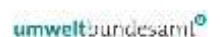




**TUNISIE
COÛTS PRÉVISIONNELS
DE LA DÉGRADATION ET DE LA RESTAURATION
DES RESSOURCES EN EAU
DU BASSIN DE LA MEDJERDA :
2010-2025**

Version	Document Title	Author	Review and Clearance
1	TUNISIE COÛTS PRÉVISIONNELS DE LA DÉGRADATION ET DE LA RESTAURATION DES RESSOURCES EN EAU DU BASSIN DE LA MEDJERDA : 2010-2025	SHERIF ARIF ET FADI DOUMANI	HOSNY KHORDAGUI, STAVROS DAMIANIDIS AND VANGELIS KONSTANTIANOS





REMERCIEMENTS ET CITATION

Remerciements:

Nous aimerions adresser nos remerciements à M. Abderrazek Souissi, DG, Bureau de la Planification et des Equilibres Hydraulique (BPEH) et Point Focal de SWIM-SM, ainsi qu'à toutes les personnes rencontrées durant la mission du 20-25 octobre 2014, notamment M. Khalil Attiah, M. Samir Kaabi, Mme Sihem Jebari, Mme Mouna Sfaxi, M. Hassen Chourabi, M. Mohamed Naoufel, M. Belgacem Mnassri, M. Ben Haha, Mme Samia Saidane, M. Belgacem Mnassri, M. Ben Aissa, M. Bouzouti Jalloul, M. Faycel Jelassi, M. Moncef Rekaya, M. Moncef Houssein, et Mme Samia Selmi. Par ailleurs, nous tenons aussi à remercier les administrations tunisiennes pour avoir facilité le travail et fournis des données essentielles après le départ de la mission. La liste des personnes rencontrées et leur affiliation est en Annexe I.

Nous tenons par ailleurs à remercier M. Denis Pommier, Expert Développement Rural et Agricole, Délégation de l'Union européenne en Tunisie pour son support et sans faille.

Nous aimerions aussi remercier Dr. Sarra Touzi, experte locale du Programme SWIM-SM ainsi que sa collaboratrice, Mlle Rym Jebari, pour leur assistance, et leur précieuse aide durant l'élaboration du rapport.

Ce rapport doit être cité comme suit:

Sherif Arif et Fadi Doumani. 2014. *Tunisie, Coûts Prévisionnels de la Dégradation et de la Restauration des Ressources en Eau du Bassin de la Medjerda : 2010-2025*. Programme de Gestion Intégrée Durable de l'Eau (SWIM-SM) financé par la Commission européenne et mis en œuvre par le consortium comprenant : LDK Consultants Ingénieurs & Programmateurs S.A. (Chef de file) ; l'Association des Services d'Eau des Pays Arabes (ACWUA) ; le Réseau Arabe pour l'Environnement et le Développement (RAED) ; le Bureau de Conseils DHV B.V., le Global Water Partnership - Mediterranean (GWP-Med) ; le Ministère Grec de l'Environnement, de l'Energie et du Changement Climatique/Département des Relations Internationales et des Affaires de l'Union européenne ; le Ministère Libanais de l'Energie et de l'Eau/Direction Générale des Ressources Hydrauliques et Electriques ; le Ministère Tunisien de l'Agriculture, des Ressources Hydrauliques et de la Pêche/Direction Générale des Ressources en Eau ; ainsi que l'Agence Autrichienne pour l'Environnement (Umweltbundesamt GmbH). Bruxelles.



TABLE DES MATIERES

1. Resumé exécutif	9
2. Introduction	21
3. Objectif et Contenu de l'Étude	23
3.1 Objectif de l'Étude	24
3.2 Composante de l'Étude	24
4. Aperçu du Bassin de la Medjerda	26
4.1 principales caractéristiques du bassin de la Medjerda	26
4.2 sources de pollution de la Medjerda	28
4.3 Qualité des Eaux de Surface de la Medjerda	30
4.4 effets du changement climatique sur IES RESSOURCES EN eau dans la Medjerda	31
4.5 Cadre Institutionnel du Bassin de la Medjerda	32
5. Revue des Coûts de la Dégradation Environnementale en Tunisie	35
6. Méthodologie, Calibrage et Limites de l'Évaluation, et Catégorie	36
6.1 Méthodologie	36
6.2 Calibrage et Limites de l'Évaluation	37
6.3 Catégories Évaluées	38
7. Coûts Prévisionnels de la Dégradation du Bassin de la Medjerda	41
7.1 Aperçu Général des Coûts Prévisionnels de la Dégradation Selon le Scenario 1 de Reference	41
7.2 catégories EAU	42
7.2.1 Qualité des Services d'Eau et d'Assainissement	42
7.2.2 Qualité des Services de Distribution de l'Eau Potable	44
7.2.3 Qualité de la Ressource en Eau	45
7.2.4 Quantité	46
7.2.5 Stockage	47
7.3 Aperçu Général des Coûts Prévisionnels de la Dégradation Selon le Scenario 2	
Stress Hydrique	49
7.4 Equilibres Hydriques	50
7.4.1 Offre, Mobilisation et Demande Hydriques en 2010	50
7.4.2 Changements Climatiques	52
7.4.1 Offre, Stockage et Demande Hydriques Partielles en 2025	54
7.5 Conclusions	56
8. Coûts Prévisionnels de la Restauration du Bassin de la Medjerda	59
8.1 Aperçu Général des Coûts Prévisionnels de la Restauration	59
8.2 Eau et Assainissement en Milieu Rural	60
8.3 Qualité des Services de l'Adduction d'Eau Potable	63
8.4 Qualité de la Ressource	64
8.5 Efficacité des Systèmes d'Irrigation	64
8.6 Co-Benefices Par Rapport au DessALEMENT	65
8.7 ConclusionS	66
9. Conclusions et Recommandations	67
9.1 Conclusions	67
9.2 Recommandations	68



