/inondation (MIKE FLOOD)

Le modèle a été calibré sur la base des hydrogrammes, du niveau d'eau, de la zone inondée, de la profondeur, de la durée et de la direction du débit dans le lit majeur. Les crues de janvier 2003, qui peuvent fournir des données les plus pertinentes et les plus fiables sur les crues, servent de référence principale pour le calibrage. Il convient de noter qu'en raison de l'insuffisance des données, en particulier les cartes des zones inondables, l'étalonnage du modèle de simulation d'inondation pour d'autres inondations s'est révélé difficile.

#### – Hydrogrammes

Les hydrogrammes observés de la DGRE, les résultats de la simulation MIKE FLOOD et les résultats de la simulation MIKE BASIN ont été comparés. Le tableau suivant est un exemple de la crue de 2003 à Bou Salem.



Source : équipe de l'étude

### Hydrogrammes observés et simulés à Bou Salem (crue de janvier 2003)

Ce figure ci-dessus montre que les trois hydrogrammes se superposent de manière pertinente. En outre, les différences ont été évaluées par la somme des carrés d'une erreur à chaque étape temporelle décrite dans l'équation suivante;

$$E = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \frac{Q_o(i) - Q_c(i)}{Q_{op}} \right)^2$$

- Où :
- E: Erreur temporelle
  - $Q_o(i)$ : Débit observé à un temps i
  - $Q_c(i)$ : Débit calculé à un temps i
  - $Q_{op}(i)$ : Débit maximal observé
  - n: Le nombre total des étapes temporelles pour le calcul

La valeur appropriée de E pour un emboitement adéquat est de 0,03 ou moins. Les valeurs comprises entre 0,007 pour les hydrogrammes observés et ceux de MIKE FLOOD et 0,006 pour les résultats de la simulation MIKE FLOOD et MIKE BASIN sont dans la fourchette acceptable.

#### (2) Zone d'inondation ,profondeur, et niveau d'eau

Les cartes existantes des inondations de la crue de janvier 2003 ont été comparées avec le résultat de la simulation. Les cartes globales des zones inondables des crues de 2003 ont été présentées dans la **figure A6.3.1**. **Figure A6.3.2** compare les limites simulées et enregistrées des zones inondées dans les zones de Bou Salem, Mejez El Bab et El Battan-Jedeida domaines, et les limites simulées de l'inondation se sont révélées proches de celles observées. Les données enregistrées disponibles sur la profondeur des inondations ont également montré des tendances similaires à celles du résultat de la simulation.

#### (3) Direction de l'écoulement

Le résultat de la simulation a montré une tendance similaire à celle de l'évolution du débit des crues observée au cours de crues réelles, par exemple;

- Dans la région de Bou Salem, l'eau de crue débordant de la rive droite du fleuve Bou Heurtma s'est déplacée vers la ville de Bou Salem.
- Dans la zone de Jedeida, l'eau de crue débordant en aval de la ville de Jedeida (El Henna) sur la rive gauche s'est déplacée vers la zone El Mabtouh au nord, et plus au nord à mesure que les heures passaient.

En conclusion, le résultat de la simulation réalisée par le modèle MIKE FLOOD s'est révélé compatible avec les résultats observés et les résultats de MIKE BASSIN.

## A6.4 Résultats de simulation pour l'analyse des inondations

### A6.4.1 Inondations dans les conditions actuelles (avant le projet)

La surface inondée totale simulée en fonction de la période de retour (de 5 à 50 ans) est résumée dans le tableau ci-dessous. Les débits appliqués dans le cas de cette simulation, y

compris les débits sortant des barrages, sont présentés dans la **figure A5.2.6 (1/3)**. Les débits de base des inondations pour l'échelle de planification choisie (voir le **chapitre A6.4.3**) sont indiqués dans la figure.

En termes de zone d'inondation, la région couvrant la zone de Jedeida à El Mabtouh (en D2) est la plus prédominante suivie par les cours en amont du barrage de Larroussia (en D1) et la zone autour de Bou Salem (U2). Ceci explique les crues vécues.

Les limites des inondations avec différentes probabilités, obtenues à partir de la simulation, ont été présentées dans **Data A7 du Databook**.

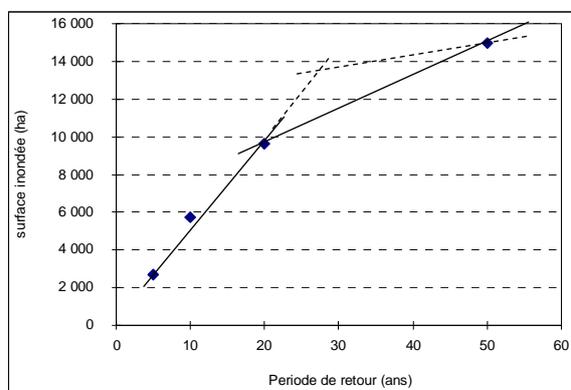
**Zone inondée lors de la simulation de l'état actuel**

(unit : ha)

Zone	5 ans	10 ans	20 ans	50 ans
U1	350	790	1 890	4 960
U2	2 210	4 540	6 670	8 430
M	150	430	1 070	1 590
<b>Total en amont*</b>	<b>2 700</b>	<b>5 800</b>	<b>9 600</b>	<b>15 000</b>
D1	2 770	3 960	4 810	5 690
D2	27 080	33 400	44 070	50 810
<b>Total en aval *</b>	<b>29 900</b>	<b>37 400</b>	<b>48 900</b>	<b>56 500</b>
<b>Total*</b>	<b>32 600</b>	<b>43 100</b>	<b>58 500</b>	<b>71 500</b>

Note : \* : arrondi, Source : équipe de l'étude JICA (résultats de la simulation)

Le tableau suivant indique le rapport estimé entre la zone inondée totale et la période de retour. Pour des périodes de retour allant jusqu'à 20 ans, la surface de la zone inondée augmente d'une manière linéaire, alors que son taux d'accroissement s'affaiblit pour les périodes de retour supérieures à 20 ans. Cette tendance serait causée par la limite topographique des lits majeurs.



**Inundated area (simulation) and Return Period**

Les principales conclusions tirées des résultats de la simulation sont indiquées ci-dessous. En règle générale, le résultat de la simulation explique les comportements véritables des inondations.

(1) Amont du barrage Sidi Salem

Applicable à toutes les crues probables

- Les cours suivants sont particulièrement vulnérables en cas de crues.
  - à la confluence de l'oued Mejerda et Rarai
  - Autour de la confluence des fleuves Mejerda et Mellegue
  - Bou Salem

- Autour de la confluence avec l'oued Kasseb, en particulier autour de l'ancien lit de l'oued (ox tail) Mejerda
- Des crues dans la région de Bou Salem peuvent être observées lorsque la période de retour atteint 10 ans.
- Le débit des crues dans la zone de Bou Salem parvient essentiellement l'oued Bou Heurtma. Le débordement commence au niveau de la section basse sur la rive droite de l'oued Bou Herutma.

#### Des crues de période de retour 20, 50 et 100 ans

- En raison du changement abrupt de la pente du lit à environ 5 km en aval du confluent Kasseb (pente presque nulle en raison de la sédimentation dans le réservoir dans les cours inférieurs et un lit du fleuve avec une pente d'environ 1/2300 dans la partie supérieure), l'encombrement du débit a tendance à se produire autour de cette zone lorsque le débit atteint une probabilité de 20 ans.

#### (2) Aval du barrage Sidi Salem

#### Commun à toutes les crues probables

- Les zones suivantes sont susceptibles de subir les inondations, même pour des crues pour des périodes de retour de 5 ans et 10 ans.
  - En aval de la ville de Jendouba (El Henna)
  - En amont du barrage Larroussia y compris Mejez El Bab
  - Zone El Mabtouh
  - En aval du barrage mobile Tobias
- L'inondation prenant naissance près de l'aval de Jedeida (El Henna) progresse vers la zone d'El Mabtouh dans le nord.
- La durée d'inondation est généralement longue. Dans de nombreuses zones, l'inondation se poursuit une semaine ou plus.

#### Des crues de 20, 50 et 100 ans

- Lorsque l'ampleur des inondations atteint une probabilité de 20 ans, l'inondation peut être également observée dans les zones suivantes
  - La zone basse située au nord-est de la zone d'El Mabtouh (l'eau des crues se jette dans cette zone en provenance d'El Mabtouh)
  - Zone El Battan et Tebourba.
- L'ordre chronologique des débordements est (i) en amont du barrage Larroussia, (ii) en aval de la ville de Jendouba, puis (iii) dans la zone El Battan-Tebourba.

#### A6.4.2 Inondation après le projet (cas d'amélioration du fonctionnement du réservoir)

La première étape des "conditions de l'après-projet" examine l'amélioration du fonctionnement du réservoir avec les canaux existants du fleuve. Les débits appliqués à ce cas ainsi que les conditions aux limites sont présentés dans la **figure A5.2.6 (3/3)**. Le tableau ci-dessous compare la zone inondée avant le projet et au cours de la première étape de l'"après-projet". Les cartes des zones inondables concernées sont compilées dans **Data A7 du Databook**.

**Zone inondée avant et après le projet (fonctionnement du réservoir) (en ha)**

<b>Zone</b>	<b>5 ans</b>	<b>10 ans</b>	<b>20 ans</b>	<b>50 ans</b>
<b>Amont</b>				
Avant le projet	2 700	5 800	9 600	15 000
Après le projet-fonctionnement du réservoir	1 800	4 200	8 900	14 800
<b>Aval</b>				
Avant le projet	29 900	37 400	48 900	56 500
Après le projet-fonctionnement du réservoir	20 600	35 900	44 900	55 900
<b>Amont + Aval</b>				
Avant le projet	32 600	43 100	58 500	71 500
Après le projet-fonctionnement du réservoir	22 400	40 100	53 800	70 700

Source: JICA Study team (Simulation result)

Les principales caractéristiques des crues d'après-projet sont résumées ci-dessous.

- Avec le fonctionnement amélioré du réservoir suivi par une diminution des débits, la zone inondée se rétrécit. Toutefois, cet effet devient moins remarquable avec l'augmentation de la période de retour. Ceci est directement lié au débit de pointe régulé provenant des barrages.
- Les inondations existent toujours, même avec l'amélioration des gestions des réservoirs.
- Les caractéristiques générales des inondations, tels le débordement des cours fragiles et les directions du débit, correspondent essentiellement au cas de l'Avant Projet, à l'exception de la zone inondée.
- Une longue durée d'inondation est observée même après l'amélioration du fonctionnement du réservoir en raison de débit atténué mais prolongé en provenance des barrages, en particulier en aval du barrage de Sidi Salem.

**A6.4.3 Inondation après le projet (amélioration du fonctionnement du réservoir + amélioration des écoulements)**

La deuxième étape de l'après projet est l'association de l'amélioration de l'exploitation du réservoir et de l'amélioration des écoulements. Le débit aux limites du modèle (débit sortant du barrage) pour ce cas se trouvent également dans la **figure A5.2.6 (3/3)**

Les inondations dans différentes alternatives ont été simulées en vue d'explorer la manière la plus rentable afin d'améliorer l'écoulement. Une crue avec une période de retour de 20 ans pour U2 et une crue avec une période de retour de 10 ans ont été déterminées comme étant l'échelle la plus appropriée pour l'amélioration des écoulements. (la sélection des options sont examinés dans le **Supporting Report D.**) La **Figure A6.4.1** compare les cartes des zones inondables des cas retenus avant et après le projet.

Certaines inondations demeurent même après l'installation des ouvrages d'amélioration de l'écoulement. Ces ouvrages contribuent à atténuer les pics des débits en aval. Ces inondations, à savoir les lieux et l'étendue, sont attribuées au concept de la planification de l'amélioration de l'oued. Les détails sont décrits dans le **Supporting Report D.**

**A6.5 Commentaires sur l'analyse des inondations probable au prochain stade**

Le modèle de simulation pour l'analyse des inondations (modèle MIKE FLOOD) pour la

présente étude a été conçu pour fournir avec une précision suffisante l'étude du plan directeur. Les questions suivantes devraient être proposées lors de la prochaine analyse des zones inondables au cours des étapes suivantes des études de la gestion des inondations dans le bassin de l'oued Mejerda.

- Pour la présente étude, le modèle a été construit en appliquant 500 m d'intervalle pour les profils en travers et la grille de données topographiques avec la taille de 228m x 228m. Ces dimensions ont conduit à des résultats précis pour le plan directeur de l'analyse des inondations. Toutefois, pour l'analyse détaillée lors des prochains stades, une grille de dimension plus petite et des intervalles plus réduits des données du profil en travers doivent être appliqués pour que les phénomènes hydrauliques sporadiques puissent être simulés.
- Pour l'analyse plus détaillée des étapes à venir avec une grille de dimension plus petite et des intervalles plus courts des données du profil en travers, il est proposé de diviser les modèles en plus de deux zones ou de se limiter à certaines zones cibles, au lieu d'utiliser les modèles de cette étude couvrant l'ensemble des zones situées en amont ou en aval.
- Un nouvel ensemble d'enquêtes sur le profil en travers pourrait être exigé lorsque le modèle sera mis à jour à l'avenir, parce que les formes du profil en travers pourraient changer en raison de la sédimentation ou de l'érosion. Les coefficients de rugosité pourraient également être mis à jour lors de l'examen de la végétation.
- Davantage de structures sont susceptibles d'être incluses dans le futur modèle avec, si nécessaire, une résolution plus élevée.

## CHAPITRE A7 ANALYSE DE LA SEDIMENTATION

### A7.1 Généralités

La baisse de débit occasionnée par les dépôts de sédiments dans le lit de l'oued est considérée comme un des problèmes majeurs liés du bassin de la Medjerda. Afin de maintenir une capacité de débit prévisible, l'entretien par excavation/dragage du lit de la Medjerda est indispensable, notamment lorsque la sédimentation est effectivement supérieure à l'affouillement. Cette étude a analysé la tendance générale de la sédimentation, en vue de dégager une estimation préliminaire d'une moyenne à long terme du volume d'excavation/dragage nécessaire, qui sera retenue pour évaluer le coût moyen de maintenance requise, dans le cadre de l'évaluation économique du plan directeur de gestion des crues.

L'étude a permis l'évaluation d'une tendance générale à la sédimentation au moyen d'un profil géométrique transversale. Cette approche a été choisie en vue d'aider à l'élaboration d'un plan directeur, en utilisant les données disponibles.

A une étape ultérieure, il sera nécessaire de procéder à une analyse détaillée de la sédimentation pour une discussion approfondie des questions qui lui sont liées, tel que le mouvement du lit de l'oued dans un site particulier.

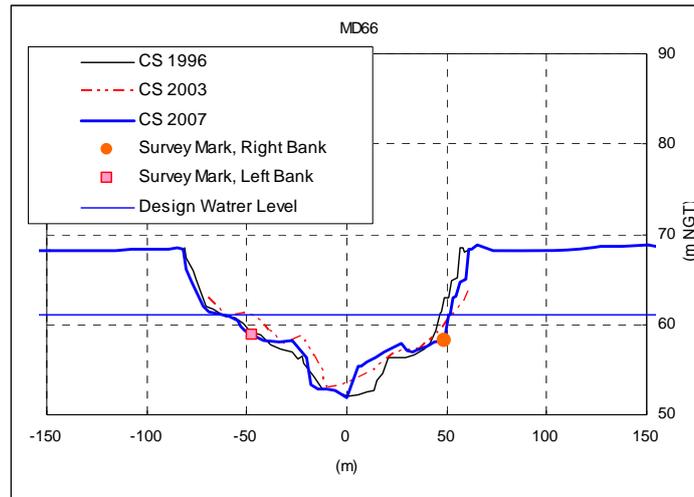
### A7.2 En aval du barrage de Sidi Salem

#### A7.2.1 Méthodologie

Les résultats des campagnes Topographiques réalisées en 1996, 2003 et 2007 par le MRAH ont été comparés au moyen de la procédure suivante, afin d'étudier l'ampleur et le rythme de l'évolution. Les données relatives à la section transversale de 2003 concernent seulement le tronçon situé entre les barrages de Sidi Salem et de Larroussia. Quelques données concernant des sections de 1959 étaient également disponibles, mais elles n'ont pas été utilisées dans cette discussion en raison des lacunes qu'elles comportent et de leur manque de fiabilité.

##### 1) Comparaison des sections transversales d'années différentes

Les sites de sections transversales provenant de sources diverses et portant sur des années différentes ont été comparés sur des cartes GIS, et des sections situées dans le même site ou dans des sites voisins ont pu être identifiées. Ensuite, les sections correspondant au même site ou à des sites voisins ont été superposées. L'évolution au niveau d'un site transversal est illustrée dans le schéma suivant, qui montre l'alternance de la période de dépôt et de la période d'affouillement dans le lit de l'oued.



Source: Equipe de l'étude JICA, basée sur les données de sections transversales du MARH

### Exemple de sections transversales chronologiques

#### 2) Délimitation des zones de sections transversales

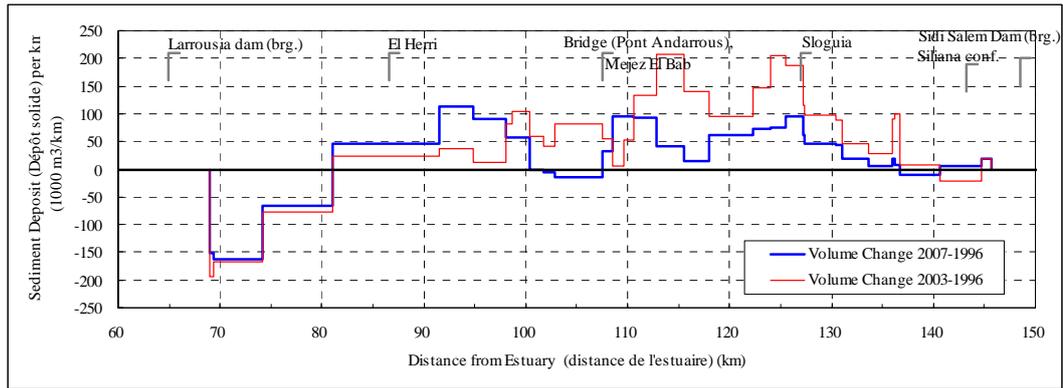
La zone de section transversale (zone d'écoulement) à un niveau de référence (élévation de la berge, en principe, ou niveau nominal des eaux lorsque les berges sont considérées trop hautes), définie à chaque site, a été établie par calcul.

#### 3) Estimation du volume de sédimentation ou d'affouillement

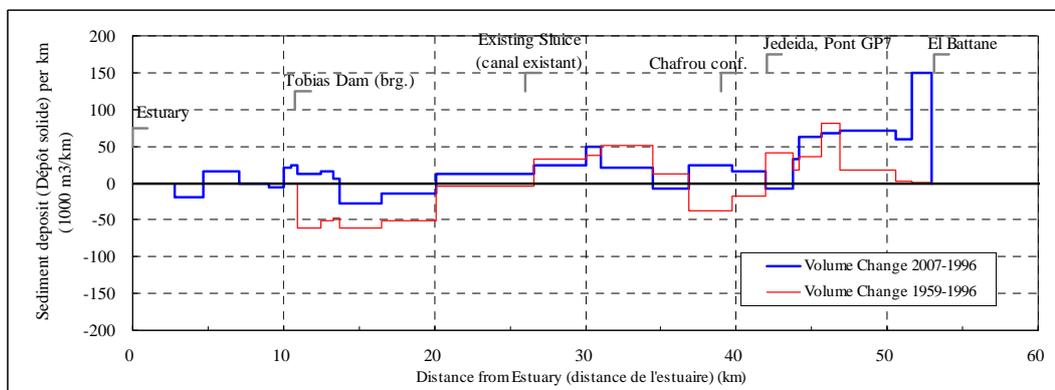
Les sections transversales irrégulières du lit naturel ont été représentées par la largeur du lit au niveau de référence, la profondeur moyenne et maximale, et la zone transversale. Ces variables ont été étudiées. Ensuite, à partir des zones transversales calculées et des distances entre les sections, il a été possible d'estimer les volumes de sédimentation (ou d'affouillement).

#### A7.2.2 Evaluation préliminaire de la quantité moyenne de sédimentation

Les changements révélés par la procédure susmentionnée ont été étudiés au niveau des tronçons. Les volumes de sédimentation (ou d'affouillement) entre deux années différentes couvertes par les enquêtes transversales (changements par rapport à l'année 1996) ont été comparés comme dans les diagrammes ci-dessous.



(a) Barrage de Sidi Salem – Barrage de Larrouisia



Note: Le changement entre 1959 et 1996 est simplement indiqué à titre de référence. Les données de 1959 pour la section transversale ne sont pas très fiables.

(b) Barrage de Larrouisia – Barrage de Sidi Salem

Source : Equipe de l'Etude JICA

### 1996 Volumes de dépôts (ou d'affouillement) par rapport à l'état du lit de la rivière en 1996

Les constatations suivantes ont été faites :

- La comparaison des données existantes montre que les capacités de débit de l'oued ne suivent pas une tendance décroissante uniforme. La situation varie selon le site. Par ailleurs, même lorsqu'on considère un site unique, on constate que le lit a connu aussi bien des périodes d'affouillement que des périodes de sédimentation.
- En général, les archives existantes donnent à penser que la sédimentation l'emporte sur l'affouillement, et les zones d'écoulement ont par conséquent tendance à diminuer.
- On observe que les dépôts se font souvent sur les berges plutôt que dans le lit de la Medjerda. Pour rétablir les capacités de débit, l'affouillement peut alors se produire dans le lit de la rivière. Ainsi, en Medjerda, les dépôts qui produisent une baisse de la capacité de débit ne sont pas toujours synonymes de remblaiement du lit de la rivière.
- Le volume des dépôts constatés entre 1996 et 2003 est généralement supérieur à celui de la période 1996 - 2007. Ce serait là l'effet des crues fréquentes de la période 2003-2005, après une période de sécheresse relative entre 1996 et 2002.

Normalement, l'affouillement domine durant les périodes de crues fréquentes, et le phénomène inverse prévaut durant les années de sécheresse.

Dans cette étude, la quantité moyenne de sédimentation entre 1996 et 2007 a été choisie pour la discussion des moyennes à long terme de la sédimentation dans le lit de la rivière en aval du barrage de Sidi Salem. Ce choix a été fait en raison de la disponibilité et de la fiabilité des données transversales pour cette période, et aussi parce que la période comporte autant d'années de crues que d'années de sécheresse.

Le tableau suivant donne les quantités moyennes de sédimentation durant la période comprise entre 1996 et 2007.

### Quantité estimative moyenne des dépôts entre 1996 et 2007

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

Note : \* Porosity of bed material on downstream of Sidi Selem Dam (Porosité des matériaux du lit en aval du barrage Sidi Selem) 0.5

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

Source: Equipe du projet JICA

Le tableau montre également les taux de sédimentation annuels équivalents, obtenus en convertissant le volume en hauteur à partir d'un volume à la hauteur (mm/an) en utilisant les relations suivantes :

$$R : \text{Taux de sédimentation (mm/an), } R = \frac{V}{A/1000000} \times 1000$$

A : Superficie du Bassin versant à l'exclusion de la surface de la retenue du marnage (km<sup>2</sup>)

V: Volume net de la sédimentation (m<sup>3</sup>/an),  $V = (1 - \lambda)V_m$

V<sub>m</sub> : Volume de la sédimentation dans le lit de l'oued (m<sup>3</sup>/an)

$\lambda$  : Porosité,  $\lambda = 1 - \frac{\gamma d}{G_s W} = 0.245 + 0.0864 d_{50}^{-0.21}$  (=0.52 ≈ 0.5)

$\gamma d$  : Poids volumique sec des matériaux du lit de l'oued dans des conditions

saturées non compactées,  $\gamma d = 2.00 - 0.229d_{50}^{-0.1}$

$d_{50}$  : Le pourcentage moyen de la distribution cumulative de la grosseur du grain (cm) (40 $\mu$ m dans ce cas case, et environ 30 à 50 $\mu$ m) en aval de la Medjerda (MARH))

Gs : Poids volumique du matériau de sédimentation (2.65)

W : Poids unitaire de l'eau.

Les hauteurs obtenues ici devraient être moindres que les taux de dénudation (mm/an) de la sédimentation accumulée dans les réservoirs des barrages, par ce que les sédiments du réservoir contiennent à la fois les débits charriés, les matières en suspension et les charges de ruissellement, alors que ces derniers ne sont pas présents dans les matériaux du lit de l'oued. Selon l'étude sur la préservation du bassin réalisée dans le cadre de cette étude JICA, les barrages du bassin de la Medjerda retiennent la plus grande partie des sédiments amenés du bassin-versant situé en amont, et les taux de dénudation ont été estimés à 0,4mm/an au barrage de Siliana et à 0,2 mm/an celui de Sidi Salem. Ceci explique les chiffres particulièrement bas des élévations dans le tableau suivant.

En résumé, la sédimentation moyenne à long terme dans le bassin de la Medjerda se présente comme suit, selon les estimations préliminaires de cette étude.

Zone	B.V*	Longueur d'oued	Retrait vol./an	Taux
	km2	km	mil. m3/year	mm/an
U1	1,154	89.1	0.16	0.070
U2	2,395**	63.9***	0.34	0.070
M	405	18****	0.06	0.070
D1	2,495	83.5	0.35	0.070
D2	1,475	65.0	0.13	0.046

Note:

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

\*\* : La surface du réservoir de Sidi Salem et la zone du bassin versant qui se déverse directement dans le réservoir de Sidi Salem sont exclues.

\*\*\* : Les tronçons de l'oued situés en aval du réservoir de Sidi Salem ne sont pas inclus.

\*\*\*\* : En aval du barrage du Mellègue.

Pour l'estimation du volume des sédiments dans le lit de la rivière en amont du barrage de Sidi Salem, pour lequel les résultats transversaux passés ne sont pas disponibles, on a appliqué le taux de sédimentation de la Zone D1 (voir chapitre A5 pour la définition de « D1 »), parce que le bassin versant de D1 présente des caractéristiques géographiques similaires à celles des bassins situés en amont.

Il convient de noter que la réduction de la capacité de débit dans la Medjerda dépend non seulement des dépôts de sédiments, mais également des buissons qui poussent dans le lit de la rivière, selon plusieurs sources -y compris les résultats précédents- et la situation constatée sur le site. Par exemple, on dit souvent que la largeur du lit de la Medjerda a été réduite de moitié ou même plus durant les deux ou trois dernières décennies, mais ces révélations ne font pas de distinction entre l'impact de la sédimentation et celui de la

végétation. La rugosité plus grande du lit en raison de la présence de buissons touffus et d'arbustes a diminué la capacité de débit du lit de l'oued. Elle a également réduit la capacité de transport des sédiments du lit de la rivière, et a induit une sédimentation supplémentaire.

Ainsi, dans le bassin de la Medjerda, afin de permettre la débitance de l'eau et de maintenir la capacité de débit nominale, il est important de réduire ou de supprimer les buissons du lit, ainsi que les dépôts de sédiments.

### A7.3 En amont du barrage de Sidi Salem

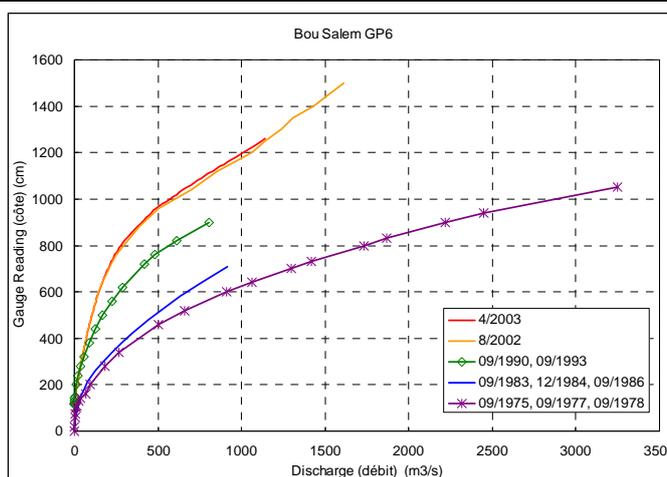
#### A7.3.1 Evolution des capacités de débit

Les variations de la capacité de débit dans les tronçons situés en amont du barrage ont été examinées en utilisant les courbes de tarage des stations de jaugeage de Ghardimaou, Jendouba et Bou Salem. Ces courbes ont été utilisées en raison de l'absence de données transversales pour les tronçons situés en amont.