10. References	70
11. Annexe I Mission D'identification	73
12. Annexe II Méthodologie générale pour évaluation des coûts de la dégradation	74
13. Annexe III Méthodes Spécifiques pour l'Evaluation des Coûts de la Dégradation de la Catégorie Eau	76



Taux de Change:

€ 1 = Dinar tunisien (DT) 1,891 (Décembre 2010)

€ 1 = Dinar tunisien (DT) 2,283 (Décembre 2014)

\$EU 1 = Dinar tunisien (DT) 1,427 (Décembre 2010)

\$EU 1 = Dinar tunisien (DT) 1,850 (Décembre 2014)

Source: <www.oanda.com>

Le contenu de cette publication est de la seule responsabilité des auteurs et ne représente pas nécessairement les vues de la Commission européenne ou celles du Gouvernement tunisien.



ACRONYMES

A/C	Ratio Avantages/Coûts
ANGed	Agence Nationale de Gestion des Déchets
ANPE	Agence Nationale de Protection de l'Environnement
BA	Benefit Assessment
C/A	Coûts/avantages
CAP	Consentement à payer
CE	Communauté européenne
CH ₄	Méthane
CO ₂	Dioxyde de carbone
COPEAU	Réseau de Contrôle de la Pollution de l'Eau
CRDA	Commissariats Régionaux au Développement Agricole
DBO ₅	Demande Biologique d'Oxygène
DCO	Demande Chimique d'Oxygène
DGACTA	Direction Générale de l'Aménagement et de la Conservation des Terres Agricoles
DGBGTH	Direction générale des Barrages et des Grands Travaux Hydrauliques
DGF	Direction Générale des Forêts
DGGREE	Direction Générale du Génie Rural et de l'Exploitation des Eaux
DGPA	Direction Générale des Pesticides Agricoles
DGQEV	Direction Générale de l'Environnement et de la Qualité de Vie
DGRE	Direction Générale des Ressources en Eau
dS/m	déciSiemens par mètre
EPA	Environmental Protection Agency des Etats-Unis
EUT	Eaux usée traités
FAO	Food and Agriculture Organisation
g	gramme
GEG	complexe de Ghdir El Golla
GES	Gaz à effet de serre
GIZ	Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (précédemment GTZ)
ha	Hectare
INAT	Institut National Agronomique de Tunisie
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
kg	Kilogramme



km	Kilomètre
km ²	Kilomètre carré
m	Mètre
m ²	Mètre carré
m ³	Mètre cube
MdA	Ministère de l'Agriculture
MdE	Ministère de l'Environnement
MdSP	Ministère de la Santé Publique
ODESYANO	Office de Développement Sylvo-Pastorale du Nord-Ouest
ONAS	Office National de l'Assainissement
OMS	Organisation mondiale de la santé (WHO)
OTEDD	Observatoire Tunisien de l'Environnement et du Développement Durable
PIB	Produit Intérieur Brut
PISEAU	Projet d'investissement dans le Secteur de l'Eau
PPI	Périmètres Publics Irrigués
SIG	Système d'information géographique
SECADENORD.....	Société d'Exploitation du Canal et des Adductions des Eaux de Nord
SONEDE	Société Nationale d'Exploitation et de Distribution des Eaux
STEP	Station de Traitement des Eaux Polluées
TEEB	The Economics of Ecosystems and Biodiversity
TRI	Taux de Rendement Interne
UE	Union européenne
VAN	Valeur actualisée nette
VET	Valeur économique totale
VVL	Valeur d'une vie statistique
WFD	EC Water Framework Directive



1. Résumé exécutif

Introduction

En 2013, SWIM-SM a publié le rapport sur le Coût de la Dégradation des Ressources en Eau du Bassin de la Medjerda dans l'objectif d'aider les décideurs à l'échelle nationale et locale à identifier et prioriser des actions concrètes visant à améliorer la gestion de ce bassin par le biais du potentiel de financement des projets lié aux avantages environnementaux et à la réduction des externalités.

Les coûts de la dégradation du bassin de la Medjerda ont été estimés à 192 millions de DT en 2010 avec une variation de 133 à 295 millions de DT équivalent en moyenne à près de 3,3% du PIB de la région du Bassin et à près de 0,34% du PIB courant de la Tunisie en 2010. Le coût attribuable à la santé humaine est de 81 millions DT en 2010 soit 42,5% du coût de la dégradation de la Medjerda et 63% de la catégorie eau. Ventilée par la sous-catégorie eau (130 millions de DT en 2010), les maladies hydriques représentent la majorité des coûts du Bassin de la Medjerda (81 millions de DT) suivies par la qualité de l'eau (27 millions de DT), la quantité d'eau (21 millions de DT, montant relativement bas du fait que 2010 était une saison humide) et enfin l'environnement global (1 million de DT). Ventilée par la sous-catégorie déchets (61 millions de DT en 2010), la collecte représente la majorité des coûts du Bassin de la Medjerda (38 millions de DT) suivies par la transformation des déchets (13 millions de DT), l'enfouissement (10 millions de DT) et enfin l'environnement global (1 million de DT).

Sur la base de ces résultats, cinq domaines d'intervention ont été proposés pour la gestion intégrée et durable des ressources en eau de la Medjerda. La première intervention était « **La réorientation progressive de la politique d'intensification de l'exploitation des ressources naturelles**, notamment dans le cadre de la mobilisation des ressources en eau. Cette réorientation pourra se faire sur la base de critères qui incluent explicitement **la performance économique, et la dégradation et la rareté des ressources du bassin de la Medjerda** ». Au cours de la présentation de cette étude devant le Comité Directeur de SWIM-SM du 11-13 novembre 2013, ce dernier a demandé d'approfondir cette recommandation en intégrant les externalités environnementales dans la gestion des ressources en eau au niveau du bassin de la Medjerda étant donné que la Medjerda, avec ses problèmes de gestion de distribution, d'exploitation, de transfert et de qualité de l'eau incarne la problématique réelle qui se trouve dans d'autres bassins en Tunisie.

Suite à la publication du rapport du Coût de la Dégradation des Ressources en Eau du Bassin de la Medjerda, trois événements importants ont marqué la souveraineté de l'Eau en Tunisie en 2014 : Le plus important événement au niveau politique s'est traduit dans l'inclusion dans la nouvelle Constitution Tunisienne, promulguée le 27 janvier 2014, de la garantie explicite du « droit à l'eau » et a mentionné « le devoir de l'Etat et de la société à sa préservation et la rationalisation de son exploitation (article 44) ». Le second événement au niveau sectoriel, est la présentation et le débat de la revue sectorielle de l'eau pour laquelle deux recommandations pertinentes s'inscrivent dans le cadre de cette étude notamment, la préservation des ressources en eau contre la surexploitation et la pollution ; et la mobilisation de l'eau, sa valorisation et son économie en donnant une dimension économique dans les investissements. Le troisième événement d'ordre stratégique est la préparation de la Vision et Stratégie Eau. L'objectif de la vision et de la stratégie est « d'assurer une planification dynamique, à l'horizon 2050, des activités de développement et de gestion des ressources en eau sur la base d'une vision et d'une stratégie structurées, intégrées et participatives ».

C'est dans ce contexte que s'inscrit l'évaluation environnementale du secteur de l'eau dans le bassin de la Medjerda. Le choix du bassin de la Medjerda est basé sur le fait que c'est le fleuve le plus long de la Tunisie, et est considérée comme le château d'eau du pays. En plus, c'est le seul fleuve en



Tunisie pour lequel le coût de la dégradation des ressources en eau a été estimée en valeur monétaire.

Objectif

L'objectif de la présente étude est de projeter les résultats des coûts prévisionnels de la dégradation et de la restauration du bassin de la Medjerda afin d'incorporer les considérations environnementales dans l'appui à la décision, au développement et à la hiérarchisation de certains plans d'investissements rentables qui viendraient enrichir la réflexion s'inscrivant dans le cadre de la formulation de la Vision et Stratégie Eau à l'horizon 2050 du Gouvernement.

La valeur ajoutée de cette étude par rapport à l'étude du Coût de la Dégradation des Ressources en Eau du Bassin de la Medjerda est résumée dans l'Encadré 1.

Encadré 1 : Valeur Ajoutée de la Présente Etude

La présente étude a comme ligne directrice principale de justifier des interventions basées sur la demande pour générer des co-bénéfices en termes d'améliorer d'une part l'efficacité des services municipaux et agricoles ainsi que d'autre part la qualité de la ressource dans le but d'augmenter l'offre des ressources en eau entre 2010 et 2025.

Ceci est fait en 4 temps :

- Projeter les équilibres hydriques et les coûts de la dégradation entre 2010 et 2025 selon un scénario de référence.
- Projeter les équilibres hydriques et les coûts de la dégradation entre 2010 et 2025 selon un scénario de stress hydrique où la demande augmente de 15% et l'offre diminue de 15% en tenant compte notamment des effets dus aux changements climatiques.
- Analyser 4 des 5 interventions prioritaires et efficaces qui dégagent des co-bénéfices:
 - Connecter tous les ménages en milieu rural aux réseaux d'adduction d'eau et d'assainissement à l'égout dans la Medjerda afin d'inclure le milieu rural dans le cycle de l'eau réutilisable.
 - Améliorer l'efficacité des services d'adduction d'eau en réduisant les fuites techniques de réseaux (20%).
 - Améliorer la qualité des ressources en eau en traitant tous les rejets domestiques, touristiques, industriels et agricoles.
 - Améliorer l'efficacité des PPI en optimisant la consommation d'irrigation tout en tablant surtout sur des extrants résilients aux effets des changements climatiques avec la plus haute valeur ajoutée (la valeur optimale nécessaire est simplement calculée mais la variété d'extrants n'est pas suggérée).
 - Augmenter la capacité de stockage des barrages en réduisant l'ensablement par des interventions judicieuses permettant de réduire l'érosion en amont. Quoique essentielle, cette priorité n'a pas été analysée du point de vue économique en attendant la production d'études empiriques permettant d'établir une causalité entre les interventions en amont et la réduction de l'ensablement des barrages et du lit du fleuve.
- Confronter les priorités agrégées au coût dynamique du dessalement pour démontrer la très grande rentabilité des 4 priorités des ressources en eau (meilleurs services et dépollution) par rapport à l'option du dessalement.