Le tableau ci-dessous indique les changements de débit à une profondeur de 400cm à chaque station, tandis que le diagramme qui le suit présente un exemple des courbes de tarage à la station de Bou Salem. Ce diagramme révèle qu'à la station de Bou Salem, la section de la rivière pouvait en 1984 atteindre un débit de 380 m<sup>3</sup>/s à une profondeur de 400cm, alors que ce débit n'était plus que de 72m<sup>3</sup>/s pour la même profondeur en 2002.

**Tableau comparatif des débits de 1978, 1983 et 2003 (à une profondeur de 400cm)**

Année	Ghardimaou	Jendouba	Bou Salem
1978	1.0	1.0	1.0
1983	0.67	0.87	0.82
2003	0.52	0.24	0.19



**Evolution des courbes de tarage à la station de jaugeage de Bou Salem**

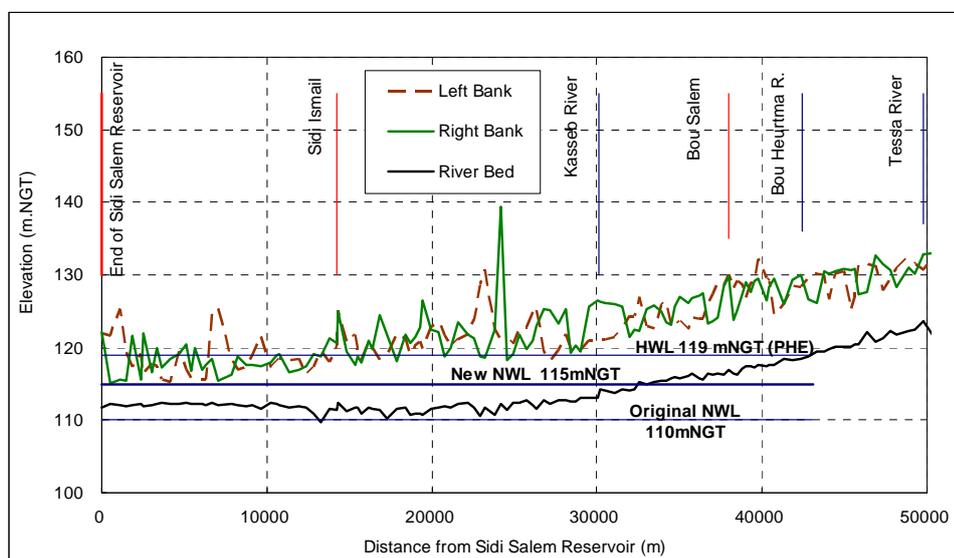
Les changements enregistrés des courbes de tarage impliquent une baisse des capacités de débit au niveau des stations de jaugeage, même s'il n'est pas possible de calculer directement le débit à partir des courbes de tarage parce que leur zéro (normalement au niveau le plus bas du lit de l'oued) fluctue, et les lectures de la jauge ne sont pas

connectées au système d'élévation NGT. De plus, l'examen d'ensembles de courbes en Haute Medjerda semble conduire aux conclusions suivantes.

- La baisse de débit est plus importante à Bou Salem qu'à Jendouba et Ghardimaou.
- La baisse de débit à Bou Salem s'est accélérée dans la seconde moitié des années 80.

#### A7.3.2 Sédimentation à l'extrémité de l'oued en amont du Réservoir de Sidi Salem

On observe que sur 25 km, le tronçon situé près de l'extrémité en amont du Réservoir de Sidi Salem connaît la sédimentation la plus importante, comme le montrent les résultats de l'enquête transversale de 2007 au schéma **A2.2.2(1)**. Le graphique ci-dessous est une amplification du profil du lit dans ce tronçon et montre le niveau d'eau le plus haut (PHE) et le niveau d'eau normal (RN) du réservoir. Le dépôt dans cette zone est supposé être le niveau le plus haut de 'dépôts du delta' (delta du réservoir).



#### Profil du lit de l'oued près de l'extrémité située en amont du réservoir de Sidi Salem

Des analyses non uniformes de la situation avant et après la sédimentation ont été effectuées pour évaluer les impacts potentiels d'un lit d'oued lisse, dû à la sédimentation dans ce tronçon sur les niveaux d'eau en amont. En raison de l'indisponibilité de données géométriques sur l'oued avant la construction du barrage de Sidi Salem, on a retenu l'hypothèse d'une pente du lit parallèle aux berges actuelles comme l'illustre le schéma **A7.3.1**. La simulation a également été faite pour deux niveaux d'eau du réservoir : 110mNGT (haut niveau normal avant 1990) et 115mNGT (haut niveau actuel).

L'extrémité en aval de la section transversale concernée par les données disponibles est le pont de chemin de fer situé à environ 45 km du site du barrage, mais les niveaux d'eau des tronçons en amont sont fortement affectés par l'élévation du lit de la rivière en aval des tronçons étudiés. Des tronçons plats plus longs avec sédimentation peuvent provoquer des niveaux d'eau plus hauts en amont. En raison de l'incertitude des données relatives à l'élévation du lit en aval, la simulation effectuée dans cette étude s'est basée sur des hypothèses pour ce qui est des niveaux maximum et minimum de l'eau.

Le schéma A7.3.1 présente les profils estimatifs de la surface de l'eau. Les principales conclusions de la simulation sont comme suit :

- Les tronçons de l'oued susceptibles d'être affectés par le niveau d'eau du réservoir de Sidi Salem s'étendent jusqu'à environ 30km en amont du pont de chemin de fer (au confluent du Kasseb). Sidi Ismail se trouve dans cette région affectée.
- Cette partie de l'oued présente d'importantes variations de niveau d'eau avant et après la sédimentation (de 3 à 5 m).
- Les tronçons en amont du confluent du Kasseb révèlent des impacts négligeables de la sédimentation du bassin et du changement du niveau normal des eaux, parce que ces tronçons se trouvent au-delà de la section affectée par les remous.
- Bou Salem se trouve dans ce type de tronçons dans lesquels l'impact de la sédimentation du réservoir ou du niveau normal des eaux est minime ou négligeable.

En bref, les résultats de la simulation indiquent que les situations de crue dans la région de Sidi Salem et des tronçons supérieurs sont peu susceptibles d'être affectées par la sédimentation du réservoir ou la hausse du niveau normal de l'eau du réservoir de Sidi Salem.

On dit souvent que les tronçons de la Medjerda qui se trouvent dans la région de Bou Salem sont devenus plus exposés aux crues que dans le passé, et que la raison en est la hausse du niveau normal des eaux du réservoir. Les résultats de cette analyse non-uniforme ne permettent pas de confirmer cette thèse. On pourra explorer d'autres pistes :

- Les archives concernant les courbes de tarage et les sections transversales à la station de jaugeage de Bou Salem indiquent la réduction de la zone de ruissellement, comme indiqué plus haut.
- Le profil du lit de l'oued réalisé sur la base de l'étude topographique de 2007 indique une importante élévation du lit de l'oued au confluent de Tessa et Kasseb, ainsi que le montre le schéma A2.2.2.
- Les données disponibles relatives aux écoulements révèlent que les débits annuels de pointe et les débits moyens à la station de jaugeage de Sidi Salem ont été affectés suite à l'installation du barrage du Mellègue, ainsi que cela est discuté à la **Section A1.5.5**.

L'examen de ces données provenant de différentes sources donne à penser que les tronçons de l'oued situés dans la région de Bou Salem pourraient être plus exposés aux crues que par le passé, mais cette évolution ne paraît pas imputable à l'élévation du niveau d'eau du réservoir. Il semblerait plutôt que c'est la sédimentation plus importante qui constitue le principal facteur d'impact sur les crues, et cette sédimentation pourrait s'expliquer par la réduction des débits suite à l'installation du barrage du Mellègue.

## **CHAPITRE A8 RECOMMANDATIONS SECTORIELLES POUR LES ETAPES SUIVANTES**

Dans le cadre de cette Etude JICA, l'étude hydrologique, comprenant l'analyse du ruissellement et des inondations, vise des résultats appropriés au niveau de plan directeur, permettant de saisir les situations globales de crues dans l'ensemble du bassin pour des scénarios différents. D'autres études hydrologiques qui seront réalisées à des étapes ultérieure de l'Etude, telles qu'une étude de faisabilité, devront fournir des informations plus détaillées pour certaines régions. Lors des études hydrologiques devant être effectuées durant les prochaines étapes des études de gestion des crues pour le bassin de la Medjerda, il est recommandé de se pencher sur les questions suivantes :

(1) Modèle de simulation de l'analyse des inondations (modèle MIKE FLOOD)

- Pour la présente étude, le modèle a été mis au point en utilisant des intervalles d'environ 500m pour les sections transversales, et des grilles topographiques d'une taille de 228mx228m. Ces tailles ont permis d'atteindre des résultats assez exacts pour le niveau d'élaboration de plan directeur d'analyse des inondations. Cependant, les modèles des étapes futures devront avoir une plus grande résolution de la topographie des grilles (grilles plus petites) et des intervalles plus courts entre les sections transversales, de manière à pouvoir simuler des phénomènes hydrauliques plus sporadiques.
- Pour les simulations plus détaillées des étapes suivantes qui adopteront une taille de grille et des intervalles de sections plus réduits, il est proposé que chaque modèle soit conçu pour couvrir une région plus petite, contrairement aux modèles de la présente étude qui couvrent tout l'amont ou tout l'aval du bassin de la Medjerda. Pour couvrir des zones bien ciblées, un modèle devra être réduit, ou alors il faudra diviser le bassin de la Medjerda en plus de deux régions.
- Dans les nouveaux modèles, il faudra inclure des structures qui ne l'ont pas été dans la présente étude, de façon à pouvoir évaluer en détail les situations hydrauliques locales.

(2) Modèle d'analyse du ruissellement

- Il est proposé de diviser les bassins versants en portions plus petites. Il faudra déterminer la taille des sous-bassins en rapport avec la portée et les objectifs des nouveaux modèles d'analyse des crues.

(3) Données hydrologiques

Dans les étapes futures, les analyses hydrologiques détaillées mentionnées plus haut nécessiteront des données hydrologiques actualisées. Nous proposons à cet égard les améliorations suivantes :

- Pour obtenir des données horaires fiables sur les précipitations, le niveau de l'eau et le débit, -essentiels pour les études hydrologiques ultérieures- il faudra améliorer la collecte et le stockage des données horaires. Un nouveau système de collecte de

données hydrologiques et d'alerte aux crues en temps réel, (SYCOHTRAC: Système de Collecte des Données Hydrologiques en Temps Réel et Annonce de Crues), en cours d'installation dans le bassin de la Medjerda, apportera sans doute une amélioration sensible de la gestion des informations hydrologiques sur le bassin.

- Les données relatives au niveau de l'eau, observées par la DGRE, dépendent actuellement de lectures de jauge indépendantes. Elles devront être reliées au système NGT, largement appliqué aux informations topographiques tunisiennes, telles que les altitudes dans les cartes topographiques, les résultats des enquêtes topographiques et la conception structurelle. De plus, ces informations NGT sur la lecture des jauges devraient être divulguées, pour une utilisation facile des informations de la DGRE sur le niveau de l'eau, dans les plans et les activités pratiques.
- Actuellement les données hydrologiques concernant la partie algérienne du bassin de la Medjerda sont communiquées sur une base mensuelle. Dans les étapes ultérieures, il sera nécessaire d'accéder à des informations quotidiennes et horaires pour entreprendre des analyses hydrologiques plus détaillées. On peut envisager, comme option, la possibilité d'obtenir des données auprès de sources autres que les agences algériennes, par exemple auprès d'un système international d'observation par satellite.

## *Tableaux*





**Tableau A1.3.1 Valeurs moyennes mensuelles du climat index**

**Monthly Mean Air Temperature (Temperature Moyenne Mensuelle)**

Unit: oC (en oC)

Station ID	Name (Nom)	Location (Position)		Altitude m	Period		Sep (Sep)	Oct (Oct)	Nov (Nov)	Dec (Dec)	Jan (Jan)	Feb (Feb)	Mar (Mar)	Apr (Avr)	May (Mai)	Jun (Juin)	Jul (Juil)	Aug (Aout)	Ave (Moy)
		Latitude	Longitude		from (de)	to (à)													
11515111	TUNIS_CARTHAGE	36 ° 50 '	10 ° 14 '	4	1985	- 2006	25.3	21.9	16.8	13.2	11.8	12.3	14.2	16.5	20.5	24.6	27.4	28.3	19.4
22323111	BEJA	36 ° 44 '	9 ° 11 '	158	1985	- 2006	24.5	20.4	14.9	11.1	9.8	10.4	12.4	14.8	19.5	23.9	27.1	28.0	18.1
22525111	JENDOUBA	36 ° 29 '	8 ° 48 '	143	1985	- 2006	25.0	20.7	15.1	11.3	10.0	10.8	12.8	15.3	20.3	24.9	28.0	28.6	18.6
23434111	SILIANA	36 ° 4 '	9 ° 22 '	443	1985	- 2006	23.4	19.6	13.9	10.2	8.7	9.5	11.5	14.2	19.3	23.9	26.9	27.2	17.3
23232111	LE-KEF	36 ° 8 '	8 ° 42 '	842	1986	- 2006	23.2	18.9	12.8	9.1	7.8	8.6	11.1	13.8	19.0	23.6	26.6	26.9	16.8

**Monthly Mean Maximum Air Temperature (Temperature Maximale Moyenne)**

Unit: oC (en oC)

Station ID	Name (Nom)	Location (Position)		Altitude m	Period		Sep (Sep)	Oct (Oct)	Nov (Nov)	Dec (Dec)	Jan (Jan)	Feb (Feb)	Mar (Mar)	Apr (Avr)	May (Mai)	Jun (Juin)	Jul (Juil)	Aug (Aout)	Ave (Moy)
		Latitude	Longitude		from (de)	to (à)													
11515111	TUNIS_CARTHAGE	36 ° 50 '	10 ° 14 '	4	1985	- 2006	30.5	26.8	21.2	17.4	16.0	16.8	19.2	21.8	26.2	30.6	33.6	34.3	24.5
22323111	BEJA	36 ° 44 '	9 ° 11 '	158	1985	- 2006	31.8	27.2	20.5	16.2	14.9	16.2	19.0	22.0	27.6	32.5	35.8	36.4	25.0
22525111	JENDOUBA	36 ° 29 '	8 ° 48 '	143	1985	- 2006	32.1	27.4	20.7	16.5	15.2	16.5	19.3	22.2	28.1	33.2	36.6	36.9	25.4
23434111	SILIANA	36 ° 4 '	9 ° 22 '	443	1985	- 2006	30.5	25.9	19.3	13.9	15.1	17.9	21.2	27.0	32.4	35.7	35.6	24.1	
23232111	LE-KEF	36 ° 8 '	8 ° 42 '	842	1986	- 2006	30.3	25.5	18.4	14.3	13.0	14.4	17.6	20.8	26.8	31.9	35.3	35.4	23.7
64646311	THALA				1985	- 2004	26.1	21.4	14.5	10.4	9.2	10.8	13.5	17.0	22.6	28.3	31.8	31.5	19.7

**Monthly Mean Minimum Air Temperature (Temperature minimale moyenne)**

Unit: oC (en oC)

Station ID	Name (Nom)	Location (Position)		Altitude m	Period		Sep (Sep)	Oct (Oct)	Nov (Nov)	Dec (Dec)	Jan (Jan)	Feb (Feb)	Mar (Mar)	Apr (Avr)	May (Mai)	Jun (Juin)	Jul (Juil)	Aug (Aout)	Ave (Moy)
		Latitude	Longitude		from (de)	to (à)													
11515111	TUNIS_CARTHAGE	36 ° 50 '	10 ° 14 '	4	1985	- 2006	20.2	17.0	12.3	9.0	7.5	7.8	9.3	11.3	14.9	18.6	21.3	22.3	14.3
22323111	BEJA	36 ° 44 '	9 ° 11 '	158	1985	- 2006	17.3	13.6	9.2	6.1	4.7	4.7	5.8	7.7	11.4	15.4	18.3	19.6	11.2
22525111	JENDOUBA	36 ° 29 '	8 ° 48 '	143	1985	- 2006	17.8	14.0	9.5	6.1	4.9	5.1	6.4	8.4	12.4	16.7	19.4	20.3	11.8
23434111	SILIANA	36 ° 4 '	9 ° 22 '	443	1985	- 2006	16.4	13.2	8.4	5.1	3.7	3.9	5.2	7.4	11.5	15.4	18.1	18.8	10.6
23232111	LE-KEF	36 ° 8 '	8 ° 42 '	842	1986	- 2006	16.1	12.3	7.2	4.0	2.6	2.7	4.6	6.8	11.2	15.3	17.8	18.4	10.0
64646311	THALA				1985	- 2004	15.1	12.0	6.9	3.8	2.4	2.9	4.4	6.3	10.6	15.0	18.1	18.5	9.7

**Monthly Evaporation (Evaporation Piche mensuelle)**

Unit: mm (en mm)

Station ID	Name (Nom)	Location (Position)		Altitude m	Period		Sep (Sep)	Oct (Oct)	Nov (Nov)	Dec (Dec)	Jan (Jan)	Feb (Feb)	Mar (Mar)	Apr (Avr)	May (Mai)	Jun (Juin)	Jul (Juil)	Aug (Aout)	Total (Moy)
		Latitude	Longitude		from (de)	to (à)													
11515111	TUNIS_CARTHAGE	36 ° 50 '	10 ° 14 '	4	1985	- 2006	151.1	109.1	93.0	77.5	70.3	78.3	108.2	125.3	155.2	194.1	229.2	208.2	1608.3
22323111	BEJA	36 ° 44 '	9 ° 11 '	158	1985	- 2006	181.8	128.9	85.3	60.5	53.6	61.7	82.1	100.5	153.0	213.0	269.4	263.0	1668.7
22525111	JENDOUBA	36 ° 29 '	8 ° 48 '	143	1985	- 2001	181.0	117.5	78.1	58.4	49.2	58.5	86.3	110.9	163.4	221.8	298.0	268.6	1687.4
23434111	SILIANA	36 ° 4 '	9 ° 22 '	443	1985	- 2006	174.8	129.9	84.9	64.4	62.7	72.5	97.7	117.6	183.5	242.3	294.0	265.0	1778.1
23232111	LE-KEF	36 ° 8 '	8 ° 42 '	842	1986	- 2006	177.6	135.7	81.3	60.1	57.8	69.2	98.2	124.0	185.0	234.6	300.9	266.7	1754.1

**Monthly Mean Relative Humidity (Humidite moyenne mensuelle)**

Unit: % (en %)

Station ID	Name (Nom)	Location (Position)		Altitude m	Period		Sep (Sep)	Oct (Oct)	Nov (Nov)	Dec (Dec)	Jan (Jan)	Feb (Feb)	Mar (Mar)	Apr (Avr)	May (Mai)	Jun (Juin)	Jul (Juil)	Aug (Aout)	Ave (Moy)
		Latitude	Longitude		from (de)	to (à)													
11515111	TUNIS_CARTHAGE	36 ° 50 '	10 ° 14 '	4	1985	- 2006	65.9	69.7	71.3	74.9	75.0	72.7	70.2	68.0	65.8	61.6	60.4	61.5	68.0
22323111	BEJA	36 ° 44 '	9 ° 11 '	158	1986-1994, 1999-2006		58.7	65.5	71.3	77.2	77.3	74.7	71.5	69.0	63.8	56.8	51.8	50.6	65.7
22525111	JENDOUBA	36 ° 29 '	8 ° 48 '	143	1985	- 2006	60.2	67.4	72.4	76.7	77.5	74.7	72.6	70.0	64.1	56.5	51.5	52.0	66.3
23434111	SILIANA	36 ° 4 '	9 ° 22 '	443	1985	- 2006	60.8	65.0	70.3	74.4	74.7	72.4	70.1	67.0	61.1	53.5	49.3	50.4	64.2
23232111	LE-KEF	36 ° 8 '	8 ° 42 '	842	1990	- 2006	62.8	65.8	71.1	75.3	76.0	73.0	69.8	67.9	61.9	54.9	49.9	52.9	65.0

**Monthly Sunshine Duration (Insolation mensuelle)**

Unit: hr (en heure)

Station ID	Name (Nom)	Location (Position)		Altitude m	Period		Sep (Sep)	Oct (Oct)	Nov (Nov)	Dec (Dec)	Jan (Jan)	Feb (Feb)	Mar (Mar)	Apr (Avr)	May (Mai)	Jun (Juin)	Jul (Juil)	Aug (Aout)	Total (Moy)
		Latitude	Longitude		from (de)	to (à)													
11515111	TUNIS_CARTHAGE	36 ° 50 '	10 ° 14 '	4	1986	- 2006	249.7	219.2	166.8	153.1	156.5	172.6	216.3	235.9	282.1	304.7	344.2	321.0	2822.8
22323111	BEJA	36 ° 44 '	9 ° 11 '	158	1986	- 2006	225.6	195.5	146.9	125.8	126.9	144.4	191.0	212.3	256.0	277.6	318.5	284.1	2519.0
22525111	JENDOUBA	36 ° 29 '	8 ° 48 '	143	1985	- 2006	242.3	217.7	162.7	147.0	150.6	165.3	205.6	216.3	255.3	267.2	317.2	297.1	2643.9
23434111	SILIANA	36 ° 4 '	9 ° 22 '	443	1986	- 2006	239.4	204.5	159.1	140.6	146.1	158.8	204.5	226.3	268.7	295.0	342.3	310.2	2695.2
23232111	LE-KEF	36 ° 8 '	8 ° 42 '	842	1990	- 2006	242.4	218.4	170.8	151.2	160.7	171.1	215.3	227.5	275.5	303.5	347.0	303.9	2787.9

**Monthly Mean Wind Velocity (Vitesse moyenne du vent)**

Unit: m/s (en m/s)

Station ID	Name (Nom)	Location (Position)		Altitude m	Period		Sep (Sep)	Oct (Oct)	Nov (Nov)	Dec (Dec)	Jan (Jan)	Feb (Feb)	Mar (Mar)	Apr (Avr)	May (Mai)	Jun (Juin)	Jul (Juil)	Aug (Aout)	Ave (Moy)
		Latitude	Longitude		from (de)	to (à)													
11515111	TUNIS_CARTHAGE	36 ° 50 '	10 ° 14 '	4	1993	- 2002	3.7	3.3	3.8	4.0	3.9	4.3	4.1	4.5	4.0	3.8	4.0	3.4	3.9
22323111	BEJA	36 ° 44 '	9 ° 11 '	158	1993-1995, 1998-2002		3.1	2.6	2.7	2.7	3.0	3.2	3.1	3.4	3.1	3.3	3.3	3.0	3.0
22525111	JENDOUBA	36 ° 29 '	8 ° 48 '	143	1993	- 2002	2.0	1.8	2.1	2.3	2.0	2.3	2.0	2.1	2.0	2.1	2.2	2.0	2.0

**Maximum Instantaneous Wind Velocity (Vent Maximum instantaneos)**

Unit: m/s (en m/s)

Station ID	Name (Nom)	Location (Position)		Altitude m	Period		Sep (Sep)	Oct (Oct)	Nov (Nov)	Dec (Dec)	Jan (Jan)	Feb (Feb)	Mar (Mar)	Apr (Avr)	May (Mai)	Jun (Juin)	Jul (Juil)	Aug (Aout)	Ave (Moy)
		Latitude	Longitude		from (de)	to (à)													
11515111	TUNIS_CARTHAGE	36 ° 50 '	10 ° 14 '	4	1985	- 2004	20.2	19.1	20.9	23.8	22.1	23.6	22.5	22.3	20.8	20.0	20.4	19.1	21.2
22323111	BEJA	36 ° 44 '	9 ° 11 '	158	1986	- 2004	18.2	16.0	16.5	19.4	18.6	19.0	19.1	18.5	16.9	16.4	18.2	17.7	18.7
22525111	JENDOUBA	36 ° 29 '	8 ° 48 '	143	1985	- 2004	19.5	17.9	18.5	18.5	18.0	20.3	18.6	18.5	18.2	19.4	19.6	19.9	18.9
23434111	SILIANA	36 ° 4 '	9 ° 22 '	443	1985	- 2004	20.5	17.5	19.0	18.9	19.7	20.4	19.8	20.8	19.4	19.6	19.8	21.2	19.9
23232111	LE-KEF	36 ° 8 '	8 ° 42 '	842	1990	- 2004	19.4	18.4	18.0	18.0	16.7	18.7	18.7	19.5	18.2	19.6	18.0	19.4	20.3
64646311	THALA				1985	- 2004	25.4	24.2	27.5	27.5	26.6	29.4	27.8	27.9	25.2	23.3	24.1	25.0	26.2

**Tableau A1.4.1 Hauteur des précipitations Annual, 2 ans et 3 ans (dans le bassin de la Medjerda)****(1) Annual Rainfall**

Year	Annual	% to	Rainfall	% to	Meteorological Droughts	
	Rainfall*	Average	deficit	Average	dry	very dry
	(mm/y)	a	b (a/Ave.)	c (a-Ave.)	d (c/Ave.)	-50%<d<-30% d<-50%
1968/1969	389.9	77.6	-112.4	-0.22		
1969/1970	691.4	137.6	189.1	0.38		
1970/1971	563.2	112.1	60.9	0.12		
1971/1972	603.0	120.0	100.7	0.20		
1972/1973	721.1	143.6	218.8	0.44		
1973/1974	390.1	77.7	-112.2	-0.22		
1974/1975	482.5	96.1	-19.8	-0.04		
1975/1976	565.0	112.5	62.7	0.12		
1976/1977	470.5	93.7	-31.8	-0.06		
1977/1978	429.0	85.4	-73.3	-0.15		
1978/1979	419.1	83.4	-83.2	-0.17		
1979/1980	484.6	96.5	-17.7	-0.04		
1980/1981	510.5	101.6	8.2	0.02		
1981/1982	512.5	102.0	10.2	0.02		
1982/1983	460.1	91.6	-42.2	-0.08		
1983/1984	452.8	90.1	-49.5	-0.10		
1984/1985	515.8	102.7	13.5	0.03		
1985/1986	378.8	75.4	-123.5	-0.25		
1986/1987	635.5	126.5	133.2	0.27		
1987/1988	347.0	69.1	-155.3	-0.31	dry	
1988/1989	352.8	70.2	-149.5	-0.30		
1989/1990	412.9	82.2	-89.4	-0.18		
1990/1991	637.5	126.9	135.2	0.27		
1991/1992	569.2	113.3	66.9	0.13		
1992/1993	417.3	83.1	-85.0	-0.17		
1993/1994	316.3	63.0	-186.0	-0.37	dry	
1994/1995	358.6	71.4	-143.7	-0.29		
1995/1996	676.1	134.6	173.8	0.35		
1996/1997	376.7	75.0	-125.6	-0.25		
1997/1998	569.5	113.4	67.2	0.13		
1998/1999	515.3	102.6	13.0	0.03		
1999/2000	412.8	82.2	-89.5	-0.18		
2000/2001	464.9	92.6	-37.4	-0.07		
2001/2002	350.2	69.7	-152.1	-0.30	dry	
2002/2003	779.9	155.3	277.6	0.55		
2003/2004	701.0	139.6	198.7	0.40		
2004/2005	628.2	125.1	125.9	0.25		
2005/2006	526.5	104.8	24.2	0.05		
Ave.	502.3	100.0				
Max.	779.9	155.3				
Min.	316.3	63.0				