Cette présente étude s'est focalisée sur l'impact des ressources et sur la qualité de l'eau, l'amélioration des services de l'eau et de l'assainissement surtout au milieu rural et le coût de la dégradation de l'environnement avec une projection de 2010 (année de base) à 2025 basée sur deux scénarios : le scénario de référence qui reflète la situation existante du bassin et le scénario évolutif du stress hydrique en tenant compte de l'augmentation de la demande, la diminution de l'offre notamment due à l'impact des changements climatiques.

Aperçu Général sur la Medjerda

La Medjerda se divise en trois parties distinctes. La Haute Medjerda est la partie la plus élevée du bassin se situant à 1.000 m en Algérie et descendant rapidement jusqu'à 200 m près de la ville de Guardimao en Tunisie sur la frontière Algéro-Tunisienne et se terminant au niveau du grand barrage de Sidi Salem. La Moyenne Medjerda, prend fin près de la ville d'El Aarroussia. Ses affluents sont les oueds Oued Khaled et Oued Siliana. La Basse Medjerda est répartie entre les deux gouvernorats de l'Ariana et de Bizerte et en aval du barrage d'El Aarroussia jusqu'à la lagune de Ghar El Mleh près de Bizerte, et traverse des terrains inférieurs à 100 m d'altitude. La classification des périmètres irrigués dans les trois tronçons est représentée dans le Tableau 1.

Tableau 1 : Classification des Périmètres Irrigués des trois tronçons de la Vallée de la Medjerda

Classes de Périmètres Principales	Gouvernorats	Sous-Classes	Vocation Cultureles	Caractéristiques
Haute et Moyenne Vallée de la Medjerda	Jendouba-Béja-Siliana (51.000 ha)	PPI récents sur barrages	Grandes cultures	Hydromorphie/drainage localisé Faible intensification en été Nécessité de réhabiliter les infrastructures
	Le Kef-Zeghouan (21.000 ha)	PPI récents sur forages	Grandes cultures /Maraichage	Faible intensification agricole
Basse Vallée de la Medjerda	Bizerte (16.000 ha)	PPI récents sur barrages	Grandes cultures	Faible intensification agricole
	Ariana-Manouba (21.000 ha)	PPI récents sur gravitaire	Polycultures	Hydromorphie/drainage Faible intensification en hiver Infrastructure très vétuste

Sources de Pollution

Dans le rapport sur le coût de la dégradation des ressources en eau de la Medjerda de 2013, les sources de pollution ont été identifiées comme suit :

- les rejets d'eaux industrielles non raccordées au réseau de l'ONAS;
- les rejets des eaux traitées issues des STEPs ;
- les rejets des eaux usées urbaines non traitées ;
- les drainages des eaux usées rurales non traitées ;
- les drainages des pesticides, phosphates et nitrates utilisés par les activités agricoles;
- les drainages des eaux usées dus aux activités d'élevage;
- les drainages des abattoirs ;
- les transferts des métaux lourds des anciennes mines et d'une mine toujours en activité ; et
- les drainages issus des déchets solides et des lixiviats surtout durant la saison des pluies.



Concernant l'utilisation de l'eau, les ressources mobilisées sont réparties à hauteur de 80% pour l'agriculture, 14% pour l'usage domestique, 5% pour les industries et 1% pour le tourisme. Cependant, ces allocations subissent des variations dues à l'année considérée, qu'elle soit très sèche, sèche ou humide. L'agriculture reçoit la part du lion pour assurer l'eau à 100.000 ha de périmètres irrigués dans le Bassin et est suivie par l'usage domestique estimé à 179 millions de m³ pour l'eau potable dont une bonne partie est transférée vers une partie de la côte Est : Grand Tunis jusqu'à Sfax. Les barrages de Ben Métir et Kessab sont principalement voués à assurer l'eau potable du fait de la basse teneur en sel (<1,5 g/l). Cependant, les transferts surtout pour l'eau potable vers la côte Est tunisienne iront en progressant du fait de l'accroissement de la population et d'une demande accrue par habitant. L'industrie consomme 5% des ressources en 2010 mais cette consommation risque aussi d'augmenter du fait de nouveaux projets miniers et industriels dans le périmètre du Bassin. Le tourisme, surtout à Béja et le Grand Tunis, n'utilise cependant que 1% de la ressource.