**(2) 2 and 3 Year Rainfall**

Year	2 year	3 year
	Rain	Rain
	(mm)	(mm)
1968/1969		
1969/1970	1081.3	
1970/1971	1254.6	1644.5
1971/1972	1166.2	1857.6
1972/1973	1324.1	1887.3
1973/1974	1111.2	1714.2
1974/1975	872.6	1593.7
1975/1976	1047.5	1437.6
1976/1977	1035.5	1518.0
1977/1978	899.5	1464.5
1978/1979	848.1	1318.6
1979/1980	903.7	1332.7
1980/1981	995.1	1414.2
1981/1982	1023.0	1507.6
1982/1983	972.6	1483.1
1983/1984	912.9	1425.4
1984/1985	968.6	1428.7
1985/1986	894.6	1347.4
1986/1987	1014.3	1530.1
1987/1988	982.5	1361.3
1988/1989	699.8	1335.3
1989/1990	765.7	1112.7
1990/1991	1050.4	1403.2
1991/1992	1206.7	1619.6
1992/1993	986.5	1624.0
1993/1994	733.6	1302.8
1994/1995	674.9	1092.2
1995/1996	1034.7	1351.0
1996/1997	1052.8	1411.4
1997/1998	946.2	1622.3
1998/1999	1084.8	1461.5
1999/2000	928.1	1497.6
2000/2001	877.7	1393.0
2001/2002	815.1	1227.9
2002/2003	1130.1	1595.0
2003/2004	1480.9	1831.1
2004/2005	1329.2	2109.1
2005/2006	1154.7	1855.7
Ave.	1007.0	1503.1
Max.	1480.9	2109.1
Min.	674.9	1092.2

**(3) Ranking of Annual, 2 Year and 3 Year Rainfall**

from 1968/1969 to 2005/2006

Order	Annual Rain*		2 years Rain		3 years Rain	
	Year	mm/year	Year	mm in 2 years	Year	mm in 3 years
1	1993/1994	316.3	1994/1995	674.9	1994/1995	1092.2
2	1987/1988	347.0	1988/1989	699.8	1989/1990	1112.7
3	2001/2002	350.2	1993/1994	733.6	2001/2002	1227.9
4	1988/1989	352.8	1989/1990	765.7	1993/1994	1302.8
5	1994/1995	358.6	2001/2002	815.1	1978/1979	1318.6
6	1996/1997	376.7	1978/1979	848.1	1979/1980	1332.7
7	1985/1986	378.8	1974/1975	872.6	1988/1989	1335.3
8	1968/1969	389.9	2000/2001	877.7	1985/1986	1347.4
9	1973/1974	390.1	1985/1986	894.6	1995/1996	1351.0
10	1999/2000	412.8	1977/1978	899.5	1987/1988	1361.3
11	1989/1990	412.9	1979/1980	903.7	2000/2001	1393.0
12	1992/1993	417.3	1983/1984	912.9	1990/1991	1403.2
13	1978/1979	419.1	1999/2000	928.1	1996/1997	1411.4
14	1977/1978	429.0	1997/1998	946.2	1980/1981	1414.2
15	1983/1984	452.8	1984/1985	968.6	1983/1984	1425.4
16	1982/1983	460.1	1982/1983	972.6	1984/1985	1428.7
17	2000/2001	464.9	1987/1988	982.5	1975/1976	1437.6
18	1976/1977	470.5	1992/1993	986.5	1998/1999	1461.5
19	1974/1975	482.5	1980/1981	995.1	1977/1978	1464.5
20	1979/1980	484.6	1986/1987	1014.3	1982/1983	1483.1
21	1980/1981	510.5	1981/1982	1023.0	1999/2000	1497.6
22	1981/1982	512.5	1995/1996	1034.7	1981/1982	1507.6
23	1998/1999	515.3	1976/1977	1035.5	1976/1977	1518.0
24	1984/1985	515.8	1975/1976	1047.5	1986/1987	1530.1
25	2005/2006	526.5	1990/1991	1050.4	1974/1975	1593.7
26	1970/1971	563.2	1996/1997	1052.8	2002/2003	1595.0
27	1975/1976	565.0	1969/1970	1081.3	1991/1992	1619.6
28	1991/1992	569.2	1998/1999	1084.8	1997/1998	1622.3
29	1997/1998	569.5	1973/1974	1111.2	1992/1993	1624.0
30	1971/1972	603.0	2002/2003	1130.1	1970/1971	1644.5
31	2004/2005	628.2	2005/2006	1154.7	1973/1974	1714.2
32	1986/1987	635.5	1971/1972	1166.2	2003/2004	1831.1
33	1990/1991	637.5	1991/1992	1206.7	2005/2006	1855.7
34	1995/1996	676.1	1970/1971	1254.6	1971/1972	1857.6
35	1969/1970	691.4	1972/1973	1324.1	1972/1973	1887.3
36	2003/2004	701.0	2004/2005	1329.2	2004/2005	2109.1
37	1972/1973	721.1	2003/2004	1480.9		
38	2002/2003	779.9				

Note : \* Arithmetic mean of 82 stations in the Mejerda Basin

**Tableau A1.4.2 Probable 6 jours pluies à les principaux stations**

unité : mm en 6 jours

Sub-basin	Upper Mejerda, Left Bank				Mellegue		Tessa	Silia		Lower Mejerda		
Station :	1485528801 RAGHAY SUPERIEU R	1485013801 AIN DEBBA	1485126801 BEN METIR 2 SM	1485265901 FERNANA OUED RHEZALA	1485499003 OUED MELLEGUE K 13	1485361903 KEF CMA	1485251003 DEHMANI MUNICIPAL ITE	1485059104 AKOUAT GARE	1485755802 TEBOURSO UK SM	1485683202 SLOUGUIA	1485309602 HERY EL	1485079124 BATANE ECOLE
Return period	2 year	5 year	10 year	20 year	50 year	100 year	2 year	5 year	10 year	20 year	50 year	100 year
	80	200	170	140	50	65	70	65	90	60	65	60
	100	260	240	180	70	95	95	85	115	85	90	90
	120	300	290	210	90	115	100	95	135	105	100	105
	140	340	340	240	100	130	130	110	160	135	110	125
	180	390	420	290	120	155	150	120	200	180	130	155
	200	420	480	320	140	170	170	130	230	220	140	180
Distribution	Log Pearson Type III				Log Normal		Log Normal	GEV		GEV		

Tableau A1.5.1 Débit annuelle maximale

Station		Ghardimaou (1 490 km2)			Jendouba (2 414 km2)			Bou Salem (16 483 km2)			Mejez El Bab (21 185 km2)			K13 (9 000 km2)			
Year (Annee)	Dam started Operation (installation des barrages)	Date	Q annual max (instant.) m3/s	Source	Date	Q annual max (instant.) m3/s	Source	Date	Q annual max (instant.) m3/s	Source	Date	Q annual max (instant.) m3/s	Source	Date	Q annual max (instant.) m3/s	Source	
1897/1898					1898/3/8	724	1										
1898/1899					1899/3/14	88.4	1										
1899/1900					1900/1/21	521	1										
1900/1901					1900/11/13	275	1										
1901/1902					1902/4/24	142	1										
1902/1903					1903/3/31	136	1										
1903/1904					1904/1/28	184	1										
1904/1905					1905/2/19	94.3	1										
1905/1906					1906/2/8	508	1										
1906/1907					1907/2/17	1610	1										
1907/1908					1908/3/23	639	1										
1908/1909					1908/12/22	508	1										
1909/1910					1910/2/12	335	1										
1910/1911					1910/12/31	159	1										
1911/1912					1911/11/13	105	1										
1912/1913					1913/2/23	617	1										
1913/1914					1914/2/15	171	1										
1914/1915					1915/4/13	199	1										
1915/1916					1915/12/16	203	1										
1916/1917					1916/11/27	405	1										
1917/1918					1917/11/29	191	1										
1918/1919					1919/1/28	292	1										
1919/1920					1920/2/4	159	1										
1920/1921					1921/4/8	125	1										
1921/1922					1922/2/25	381	1										
1922/1923																	
1923/1924					1924/1/3	123	1								80	8	
1924/1925					1924/12/10	168	1							1925/8/16	118	1	
1925/1926					1926/2/12	251	1		1925/9/29	452	1			1926/8/28	253	1	
1926/1927					1927/1/11	342	1		1927/1/10	431	1			1927/5/6	388	1	
1927/1928					1928/4/4	285	1		1928/4/4	1220	1			1928/5/3	1270	1	
1928/1929					1929/2/18	488	1		1929/3/27	1760	1			1928/9/15	460	1	
1929/1930					1930/2/17	114	1							1930/2/16	317	1	
1930/1931					1931/2/10	311	1		1931/2/10	578	1			1931/4/14	1030	1	
1931/1932					1931/12/14	488	1		1931/12/14	2060	1			1931/12/13	341	1	
1932/1933					1933/1/23	177	1		1933/1/23	496	1			1932/9/28	371	1	
1933/1934					1934/3/5	206	1		1934/3/6	307	1			1934/4/25	277	1	
1934/1935					1935/1/3	709	1		1935/1/3	894	1			1934/11/26	186	1	
1935/1936					1936/2/15	168	1		1935/9/15	150	1			1935/9/15	425	1	
1936/1937					1936/11/16	342	1		1936/11/16	1420	1			1936/11/15	520	1	
1937/1938					1938/2/5	140	1		1938/2/5	310	1			1938/8/27	99.8	1	
1938/1939					1939/2/28	268	1		1939/2/5	566	1			1939/4/16	539	1	
1939/1940					1940/1/26	1400	1		1940/1/26	1780	1			1940/1/26	98.4	1	
1940/1941					1941/2/9	140	1		1941/5/24	231	1			1941/5/23	283	1	
1941/1942					1942/3/1	1130	1		1942/3/1	943	1			1941/10/3	1060	1	
1942/1943					1944/2/17	91.6	1		1943/4/25	150	1			1942/9/18	127	1	
1943/1944									1943/11/6	351	1			1943/11/5	825	1	
1944/1945					1945/2/7	209	1		1944/9/10	196	1			1944/9/9	431	1	
1945/1946					1946/3/18	342	1		1946/1/27	743	1			1946/1/27	863	1	
1946/1947					1946/12/17	626	1		1946/12/17	911	1			1947/8/25	412	1	
1947/1948					1947/10/12	80.8	1		1947/10/11	1700	1	1947/10/12	1280	1	1948/2/28	2000	1
1948/1949					1949/1/16	331	1		1949/1/7	718	1	1948/11/13	891	1	1949/1/6	923	1
1949/1950		1950/3/4	185	1	1950/3/5	162	1		1950/3/5	383	1	1950/3/5	310	1	1950/4/16	398	1
1950/1951		1951/1/30	82.9	1					1951/5/6	191	1	1951/5/7	158	1	1951/6/2	569	1
1951/1952		1951/12/30	372	1					1951/12/31	651	1	1951/10/6	561	1	1951/10/5	1000	1
1952/1953		1953/1/28	504	1					1952/12/7	904	1	1952/12/8	981	1	1953/8/5	493	1
1953/1954	Mellegue	1953/11/5	326	1					1954/2/22	478	1	1954/2/22	496	1	1953/10/21	244	1
1954/1955		1955/2/8	350	1					1954/12/15	322	1	1954/12/15	298	1	1955/8/25	548	1
1955/1956		1956/2/8	226	1					1956/2/8	465	1	1956/2/8	612	1	1955/10/24	1060	1
1956/1957		1957/1/27	150	1					1957/2/3	255	1	1957/1/24	241	1	1957/5/2	446	1
1957/1958		1958/1/18	330	1					1958/1/15	515	1	1957/11/17	632	1	1957/10/6	3340	1
1958/1959		1959/4/2	660	1					1959/3/14	1140	1	1959/3/15	1490	1	1959/6/7	1070	1
1959/1960		1960/5/5	210	1					1960/5/6	254	1	1960/5/7	202	1	1960/5/5	336	1
1960/1961		1961/1/27	112	1					1961/1/28	337	1	1961/1/28	255	1	1960/10/5	297	1
1961/1962		1962/2/19	412	1					1962/2/13	603	1	1962/2/13	675	1	1962/2/13	300	1
1962/1963		1963/4/20	529	1					1963/4/21	672	1	1963/4/21	746	1	1963/6/24	418	1
1963/1964		1964/1/30	266	1					1964/1/30	587	1	1964/1/31	756	1	1963/9/6	720	1
1964/1965		1965/1/22	282	1					1965/1/22	449	1	1964/10/31	686	1	1964/10/31	1230	1
1965/1966		1966/4/23	188	1					1966/4/23	685	1	1966/4/24	768	1	1966/5/14	392	1
1966/1967		1967/3/21	93.5	1					1967/3/9	119	1	1967/2/10	186	1	1967/4/22	627	1
1967/1968		1967/12/13	165	1					1968/1/23	167	1	1968/1/22	348	1	1967/9/12	950	1
1968/1969		1969/1/4	58.2	1	1969/1/4	106	1		1969/1/4	118	1	1969/1/5	268	1	1969/3/26	130	1
1969/1970		1969/12/25	650	1	1969/12/25	508	1		1969/9/28	1490	1	1969/9/28	1440	1	1969/9/27	4480	1
1970/1971			236	1		220	1			381	1		545	1		199	1
1971/1972			185	1		314	1			174	1		296	1		190	1
1972/1973			2370	1		2420	1			3180	1		3500	1		1280	1
1973/1974			48	1		61	1			86	1		212	1		315	1
1974/1975			518	1		724	1			620	1		689	1		1350	1
1975/1976	Bou Heurtma		167	1		221	1			210	1		428	1		775	1
1976/1977			1013	1		970	1			743	1		880	1		519	8
1977/1978																472	8
1978/1979									1979/4/18	410	2.3					1350	8
1979/1980									1979/11/4	484	2.3					487	8
1980/1981									1981/2/7	145	2.3					381	8
1981/1982									1982/3/23	211	2.3					544	8
1982/1983									1982/12/27	327	2.3					1120	8
1983/1984									1984/2/5	583	2.3					415	8
1984/1985									1985/1/1	917	2.3					485	8
1985/1986									1986/3/16	81	2.3					365	8
1986/1987		1987/4/14	350	3	1987/2/14	415	3		1987/2/14	788	2.3					441	8
1987/1988		1988/3/9	51.3	3	1988/3/7	123	3		1988/3/7	152	2.3					881	8
1988/1989		1989/2/16	51.3	3	1989/2/16	31	3		1988/10/7	321	2.3					1240	8
1989/1990		1989/10/8	10.8	3	1990/3/24	16.2	2		1989/9/3	320	2.3						
1990/1991		1991/3/19	382	3	1991/3/19	425	3		1990/11/17	595	2.3	1991/1/29	304	3	1990/11/16	971	3
1991/1992		1992/5/25	300	3	1992/4/11	653	3		1992/5/26	776	2.3					1300	8
1992/1993		1993/1/1	123	2.3	1993/1/1	105	3		1993/1/2	100	2.3	1993/1/14	250	3	1		

**Tableau 3.1.1 Crues et évènements majeurs dans le bassin de la Medjerda**

Année	Mois	Description
1907	Fev.	<b>Crue</b>
1909 -		Canal Mabtough (30m) construit
1928	Fev.	Crue
1929	Mar.	<b>Crue</b>
1931	Dec.	Crue
1936	Nov.	<b>Crue</b>
1940	Jan.	<b>Crue</b>
1947	Oct.	<b>Crue</b>
1948	Nov.	Crue
1952	Jan. ou Fev.	<b>Crue</b>
1953*		Ouverture du lit de crue de la Medjerda au niveau de l'estuaire
1954	Mar.	<b>Démarrage de l'exploitation du Barrage Mellegue</b>
1955*		Construction d'un raccourci à Bizerte
1965*		<b>Démarrage de l'exploitation du barrage Larrousia</b>
1958*		Construction d'un raccourci en amont de Bizerte
1959	Mar. – Avr.	<b>Crue</b>
1969	Sep. – Oct.	<b>Crue</b>
1973	Mar.	<b>Crue</b>
1976		<b>Démarrage de l'exploitation du barrage Bou Heurtma</b>
1981		<b>Démarrage de l'exploitation du barrage Sidi Salem</b>
1984		Démarrage de l'exploitation du canal du Cap Bon (à partir du Barrage Larrousia)
1987		<b>Démarrage de l'exploitation du barrage Siliana</b>
1990		<b>Démarrage de l'exploitation du barrage Tobias (déversoir à vanne)</b>
1997, 1999		<b>Barrage Sidi Salem: élévation du niveau d'eau normal de 110 à 115 NGTm</b>
2000	Mai	<b>Crue</b>
2003	Jan. – Fev.	<b>Crue</b>
2003	Sep.	Crue
2004	(Dec. '03- ) Jan. – Fev.	<b>Crue</b>
2005	Jan. – Fev.	Crue

Note: \*: Année à confirmer

Bold: Crues et événements majeurs

Tableau A4.1.1 Apport annuel sur les sites des barrages

en million m <sup>3</sup> .																						Apport annuel								
Barrage	Zouitina	Sarrath	Mellegue	Tessa	Ben M'Tir	Bou Heurtma	Kasseb	Beja	Sidi Salem	Khaled	Lakhmes	Siliana	R'Mil	El Kebir	Zerga	El Moulou	Sidi Barak	Ziatine	Gamgoun	El Harka	Sejnane	Douimis	Melah	Joumine	Ghezala	Tine	année	Apport annuel		
année																										Total		Mj+Nord	un an	
1946	143.7	13.5	92.1	19.2	73.5	222.5	80.6	28.7	906.8	5.1	2.5	48.9	6.5	42.2	29.2	31.8	278.4	37.6	13.2	14.8	168.4	16.3	35.4	259.8	16.0	44.8	1946	1643.6	987.7	2631.3
1947	54.7	36.6	335.5	49.2	19.8	75.6	26.9	9.6	647.2	13.0	5.9	32.4	7.5	14.3	9.9	12.0	117.6	16.3	5.7	6.4	74.9	6.1	13.3	80.3	6.0	13.8	1947	1314.0	376.7	1690.7
1948	119.0	31.8	284.4	42.9	78.5	250.3	64.6	23.0	1389.5	11.3	34.6	155.1	32.8	35.7	24.8	28.2	260.1	32.4	11.4	12.8	135.6	13.0	28.1	203.8	12.7	35.1	1948	2517.9	833.6	3351.5
1949	89.4	13.3	89.4	18.8	43.9	148.9	54.1	19.3	685.2	5.0	9.2	57.7	7.3	33.8	23.5	26.5	241.7	27.7	9.7	10.9	106.0	10.1	22.0	159.6	10.0	27.5	1949	1241.5	709.0	1950.6
1950	53.5	17.3	131.7	24.1	23.8	87.6	37.1	13.2	419.9	6.4	7.2	38.2	10.2	14.1	9.7	11.7	113.2	15.5	5.4	6.1	70.1	5.8	12.5	75.9	5.6	13.1	1950	870.1	358.6	1228.6
1951	118.3	34.5	313.5	46.5	57.4	193.6	60.8	21.7	1231.4	12.3	9.4	58.2	10.3	38.5	26.7	30.5	283.7	34.0	12.0	13.4	136.7	13.4	29.1	215.8	13.1	37.2	1951	2167.9	883.9	3051.8
1952	129.2	24.7	210.3	33.8	56.6	187.5	70.8	25.3	1333.5	8.9	11.9	59.3	12.8	40.3	27.9	31.5	287.4	35.5	12.5	14.0	147.1	14.4	31.4	232.5	14.2	40.1	1952	2164.5	928.7	3093.2
1953	147.5	17.7	135.7	24.6	77.3	249.9	71.0	25.3	1260.8	6.5	21.7	75.0	19.7	43.2	29.9	33.7	307.1	37.4	13.1	14.7	152.4	15.1	32.8	245.1	14.8	42.3	1953	2132.6	981.4	3114.0
1954	62.6	12.8	84.6	18.2	26.9	99.5	39.4	14.0	421.6	4.8	2.6	16.0	3.1	15.4	10.7	12.9	126.5	16.3	5.7	6.4	70.3	5.9	12.8	80.6	5.8	13.9	1954	806.1	383.3	1189.4
1955	120.0	20.3	163.1	27.9	65.1	209.1	84.6	30.2	1033.3	7.4	17.8	96.6	18.9	36.7	25.4	28.9	265.2	34.3	12.1	13.5	148.3	15.5	33.7	242.7	15.2	58.9	1955	1894.2	930.4	2824.6
1956	89.6	14.6	103.9	20.6	35.9	124.9	48.1	17.2	568.9	5.4	1.2	10.3	1.7	29.0	20.1	22.5	204.0	29.3	10.3	11.5	137.7	14.6	31.6	197.8	14.3	75.7	1956	1042.3	798.3	1840.5
1957	107.8	27.1	235.4	36.8	53.9	166.9	55.4	19.7	1104.0	9.7	15.0	40.2	12.6	37.8	26.2	29.6	271.6	35.0	12.3	13.8	151.1	14.3	31.1	224.3	14.0	37.6	1957	1884.4	898.6	2783.1
1958	128.0	19.6	156.7	27.2	67.4	243.4	55.0	19.6	1236.5	7.2	25.6	78.1	21.9	33.6	23.3	26.9	253.0	31.3	11.0	12.3	129.3	12.4	27.0	185.4	12.2	41.2	1958	2086.2	799.0	2885.2
1959	69.2	18.3	142.5	25.4	24.8	112.4	42.8	15.3	788.0	6.7	5.4	29.8	6.4	30.8	21.3	25.1	239.9	22.3	7.9	8.8	62.4	6.3	13.6	95.2	6.2	23.0	1959	1286.9	562.7	1849.5
1960	61.2	9.9	53.6	14.4	25.2	70.0	37.1	13.2	448.5	3.8	1.5	9.2	1.8	17.9	12.4	12.2	93.5	11.4	4.0	4.5	47.1	4.7	10.1	32.1	4.6	40.1	1960	749.5	294.5	1044.0
1961	58.6	15.7	114.7	22.0	39.8	84.2	34.4	12.3	549.2	5.8	7.1	32.4	6.9	12.4	8.6	9.3	81.0	11.1	3.9	4.4	50.5	6.7	14.6	101.1	6.6	43.9	1961	983.0	354.0	1336.9
1962	100.4	16.5	123.6	23.1	45.5	164.5	60.8	21.7	665.0	6.1	2.3	30.1	4.2	36.6	25.3	33.6	355.6	39.4	13.9	15.5	144.8	16.1	35.0	275.8	15.8	57.2	1962	1263.6	1064.5	2328.1
1963	61.1	27.6	240.3	37.4	30.6	103.2	32.6	11.6	677.5	9.9	21.1	89.5	20.8	21.2	14.7	15.4	129.7	16.6	5.9	6.5	71.2	5.9	12.7	62.3	5.8	23.2	1963	1363.1	391.0	1754.1
1964	78.1	16.7	126.0	23.4	45.8	152.8	43.0	15.3	934.9	6.2	17.9	78.4	17.3	29.5	20.5	30.8	357.0	40.6	14.3	16.0	154.0	14.3	30.9	208.6	14.0	42.2	1964	1555.6	972.7	2528.3
1965	67.8	14.0	97.0	19.8	27.3	96.4	43.4	15.5	521.0	5.2	2.5	23.7	4.7	34.0	23.6	30.6	319.8	26.7	9.4	10.5	58.7	4.5	9.7	50.7	4.4	10.1	1965	938.3	592.7	1531.0
1966	57.1	15.7	115.2	22.0	22.2	81.1	34.5	12.3	408.3	5.8	2.7	22.1	3.0	20.7	14.3	16.5	154.7	23.8	8.4	9.4	117.5	8.9	19.3	108.2	8.7	15.0	1966	802.0	525.3	1327.3
1967	49.8	22.4	186.0	30.8	12.2	44.0	37.1	13.2	555.1	8.1	5.2	55.9	9.1	10.5	7.2	8.3	77.5	10.1	3.5	4.0	43.6	3.5	7.6	45.8	3.4	7.0	1967	1028.9	232.0	1261.0
1968	55.5	10.3	58.0	15.0	11.3	45.3	30.9	11.0	298.1	4.0	1.0	9.2	1.6	13.4	9.3	10.9	103.3	14.5	5.1	5.7	67.1	4.7	10.3	39.5	4.7	14.4	1968	551.1	302.7	853.9
1969	101.7	81.2	804.9	107.1	45.9	161.1	46.8	16.7	1595.0	28.3	69.3	264.6	67.1	37.2	25.8	27.3	232.8	28.9	10.2	11.4	120.1	13.2	28.7	224.4	12.9	46.1	1969	3389.5	818.9	4208.5
1970	91.3	17.7	136.5	20.5	41.1	158.1	52.0	18.5	692.0	5.4	14.5	73.6	15.3	48.7	33.7	30.1	197.5	32.6	11.4	12.8	168.1	14.1	30.7	179.4	13.9	41.2	1970	1336.4	814.3	2150.7
1971	81.6	24.1	203.7	39.9	37.5	111.9	53.5	19.1	771.5	10.5	8.2	70.5	12.6	29.4	20.4	22.3	197.9	20.3	7.1	8.0	67.2	6.6	14.2	60.4	6.4	46.1	1971	1444.4	506.3	1950.8
1972	115.2	48.1	456.8	209.2	47.4	176.7	68.1	24.3	2012.5	55.2	49.3	251.2	47.6	53.9	37.3	62.7	775.0	65.8	23.2	25.9	150.7	18.0	39.1	300.7	17.7	81.2	1972	3561.7	1651.2	5212.8
1973	96.0	10.9	65.0	37.9	19.8	51.3	15.2	5.4	370.8	10.0	32.3	72.5	21.4	5.9	4.1	5.2	53.5	9.3	3.3	3.6	49.3	5.4	11.7	52.6	5.3	41.9	1973	808.5	251.0	1059.6
1974	78.4	21.8	178.9	31.3	36.0	129.7	34.9	12.4	532.6	8.3	14.0	32.0	8.4	17.0	11.8	14.2	137.7	19.4	6.8	7.6	89.9	9.7	21.1	146.7	9.5	43.8	1974	1118.5	535.3	1653.8
1975	48.2	19.6	156.0	86.6	18.0	87.0	23.3	8.3	587.2	22.9	22.5	87.3	21.1	13.3	9.2	11.1	108.6	20.1	7.1	7.9	110.2	9.4	20.3	108.5	9.2	35.1	1975	1187.8	469.9	1657.6
1976	49.7	22.2	183.3	45.5	32.3	94.0	32.8	11.7	663.3	12.0	18.3	59.0	10.8	14.9	10.3	12.3	119.6	15.1	5.3	5.9	63.6	6.2	13.4	61.3	6.1	40.2	1976	1234.9	374.1	1609.0
1977	57.4	33.1	140.1	22.3	45.6	119.9	42.8	15.3	579.8	5.9	4.7	23.5	4.9	30.1	20.9	22.8	200.9	20.7	7.3	8.2	69.1	7.6	16.6	128.7	7.5	13.0	1977	1095.2	553.4	1648.5
1978	76.5	25.1	180.9	15.7	37.6	100.5	37.1	13.2	603.8	4.1	4.0	12.4	2.7	25.5	17.6	15.0	88.1	17.2	6.0	6.7	96.4	7.5	16.3	79.8	7.4	5.2	1978	1113.6	388.7	1502.3
1979	49.0	16.0	108.5	37.8	48.0	118.7	43.3	15.4	529.5	10.0	3.2	12.9	5.2	20.3	14.1	18.9	201.6	26.0	9.1	10.2	111.7	10.4	22.6	163.6	10.2	25.4	1979	997.5	644.0	1641.5
1980	75.3	10.8	146.2	26.2	111.5	189.5	141.6	50.5	1128.1	6.9	3.8	67.3	10.3	23.7	16.4	20.1	198.9	23.6	8.3	9.3	94.1	8.5	18.3	137.3	8.3	35.6	1980	1968.0	602.4	2570.4
1981	68.5	23.5	224.9	14.5	45.3	118.9	84.4	30.1	825.0	3.8	2.9	26.6	6.3	26.4	18.2	21.1	197.8	23.6	8.3	9.3	94.2	8.1	17.6	118.7	8.0	4.7	1981	1474.5	555.9	2030.5
1982	74.7	15.8	111.4	30.2	41.8	129.5	44.9	16.0	720.7	8.0	6.3	55.3	16.8	20.4	14.1	16.5	155.6	25.4	8.9	10.0	130.4	14.1	30.5	232.2	13.8	69.4	1982	1271.3	741.3	2012.6
1983	87.2	11.4	95.5	15.6	54.0	179.9	46.0	16.4	834.5	4.1	4.2	15.0	2.3	23.1	16.0	18.7	177.6	21.1	7.4	8.3	83.8	5.6	12.1	52.1	5.5	7.4	1983	1366.0	438.7	1804.6
1984	84.6	46.4	138.8	30.3	61.0	218.3	55.9	19.9	960.7	8.0	5.9	21.5	9.2	40.2	27.8	28.2	227.2	29.1	10.2	11.5	124.7	10.1	22.0	102.5	9.9	51.6	1984	1660.4	694.9	2355.3
1985	33.4	14.6	103.2	20.5	27.0	73.1	26.4	9.4	371.8	5.4	3.5	24.8	4.6	10.1	7.0	8.6	85.7	12.2	4.3	4.8	56.9	4.4	9.6	53.3	20.0	9.8	1985	717.8	286.5	1004.3
1986	117.9	17.0	128.1	23.6	98.0	245.3	80.1	28.6	1276.9	6.2	7.4	49.2	10.2	25.2	17.4	20.4	193.0	25.0	8.8	9.8	108.3	9.7	21.0	140.2	20.6	25.7	1986	2088.5	625.1	2713.6
1987	51.2	18.5	144.2	25.6	26.0	53.7	29.9	10.7	418.6																					