Le contrôle de la qualité des eaux a montré que la Medjerda est fortement minéralisée avec une augmentation de la salinité depuis la Haute Medjerda avec une médiane de 1 g/litre vers la Medjerda moyenne de 1,3 g/litre jusqu'à la basse Medjerda avec une médiane de 2 g/litre dépassant ainsi le seuil européen de 0,2 g/litre. Le niveau des eaux souterraines sont aussi salines de l'ordre de 1,5-2 g/litre et peuvent atteindre 5 g/litre à 7 g/litre surtout dans les zones côtières de la basse Medjerda par l'intrusion marine. L'entretien du lit du fleuve a été négligé à cause de la sédimentation et la végétation qui ont, en effet, des conséquences néfastes et sont la cause de la réduction du débit des eaux. Dans la haute et la moyenne Medjerda, le débit est supposé être de 500 m³/sec, il est réduit à 100 m³/sec et à la moindre pluie les flancs du fleuve sont débordés. La source de la végétation dans le lit du fleuve est due à l'utilisation excessifs des pesticides et des engrais phosphatés et azotés, ainsi que les différents polluants des rejets industriels qui ont aidé à la prolifération de cette végétation. Les barrages, qui sont interconnectés par des canaux ou par des rivières, sont aussi touchés par la végétation qui ralentit l'écoulement des eaux de surface.

Ainsi, les rejets domestiques, industriels et de l'élevage traités et non-traités sont estimés à 20,7 millions de m³, le drainage agricole seulement répertorié se monte à 0,8 millions de m³ alors qu'il y a eu une tentative récente de recharge de 0,01 millions de m³ de la nappe phréatique à Fahs. Concernant la qualité des rejets domestiques traités, soit 18,3 millions de m³, celle-ci laisse à désirer pour certaines STEP's qui au final, n'aide pas à améliorer la qualité de l'eau et de l'écosystème du Bassin.

Effets des changements climatiques

La Tunisie a préparé une Stratégie nationale d'adaptation de l'agriculture tunisienne et des écosystèmes aux changements climatiques en janvier 2007 qui a été suivie en 2012 par une Stratégie nationale sur le changement climatique. Le modèle HadCM3, aux horizons de 2020-2050, a montré que dans la région de la Medjerda, l'augmentation moyenne annuelle de la température est prévue d'être de 0,8 °C à l'horizon 2020 et 1,6-1,8 °C en 2050. Les précipitations moyennes baisseront de 5-8% à l'horizon 2020, et de 11-15% à l'horizon 2050. Par ailleurs, les ruissellements risquent de subir une réduction allant entre 10%-20% à l'horizon 2020.

Cadre Institutionnel

Concernant le cadre institutionnel, la Gestion des Ressources en Eau est toujours contrôlée par l'État à travers les trois directions générales du Ministère de l'Agriculture et leur directions correspondantes aux seins des six Commissariats Régionaux au Développement Agricole (CRDA). Cette politique de décentralisation a été accompagnée par l'établissement des Associations d'Intérêt



Collectif (AIC) puis Groupements de Développement Agricole (GDA) qui sont responsables de la gestion de distribution de l'eau potable et de l'eau d'irrigation.

Les séparations institutionnelles entre les CRDA eux-mêmes d'une part et les instances environnementales (ANPE, ANGED, ONAS, APAL) de l'autre part n'ont pas favorisé une approche globale de la gestion et de la protection des ressources naturelles dans ce bassin. Malgré la création des comités interministériels sur la Medjerda, ils sont plutôt au stade de pilotage pour des projets concrets avec un impact limité sur les aspects environnementaux de ce bassin. En plus, les liens eau et environnement, agriculture et environnement, eau et changements climatiques sont mal compris par manque d'arguments notamment économiques (analyses coût/avantages, analyses impact/coûts) pour convaincre les acteurs de la nécessité d'intégrer les aspects environnementaux dans leurs stratégies sectorielles. Cependant, une étude sur la gouvernance du bassin de la Medjerda est en cours de réflexion par S.E. le Ministre de l'Agriculture. Quatre options ont été proposées notamment : (a) la création d'une agence de bassin ; (b) un département ou une division au sein des CRDAs ; (c) une direction dans l'une des directions générales de la DGRE ou la DGGREE ; (d) une nouvelle direction au sein du Ministère de l'Agriculture.

Coûts Prévisionnels de la Dégradation de l'Environnement

L'étude est inévitablement sujette à plusieurs restrictions. Du point de vue méthodologique, l'impact de l'eau sur l'environnement a été abordé grâce à une combinaison de méthodes économiques les plus appropriées qui ont fourni des résultats fiables dans des contextes similaires et testés au niveau des bassins versants ou des eaux de surface. Du point de vue empirique, les contraintes de données parfois imposées l'utilisation d'hypothèses et simplifications ; dans de tels cas, des hypothèses prudentes ont été utilisées. Dans d'autres cas, les contraintes de manque de données n'ont pas permis d'estimer des valorisations menant à l'exclusion de certains sous-secteurs (irrigation, types de cultures). Par conséquent, toutes les évaluations doivent être considérées comme des ordres de grandeur plutôt que des estimations précises. Pour tenir compte de cette incertitude, de nombreuses estimations sont présentées sous forme de fourchettes de valeurs au lieu de chiffres précis.

Seuls les résultats du bassin de la Medjerda sont considérés pour les coûts prévisionnels de la dégradation du bassin de la Medjerda. Ainsi, le coût de la dégradation du Grand Tunis n'est pas pris en compte. De plus, 5 catégories principales ont été retenues mais seulement 4 analysées pour les coûts prévisionnels soit : la qualité des services causant des maladies hydriques et comprenant l'accès à l'eau potable et à l'assainissement non-améliorés; la qualité des services associée à la distribution de l'eau dans les réseaux en milieu urbain; la qualité de la ressource en eau due aux rejets communaux (domestiques, touristiques, industrielles et agricole); la quantité de la ressource en eau; ainsi que le stockage de l'eau.

Scénario 1 de référence : l'offre est égale à la demande et les deux sont constants ; équilibre hydrique actuel

Sur la base de la situation existante dans le bassin de la Medjerda et sans tenir en compte des investissements supplémentaires pour améliorer les services existants d'adduction d'eau potable et d'assainissement, les services d'efficacité de la qualité des services de l'adduction de l'eau et de l'irrigation, du ruissellement agricoles, de la gestion des déchets solides, la réduction des risques liées aux catastrophes naturelles (inondations, etc.) ainsi que la résilience aux impacts des changements climatiques, le coût de la dégradation de l'environnement a été estimé à 102 millions de DT et représente 79% du coût de la dégradation des ressources en eau du Bassin de la Medjerda en 2010.



Les catégories retenues incluent :

- i. Qualité des Services d'adduction en eau et assainissement en milieux urbain et rural, et irrigation ;
- ii. Qualité des Services de Distribution : distribution de l'eau domestique et irrigation ;
- iii. Qualité de la Ressource : rejets, effluents et eaux de ruissellement ;
- iv. Quantité de la Ressource : réduction du flux des eaux de surface et abaissement du niveau des nappes souterraines ;
- v. Stockage : ensablement des barrages et lacs collinaires dû à l'érosion et exacerbée par les changements climatiques.

Les catégories qui n'ont pas été retenues sont à cause du fait qu'elles sont difficiles à projeter sur 15 ans (i, ii et iii), qu'elle ne rentre pas dans les priorités retenues (iv et v) ou des interventions sont déjà mises en œuvre (vi et vii):

- i. Salinité de l'eau ;
- ii. Effets de l'érosion sur la productivité agricole ;
- iii. Biodiversité ;
- iv. Hydroélectricité ;
- v. Environnement global (émissions carbone) ;
- vi. Déchets solides (mise en œuvre par l'ANGed et la KfW) ;
- vii. Prévention des inondations (mise en œuvre par le Ministère de l'Agriculture et la JICA).

Les projections 2010-2025 du scénario de référence ou *business as usual* (BAU) ont montré que les coûts prévisionnels de la dégradation des ressources en eau du Bassin de la Medjerda diminuent en valeur absolue (-1,2%/an sur la période 2010-2025) pour atteindre 85 millions de DT en 2025 représentant 0,13% du PIB tunisien de 2010 et 0,09% du PIB tunisien projeté sur la période avec un taux hypothétique de croissance net de 3%/an Figure 1).

Ventilés par catégorie, les coûts prévisionnels (Figure 1) ont montré pour :

- i. La Qualité des Services d'adduction en eau et assainissement : que le fardeau des maladies hydriques diminue (-1,5%/an sur la période 2010-2025) du fait d'un meilleur service de santé (taux brut de natalité et de mortalité des enfants de moins de 5 ans diminuent sur la période);
- ii. La Qualité des Services de Distribution augmente (+0,9%/an) à cause de l'augmentation des fuites d'eau.
- iii. La Qualité de la Ressource augmente (+0,4%/an) du fait de l'augmentation de la population se traduisant par un montant plus important du consentement à payer;
- iv. La Quantité de la Ressource demeure constante ($\pm 0\%$ /an) du fait de l'hypothèse du scénario de référence où la projection est linéaire et constante ;
- v. Le Stockage demeure constant ($\pm 0\%$ /an) du fait de l'hypothèse du scénario de référence où la projection est linéaire et constante.



Équilibres Hydriques Actuels

Les ressources exploitées du Bassin de la Medjerda sont estimées à 1,28 millions de m³ alors avec des ressources de surface représentant 1 million de m³ (Tableau 2 et Figure 1). Pour ce qui est de la mobilisation, la capacité est de 1,26 millions de m³ en 2010 et diminuera sur la période jusqu'à l'achèvement du Mellègue Amont en 2020. Les autres barrages planifiés ne seront pas en opération avant 2025. Concernant l'utilisation de l'eau, les ressources mobilisées sont réparties à hauteur de 80% pour l'agriculture, 14% pour l'usage domestique, 5% pour les industries et 1% pour le tourisme. Cependant, ces allocations subissent des variations dues à l'année considérée, qu'elle soit très sèche, sèche ou humide. L'agriculture reçoit la part du lion pour assurer l'eau à 100.000 ha de périmètres irrigués dans le Bassin et est suivie par l'usage domestique estimé à 179 millions de m³ pour l'eau potable dont une bonne partie est transférée vers la côte Est : Grand Tunis jusqu'à Sfax. L'industrie consomme 5% des ressources en 2010 et le tourisme, surtout à Béja et le Grand Tunis, n'utilise cependant que 1% de la ressource.