**Tableau A4.1.2 Apport annuel, deux années consécutives et trois années consécutives**

(a) Chroniced Inflow

year	Inflow					
	1 year	% of ave	Consecutive years		Interval 2 years	Interval 3 years
	M m3	%	M m3	M m3	M m3	M m3
1946	2631.3	137.6				
1947	1690.7	88.4	4322.0			
1948	3351.5	175.3	5042.2	7673.5	5042.2	
1949	1950.6	102.0	5302.0	6992.7		6992.7
1950	1228.6	64.3	3179.2	6530.7	3179.2	
1951	3051.8	159.6	4280.5	6231.0		
1952	3093.2	161.8	6145.0	7373.7	6145.0	7373.7
1953	3114.0	162.9	6207.1	9259.0		
1954	1189.4	62.2	4303.3	7396.5	4303.3	
1955	2824.6	147.7	4013.9	7127.9		7127.9
1956	1840.5	96.3	4665.1	5854.5	4665.1	
1957	2783.1	145.6	4623.6	7448.2		
1958	2885.2	150.9	5668.2	7508.8	5668.2	7508.8
1959	1849.5	96.7	4734.7	7517.8		
1960	1044.0	54.6	2893.6	5778.7	2893.6	
1961	1336.9	69.9	2381.0	4230.5		4230.5
1962	2328.1	121.8	3665.1	4709.1	3665.1	
1963	1754.1	91.7	4082.2	5419.2		
1964	2528.3	132.2	4282.4	6610.5	4282.4	6610.5
1965	1531.0	80.1	4059.2	5813.3		
1966	1327.3	69.4	2858.3	5386.5	2858.3	
1967	1261.0	65.9	2588.3	4119.2		4119.2
1968	853.9	44.7	2114.9	3442.1	2114.9	
1969	4208.5	220.1	5062.3	6323.3		
1970	2150.7	112.5	6359.1	7213.0	6359.1	7213.0
1971	1950.8	102.0	4101.4	8309.9		
1972	5212.8	272.6	7163.6	9314.2	7163.6	
1973	1059.6	55.4	6272.4	8223.1		8223.1
1974	1653.8	86.5	2713.3	7926.2	2713.3	
1975	1657.6	86.7	3311.4	4371.0		
1976	1609.0	84.2	3266.7	4920.5	3266.7	4920.5
1977	1648.5	86.2	3257.6	4915.2		
1978	1502.3	78.6	3150.8	4759.9	3150.8	
1979	1641.5	85.8	3143.8	4792.3		4792.3
1980	2570.4	134.4	4211.9	5714.2	4211.9	
1981	2030.5	106.2	4600.9	6242.4		
1982	2012.6	105.3	4043.0	6613.4	4043.0	6613.4
1983	1804.6	94.4	3817.2	5847.7		
1984	2355.3	123.2	4160.0	6172.5	4160.0	
1985	1004.3	52.5	3359.7	5164.3		5164.3
1986	2713.6	141.9	3717.9	6073.2	3717.9	
1987	965.2	50.5	3678.7	4683.1		
1988	616.9	32.3	1582.1	4295.7	1582.1	4295.7
1989	789.1	41.3	1406.0	2371.2		
1990	2670.4	139.7	3459.5	4076.4	3459.5	
1991	1066.0	55.8	3736.4	4525.5		4525.5
1992	985.9	51.6	2051.9	4722.3	2051.9	
1993	504.4	26.4	1490.3	2556.3		
1994	714.2	37.4	1218.6	2204.5	1218.6	2204.5
1995	2446.6	128.0	3160.8	3665.2		
1996	649.6	34.0	3096.2	3810.5	3096.2	
1997	1785.1	93.4	2434.8	4881.4		4881.4

Max 5212.81  
Min 504.43  
Mean 1912.08  
Media 1769.61

(b) Ranking

Rank	1 year						2 years (interval)						**One cycle once in N years
	N= 52		Thomas		% of ave	N= 25		Thomas		Interval (2 yrs)			
	Year	Inflow	T	F		Year	Inflow	T	F				
	M m3	%	M m3	%	M m3	%	M m3	%					
1	1993	504.43	0.9811	0.0189	26.4	1994	1218.6	0.9615	0.0385	1/26.0	52.0		
2	1988	616.93	0.9623	0.0377	32.3	1988	1582.1	0.9231	0.0769	1/13.0	26.0		
3	1996	649.65	0.9434	0.0566	34.0	1992	2051.9	0.8846	0.1154	1/8.7	17.3		
4	1994	714.21	0.9245	0.0755	37.4	1968	2114.9	0.8462	0.1538	1/6.5	13.0		
5	1989	789.09	0.9057	0.0943	41.3	1974	2713.3	0.8077	0.1923	1/5.2	10.4		
6	1968	853.88	0.8868	0.1132	44.7	1966	2858.3	0.7692	0.2308	1/4.3	8.7		
7	1987	965.16	0.8679	0.1321	50.5	1960	2893.6	0.7308	0.2692	1/3.7	7.4		
8	1992	985.85	0.8491	0.1509	51.6	1996	3096.2	0.6923	0.3077	1/3.3	6.5		
9	1985	1004.34	0.8302	0.1698	52.5	1978	3150.8	0.6538	0.3462	1/2.9	5.8		
10	1960	1044.04	0.8113	0.1887	54.6	1950	3179.2	0.6154	0.3846	1/2.6	5.2		
11	1973	1059.56	0.7925	0.2075	55.4	1976	3266.7	0.5769	0.4231	1/2.4	4.7		
12	1991	1066.03	0.7736	0.2264	55.8	1990	3459.5	0.5385	0.4615	1/2.2	4.3		
13	1954	1189.39	0.7547	0.2453	62.2	1962	3665.1	0.5000	0.5000	1/2.0	4.0		
14	1950	1228.63	0.7358	0.2642	64.3	1986	3717.9	0.4615	0.5385	1/1.9	3.7		
15	1967	1260.97	0.7170	0.2830	65.9	1982	4043.0	0.4231	0.5769	1/1.7	3.5		
16	1966	1327.29	0.6981	0.3019	69.4	1984	4160.0	0.3846	0.6154	1/1.6	3.3		
17	1961	1336.94	0.6792	0.3208	69.9	1980	4211.9	0.3462	0.6538	1/1.5	3.1		
18	1978	1502.29	0.6604	0.3396	78.6	1964	4282.4	0.3077	0.6923	1/1.4	2.9		
19	1965	1530.99	0.6415	0.3585	80.1	1954	4303.3	0.2692	0.7308	1/1.4	2.7		
20	1976	1609.05	0.6226	0.3774	84.2	1956	4665.1	0.2308	0.7692	1/1.3	2.6		
21	1979	1641.50	0.6038	0.3962	85.8	1948	5042.2	0.1923	0.8077	1/1.2	2.5		
22	1977	1648.53	0.5849	0.4151	86.2	1958	5668.2	0.1538	0.8462	1/1.2	2.4		
23	1974	1653.79	0.5660	0.4340	86.5	1952	6145.0	0.1154	0.8846	1/1.1	2.3		
24	1975	1657.62	0.5472	0.4528	86.7	1970	6359.1	0.0769	0.9231	1/1.1	2.2		
25	1947	1690.69	0.5283	0.4717	88.4	1972	7163.6	0.0385	0.9615	1/1.0	2.1		
26	1963	1754.11	0.5094	0.4906	91.7								
27	1997	1785.12	0.4906	0.5094	93.4								
28	1983	1804.64	0.4717	0.5283	94.4	Typical	2088.1	0.115	1/8.7	17.4			
29	1956	1840.54	0.4528	0.5472	96.3								
30	1959	1849.52	0.4340	0.5660	96.7								
31	1949	1950.55	0.4151	0.5849	102.0								
32	1971	1950.75	0.3962	0.6038	102.0								
33	1982	2012.56	0.3774	0.6226	105.3								
34	1981	2030.46	0.3585	0.6415	106.2								
35	1970	2150.67	0.3396	0.6604	112.5								
36	1962	2328.13	0.3208	0.6792	121.8								
37	1984	2355.34	0.3019	0.6981	123.2								
38	1995	2446.60	0.2830	0.7170	128.0								
39	1964	2528.25	0.2642	0.7358	132.2								
40	1980	2570.40	0.2453	0.7547	134.4								
41	1946	2631.33	0.2264	0.7736	137.6								
42	1990	2670.37	0.2075	0.7925	139.7								
43	1986	2713.57	0.1887	0.8113	141.9								
44	1957	2783.07	0.1698	0.8302	145.6								
45	1955	2824.55	0.1509	0.8491	147.7								
46	1958	2885.17	0.1321	0.8679	150.9								
47	1951	3051.84	0.1132	0.8868	159.6								
48	1952	3093.18	0.0943	0.9057	161.8								
49	1953	3113.96	0.0755	0.9245	162.9								
50	1948	3351.47	0.0566	0.9434	175.3								
51	1969	4208.47	0.0377	0.9623	220.1								
52	1972	5212.81	0.0189	0.9811	272.6								

Max 5212.81  
Min 504.43  
Mean 1912.08  
Median 1769.61

Typical drought 1960	1044.0	Million m3
% of average	54.6	%

Year	3 years (interval)						++One cycle once in N years
	N= 17		Thomas		Interval (3 yrs)		
	Year	Inflow	T	F			
1994	2204.5	0.9444	0.0556	1/18.0	54.0		
1967	4119.2	0.8889	0.1111	1/9.0	27.0		
1961	4230.5	0.8333	0.1667	1/6.0	18.0		
1988	4295.7	0.7778	0.2222	1/4.5	13.5		
1991	4525.5	0.7222	0.2778	1/3.6	10.8		
1979	4792.3	0.6667	0.3333	1/3.0	9.0		
1997	4881.4	0.6111	0.3889	1/2.6	7.7		
1976	4920.5	0.5556	0.4444	1/2.3	6.8		
1985	5164.3	0.5000	0.5000	1/2.0	6.0		
1964	6610.5	0.4444	0.5556	1/1.8	5.4		
1982	6613.4	0.3889	0.6111	1/1.6	4.9		
1949	6992.7	0.3333	0.6667	1/1.5	4.5		
1955	7127.9	0.2778	0.7222	1/1.4	4.2		
1970	7213.0	0.2222	0.7778	1/1.3	3.9		
1952	7373.7	0.1667	0.8333	1/1.2	3.6		
1958	7508.8	0.1111	0.8889	1/1.1	3.4		
1973	8223.1	0.0556	0.9444	1/1.1	3.2		

Typical	3132.1	0.09	1/11.1	33.3
---------	--------	------	--------	------

approximate  
+ The amount might not exceeds once in X cycles of 2 years  
++ This 3 year cycle could occur in average once in N years

\*The amount might not exceeds once in X cycles of 2 years  
\*\*This 2 year cycle could occur in average once in N years

**Tableau A5.1.1 Calcul du débit probable au niveau de la confluence de Mellegue et Sarrath (BP-AM)**

	Période de retour						
	2-ans	5-ans	10-ans	20-ans	50-ans	100-ans	200-ans
<b>K13</b>							
Superficie de bassin (km2) : 9000 km2							
Débit de pointe *1 m3/s	470	940	1430	2080	3340	4710	6620
Débit spécifique *2 m3/s/km2	0.052	0.104	0.159	0.231	0.371	0.523	0.736
<b>BP-AM (Confluence Mellegue et Sarrath) converti à partir du débit en K13</b>							
Superficie de bassin (km2) : 6224 km2							
Débit de pointe *3 m3/s	442	934	1369	2116	3299	4419	6224
Débit spécifique *2' m3/s/km2	0.071	0.15	0.22	0.34	0.53	0.71	1

Source : L'équipe d'étude de JICA

Note : \*1 : résultat de l'Analyse probable des débits de pointe observés en K13 par l'équipe d'étude de JICA  
 \*2 et \*2' : Le débit spécifique a été dérivé en se basant sur les courbes superficie de la relation superficie bassin-débit spécifique développé à partir des résultats d'analyses probable des différents Hydrogrammes aux différentes stations de jaugeage dans les études existants  
 \*3 : dérivé à partir de \*2'.