Les données sur les ressources réutilisables (rejets) restent parcellaires dans la Medjerda (Tableau 2). Ainsi, les rejets domestiques, industriels et de l'élevage traités et non-traités sont estimés à 20,73 millions de m³, le drainage agricole seulement répertorié se monte à 0,8 millions de m³ alors qu'il y a eu une tentative récente de recharge de 0,01 millions de m³ de la nappe phréatique à Fahs. Concernant la qualité des rejets domestiques traités, soit 18,3 millions de m³, celle-ci laisse à désirer pour certaines STEPs qui au final, n'aide pas à améliorer la qualité de l'eau et de l'écosystème du Bassin.

Tableau 2 : Offre, Mobilisation et Demande des Ressources en Eau dans la Medjerda en 2010, millions de m³

Ressources	Potentielle	Exploitées	Mobilisables		Réutilisation Potentielle dans la Medjerda				
	s		Capacité de stockage Barrages	Capacité de stockage Lacs collinaires	Rejets Domestiques /Touristiques traités	Rejets Domestiques non-traités	Rejets Industriels non-traités	Rejets de l'Elevage	Recharge (Fahs)
	Mm ³	Mm ³	Mm ³	Mm ³	Mm ³	Mm ³	Mm ³	Mm ³	Mm ³
Eau de surface	>1.000	1.000	1.100	163					
Nappes Phréatiques	≈280	252							0,01
Nappes Profondes	≈230	28							
Nouveaux Barrages >2015			310						
Offre = Demande dont :		1.280							
Agricole	80%	1.024							0,03
Domestique	14%	179			18,3	1,4			
Touristique	1%	13							
Industrielle	5%	64					1,0		

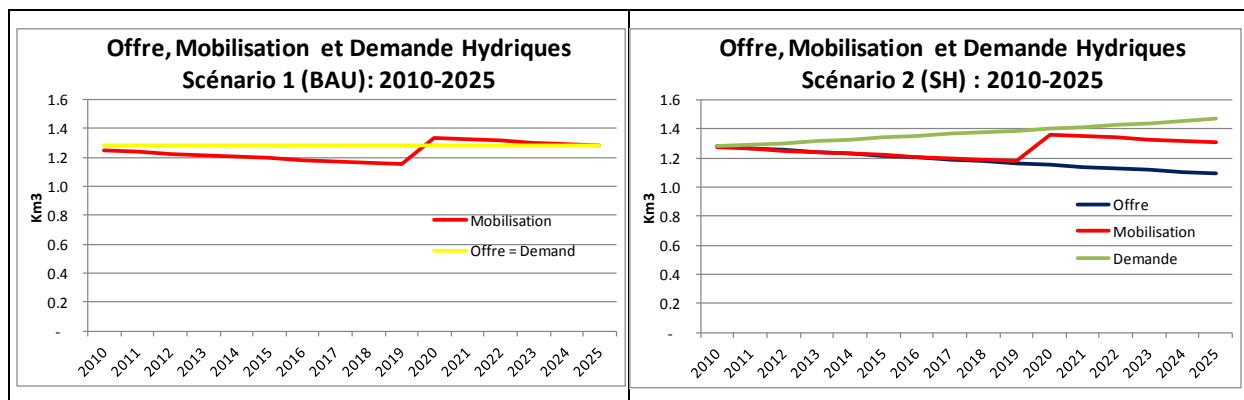
Scénario 2 Stress Hydrique : Déficit entre l'offre et la demande, Equilibres Hydriques Futurs

Les coûts prévisionnels de la dégradation de l'environnement ont été estimés à 113 millions de DT en 2025 soit 0,18% du PIB de 2010 avec des coûts cumulés de 280 millions de DT sur la période considérée par rapport au scénario 1 de référence.



Selon les projections de l'ITES (2014), un déficit hydrique à l'échelle nationale ne surviendra qu'à l'horizon 2030. Le Scénario 2 se base sur l'hypothèse que le déficit entre l'offre (-15%) et la demande (+15%) se creuse et est censé refléter la demande accrue ainsi que l'impact des changements climatiques sur les ressources en eau. Cet exercice permet de table sur l'amélioration de l'efficacité des services, de la qualité des rejets et de l'optimisation de la productivité agricole et une baisse de la pollution qui permettront d'augmenter la qualité du stock de ressources utilisables et le comparer au coût de dessalement que le Gouvernement considère d'introduire pour l'augmentation de l'offre de la ressource. La Figure 2 illustre le scénario 1 de référence avec la demande = l'offre dans le premier cadran et le scénario 2 de stress hydrique avec la demande augmentant de 15% et l'offre diminuant de 15% sur la période. Dans les deux scénarios, la capacité de stockage diminue jusqu'à la mise en eau du barrage Mellègue Amont en 2020.