**Tableau A5.2.1 La pluviométrie moyenne probable du bassin en 6 jours et la pluviométrie moyenne probable du bassin en 6 jours durant les crues majeurs enregistrées**

**(1) La pluviométrie moyenne probable du bassin en 6 jours (1968/69 - 2005/06) (mm)**

**(2) Débit de pointe au niveau de K13 et Ghardimaou(m3/s)**

Bassin Période de	HY-M Conf Mellgue, Mejerda	HY-U1 Conf Mellgue, Mejerda	HY-U2 Sidi Salem	HY-D1 Barrage Larrouisia	HY-D2 Estuaire	HYd-Bh Barrage BouHeurtma	K13	Ghardimaou
	4561 km2	1154 km2	10414 km2	14172 km2	15968 km2	390 km2		
2	55	75	60	56	55	143	9000	1480
5	82	101	84	80	79	185	470	250
10	104	121	100	98	96	215	940	520
20	128	141	118	116	113	246	1430	790
30	143	155	129	127	124	264	2080	1150
50	164	171	143	141	137	289	2200	1410
100	195	196	163	162	156	324	3340	1830
200	230	224	184	184	175	361	4710	2550
Disribution	LP3	LP3	LP3	LP3	LP3	LP3	GEV	GEV

Note : la pluviométrie moyenne du bassin HY-U2 seras appliquée en HY-D1 et HY-D2 à cause de leurs valeurs similaires

LP3 : Log Pearson Type III, GEV : Valeur Extrême Généralisée

**(4)Débit de pointe au niveau de K13 et Ghardimaou (m3/s)**

date	6Jours pluvieux Période de reaur	HY-M Conf Mellgue, Mejerda	HY-U1 Jendouba	HY-U2 Sidi Salem	HY-D1 Barrage Larrouisia	HY-D2 Estuaire	Barrage Bou Heurtma	K13	Ghardimaou
	1973/3/30 au 1973/3/29	mm/6Jours année	115 15	130 15	121 22	120 25	111 20		
2000/5/28 au 2000/5/27	mm/6Jours année	74 4	121 10	70 3	62 2.5	64 3	32 <1.01	4480 90	737 10
2003/1/8 au 2003/1/13	mm/6Jours année	110 12	89 4	98 10	100 12	94 10	112 1.01-2	2600 30	1090 18
2003/1/16 au 2003/1/21	mm/6Jours année	27 1.01-2	88 4	46 1.01-2	41 1.01-2	41 1.01-2	155 3	692 3	334 3
2003/1/22 au 2003/1/27	mm/6Jours année	41 1.01-2	72 1.01-2	62 2	56 2	51 1.01-2	121 1.01-2	154 <1.01	419 4
2003/1/31 au 2003/2/5	mm/6Jours année	16 <1.01	61 1.01-2	37 1.01-2	32 1.01-2	31 1.01-2	118 1.01-2	80 <1.01	131 1.01-2
2003/12/8 au 2003/12/13	mm/6Jours année	139 28	175 50	139 40	142 50	140 60	223 13	2480 28	938 15
2003/12/19 au 2003/12/24	mm/6Jours année	28 1.01-2	54 1.01-2	40 1.01-2	32 1.01-2	35 1.01-2	116 1.01-2	-	-
2003/12/29 au 2004/1/3	mm/6Jours année	42 1.01-2	51 1.01-2	51 1.01-2	40 1.01-2	43 1.01-2	146 2	645 3	1470 32
2004/1/20 au 2004/1/25	mm/6Jours année	14 <1.01	24 <1.01	30 1.01	23 1.01	23 1.01	127 1.01-2	-	190 <1.01

Note : - : Négligeable

Tableau A5.2.2 Paramètres pour la dérivation du hydrogramme unitaire à partir du hydrogramme unitaire sans dimensions et débit de pointe du hydrogramme unitaire

Sous bassin	Point de base (Fin aval de la zone) description		Remarques	Temps de reper		Paramètres du temps de repense										Hydrogramme unitaire	
				Catchment superficie Km2	Tcv heure	C (Footfill area)	n	Altitude haute mNGT	Difference d'Altitudes (Cous d'eau entière) h		pente hors tout Sst i	Lengueur du cours d'eau (Cous d'eau L		Lengueur du cours d'eau (centre-fin bas) Lca		qmax m3/s	q volume M m3
									m	ft		m	mile	m	mile		
HY-AM	BP-AM	Conf. Mellegue et Sarrath	(Algerie)	(6224)													
HY-AU1	BP-AU1	Ghardimaou	(Algérie)	(1507)													
HY-U2p11	BP-M	Conf. Mj et Mel	= HY-U1	1,154	8.085	0.72	0.38	520	126	394	1292.65	20.91768	1/252	99,450	61.80	69,180	42.99
HY-U2p12	BP-U2up	Bou Salem (Conf Mj et Bh)		1,664	6.125	0.72	0.38	340	115	225	738.19	15.74092	1/335	75,470	46.90	38,090	23.67
HY-U2p13	BP-D2	Barrage Sidi Salem		1,630	9.212	0.72	0.38	115	66	49	160.76	3.114772	1/1,695	83,060	51.61	45,060	28.00
HY-Mp2	BP-M	Conf. Mejerda et Mellgue		405	5.028	0.72	0.38	210	126	84	275.59	9.846103	1/536	45,044	27.99	30,030	18.66
HY-D2tp11	BP-D1up2	Conf. Mejerda et Siliana		1,626	5.557	0.72	0.38	360	63	297	974.41	24.62495	1/214	63,680	39.57	43,710	27.16
HY-D2tp12	BP-D1	Barrage Larrousia		1,092	8.802	0.72	0.38	63	25	38	124.67	2.580508	1/2,046	77,750	48.31	38,875	24.16
HY-D2tp13	BP-D2	Estuaire		1,473	7.926	0.72	0.38	25	-3	28	91.86	2.257038	1/2,339	65,500	40.70	32,750	20.35
HYd-Bh	BPd-Bh	Barrage Bou Heurtma	BARRAGE	390	2.195	0.72	0.38	825	188	637	2089.90	91.17018	1/58	36,890	22.92	12,602	7.83
HYd-Ts	BPd-Ts	Barrage Tessa	BARRAGE	1,420	5.247	0.72	0.38	940	340	600	1968.50	45.08843	1/117	70,260	43.66	46,088	28.64
HYd-Sr	BPd-Sr	Barrage Sarrath	BARRAGE	1,850	5.684	0.72	0.38	1250	525	725	2378.61	41.12921	1/128	93,070	57.83	41,021	25.49
HYd-Mg	BPd-Mg	Barrage Mellegue	BARRAGE	4,156	11.615	0.72	0.38	1250	210	1040	3412.07	28.77064	1/184	190,856	118.60	109,686	68.16
HYd-Si	BPd-Si	Barrage Siliana	BARRAGE	1,040	4.658	0.72	0.38	950	360	590	1935.70	46.66839	1/113	66,750	41.48	36,068	22.41

Unité de pluie en excès: 10mm  
Durée: 1 hr

**Tableau A5.2.3 Crues probables**

**(1) Résultat d'analyse de l'écoulement: débit de pointe à partir des sous bassins \*1**

Zone d'écoulement	CA	Débit de pointe (m3/s)						
	km2	2-a	5-a	10-a	20-a	50-a	100-a	200-a
<b>Site du barrage</b>								
Barrage Bou Heurtma	390	240	490	745	1083	1731	2427	3391
Barrage Siliana	1040	164	334	508	738	1180	1654	2312
Barrage Tessa	1420	213	434	660	960	1535	2151	3006
Barrage Sarrath (HY-M)	1850	278	567	863	1255	2005	2811	3927
Barrage Sarrath (HY-U2)	1850	270	551	838	1220	1950	2733	3818
<b>Écoulement à partir du sous bassin</b>								
HY-U1 (HY-U1)	1154	189	386	587	854	1365	1913	2673
HY-Mp1 (HY-M)	2306	304	621	944	1374	2196	3078	4300
HY-Mp1 (HY-U2)	2306	296	603	918	1335	2134	2991	4180
HY-Mp2	405	63	129	196	284	455	637	890
HY-U2p11 (U2)	1154	158	323	492	715	1143	1602	2239
HY-U2p12	1664	234	478	727	1057	1690	2368	3309
HY-U2p13	1630	195	398	606	881	1409	1974	2759
HY-D2p11	1626	240	490	746	1085	1734	2430	3396
HY-D2p12	1092	134	273	415	604	966	1353	1891
HY-D2p13	1473	188	383	582	847	1354	1898	2652

**(2) résultat du calcul du crue probable (sans Barrage, résultat simulation par MIKE BASIN)**

Zone d'écoulement	CA	Débit de pointe (m3/s)						
	km2	2-a	5-a	10-a	20-a	50-a	100-a	200-a
Bou Salem (conf. Mej et BH)	16500		733	1501	2252	3339	5267	7107
Site du Barrage Sidi Salem	18150		675	1376	2066	3035	4820	6547
Estuaire	23397		546	1092	1638	2397	3790	5201

Note : ( ) La pluviométrie moyenne du bassin appliquée

**(3) Débits de projet (Apport de l' Algérie)**

Station	CA	Débit de pointe (m3/s)						
	km2	2-a	5-a	10-a	20-a	50-a	100-a	200-a
BP-AM (Mellegue) *1	6224	470	940	1430	2080	3340	4710	6620
BP-AU2 (Ghardimaou) *1	1507	250	520	790	1150	1830	2550	3540

**(4) Débits de pointe probables dans les études existantes**

Station	CA	Débit de pointe (m3/s)								Crue de projet	
	km2	2-a	5-a	10-a	20-a	50-a	100-a	200-a	1000-a		10000-a
<b>Site du barrage</b>											
Barrage Bou Heurtma *3	390										(Période de retour inconnue) 3300
Barrage Tessa *3	1420			1250			2500		3500	5500	5500
Barrage Sarrath *3	1850						3800		8000		8000
Barrage Mellegue *3	10309						4500		11300		6000
Barrage Siliana *3	1040										(Période de retour inconnue) 5100
Barrage Sidi Salem *3	18150										(Période de retour inconnue) 6700
Mellegue 2 *3	10100			1700				5000	11000	25500	11000
Limite supérieurs estimée *3	10100			3100				8000	16500	35000	
<b>Site de station de jaugeage</b>											
K13 *1	9000	470	940	1430	2080	3340	4710	6620			
K13 *3	9000			1600			4700		10400	24000	
Limite supérieurs estimée*3	9000			2900			7600		15500	33000	
Bou Salem (w/o Mellegue)*1	16330	530	1080	1560	2110	2970	3720	4580			
Bou Salem (w/o Mellegue)*2	16330	556		1625			4050				
Mejez El bab (w/o Mellegue) *	21008	650		1790			4000				

Source : \*1 : Calcul par l'équipe d'étude

\*2 : Monographies

\*3 : Différentes données des barrages et les rapports des études existantes

**Tableau A5.2.4 Débits spécifiques des crues probables**

**(1) Résultat d'analyse de l'écoulement: débit de pointe à partir des sous bassins \*1**

Zone d'écoulement	CA	Débit Spécifique (m3/s/km2)						
	km2	2-a	5-a	10-a	20-a	50-a	100-a	200-a
<b>Site du barrage</b>								
Barrage Bou Heurtma	390	0.615	1.256	1.910	2.777	4.438	6.223	8.695
Barrage Siliana	1040	0.158	0.321	0.488	0.710	1.135	1.590	2.223
Barrage Tessa	1420	0.150	0.306	0.465	0.676	1.081	1.515	2.117
Barrage Sarrath (HY-M)	1850	0.150	0.306	0.466	0.678	1.084	1.519	2.123
Barrage Sarrath (HY-U2)	1850	0.146	0.298	0.453	0.659	1.054	1.477	2.064
<b>Écoulement à partir du sous bassin</b>								
HY-U1 (HY-U1)	1154	0.164	0.334	0.509	0.740	1.183	1.658	2.316
HY-Mp1 (HY-M)	2306	0.132	0.269	0.409	0.596	0.952	1.335	1.865
HY-Mp1 (HY-U2)	2306	0.128	0.261	0.398	0.579	0.925	1.297	1.813
HY-Mp2	405	0.156	0.319	0.484	0.702	1.123	1.573	2.198
HY-U2p11 (U2)	1154	0.137	0.280	0.426	0.620	0.990	1.388	1.940
HY-U2p12	1664	0.141	0.287	0.437	0.635	1.016	1.423	1.989
HY-U2p13	1630	0.120	0.244	0.372	0.541	0.864	1.211	1.693
HY-D2p11	1626	0.148	0.301	0.459	0.667	1.066	1.494	2.089
HY-D2p12	1092	0.123	0.250	0.380	0.553	0.885	1.239	1.732
HY-D2p13	1473	0.128	0.260	0.395	0.575	0.919	1.289	1.800

**(2) résultat du calcul du crue probable (sans Barrage, résultat simulation par MIKE BASIN)**

Zone d'écoulement	CA	Débit Spécifique (m3/s/km2)						
	km2	2-a	5-a	10-a	20-a	50-a	100-a	200-a
Bou Salem (conf. Mej et BH)	16500		0.044	0.091	0.136	0.202	0.319	0.431
Site du Barrage Sidi Salem	18150		0.037	0.076	0.114	0.167	0.266	0.361
Estuaire	23397		0.023	0.047	0.070	0.102	0.162	0.222

Note : ( ) La pluviométrie moyenne du bassin appliquée

**(3) Débits de projet (Apport de l' Algérie)**

Station	CA	Débit Spécifique (m3/s/km2)						
	km2	2-a	5-a	10-a	20-a	50-a	100-a	200-a
BP-AM (Mellegue) *1	6224	0.08	0.15	0.23	0.33	0.54	0.76	1.06
BP-AU2 (Ghardimaou) *1	1507	0.17	0.35	0.52	0.76	1.21	1.69	2.35

**(4) Débits de pointe probables dans les études existantes**

Station	CA	Débit Spécifique (m3/s/km2)						
	km2	2-a	5-a	10-a	20-a	50-a	100-a	200-a
<b>Site du barrage</b>								
Barrage Bou Heurtma *3	390			0.880			1.761	
Barrage Tessa *3	1420						2.054	
Barrage Sarrath *3	1850						0.437	
Barrage Mellegue *3	10309							
Barrage Siliana *3	1040							
Barrage Sidi Salem *3								
Mellegue 2 *3	10100			0.168			0.495	
Limite supérieurs estimée *3				0.307			0.792	
<b>Site de station de jaugeage</b>								
K13 *1	9000	0.052	0.104	0.159	0.231	0.371	0.523	0.736
K13 *3	9000			0.178			0.522	
Limite supérieurs estimée*3	9000			0.322			0.844	
Bou Salem (w/o Mellegue)*1	16330	0.032	0.066	0.096	0.129	0.182	0.228	0.280
Bou Salem (w/o Mellegue)*2	16330	0.034		0.100			0.248	
Mejez El bab (w/oMellegue) *	21008	0.031		0.085			0.190	

Source : \*1 : Calcul par l'équipe d'étude

\*2 : Monographies

\*3 : Différentes données des barrages et les rapports des études existantes