Figure 1 : Scénarios 1 et 2 pour l'Offre, Mobilisation et Demande du Bassin de la Medjerda, 2010-25



Ainsi, la diversification, l'intégration et surtout la réutilisation des différentes sources d'approvisionnement sont nécessaires afin de mieux répondre à la demande croissante. Conséquemment, les axes principaux d'intervention sont donc en termes :

- i. D'intégrer le milieu rural dans le cycle de l'eau en assurant le branchement aux réseaux d'eau potable et d'égout au niveau des ménages ;
- ii. D'augmenter l'efficacité des systèmes d'adduction d'eau potable;
- iii. De traiter les rejets domestiques, industriels et agricoles afin qu'ils soient réutiliser pour d'autres activités ou utiliser pour recharger les nappes;
- iv. D'optimiser la consommation et le rendement des PPI en sélectionnant des extrants résilients aux changements climatiques et avec une plus grande valeur ajoutée ; et
- v. De développer des méthodes éprouvées de réduction de l'érosion afin de réduire le taux d'envasement des barrages afin de préserver la capacité de stockage.

Coûts Prévisionnels de la Restauration

Quatre des 5 priorités retenues ont été analysées avec des scénarios d'interventions : qualité des services eau et assainissement en milieu rural ; qualité des services de distribution en milieu urbain et rural ; qualité des ressources en traitants les rejets domestiques, industriels et agricoles ; et optimisation du rendement des PPI en déterminant seulement la valeur ajoutée des extrants sans en spécifier la culture. Seule l'érosion en amont causant l'ensablement des barrages et lacs collinaires n'a pas été considérée faute de données empiriques.

Afin de déterminer les co-bénéfices des interventions, ces priorités sont considérées en deux temps : individuellement et confrontées à des avantages d'amélioration de la qualité de vie, de la qualité de



l'environnement et de l'efficacité des services; et collectivement et confrontées aux coûts dynamiques de dessalement (Tableau 3).

Restauration sur la base des priorités considérées individuellement et confrontées aux avantages de santé, de qualité de l'environnement et de l'efficacité des services: L'amélioration des services d'adduction d'eau est de loin l'intervention la plus efficace avec un VAN de 61 millions de DT, un TRI de 112% et un ratio C/A de 6,8 suivi du traitement des rejets (7, 35% et 1,3), puis de l'adduction d'eau et de l'assainissement (10, 11% et 1,0) et finalement de l'optimisation des PPI (0,1, 10% et 1).

Restauration sur la base des priorités considérées collectivement et confrontées au coût dynamique de dessalement : Les coûts agrégés des 4 priorités ont été considérées pour cette analyse coût/avantage qui montre que cette intervention est très efficace avec un VAN de 186 millions de DT, un TRI de 23% et un ratio C/A de 1,7 et même lorsque des taux d'escompte de 5% à 15% sont considérés afin de prendre en compte l'incertitude associée aux effets des changements climatiques.

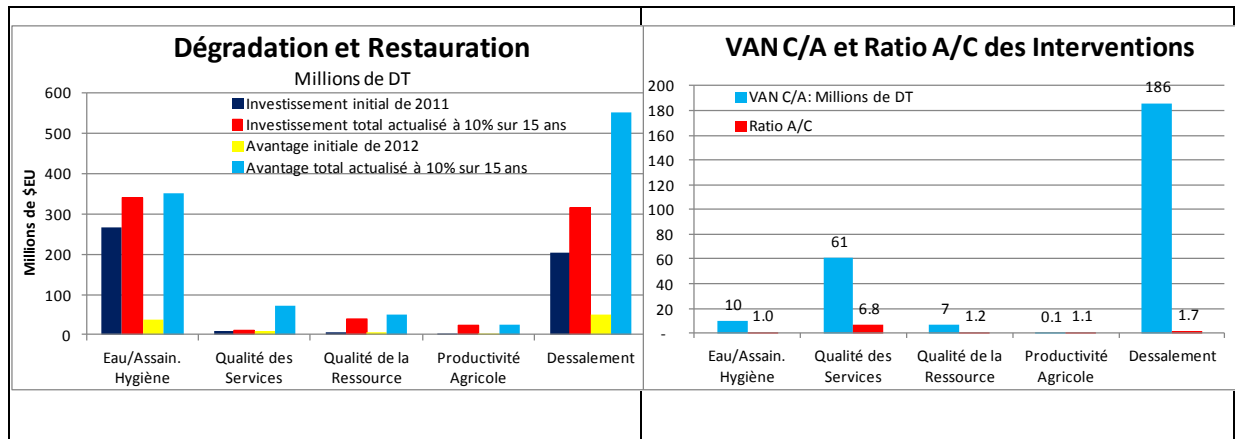
Ce dernier résultat a une dimension stratégique car il permet de justifier les interventions des 4 priorités : d'une part d'un point de vue de qualité de vie, qualité de l'environnement et d'efficacité des services; et d'autre part de substitution au dessalement (augmentation de l'offre de la ressource) par des interventions conventionnelles de gestion de la demande comme la qualité des services ciblant notamment les pauvres, de dépollution et d'efficacité des PPI.

Tableau 3 : Coûts Prévisionnels de la Restauration de la Medjerda, 2011-25 et en millions de DT

Medjerda	Investissement 2011	VAN de l'Investissement	Avantage 2012	VAN de la Restauration	Van de l'Analyse C/A	Taux de Rendement Interne	Ratio C/A
	Millions de DT	Millions de DT	Millions de DT	Millions de DT	Millions de DT	±%	
Priorités 1,2, 3 et 4 Considérés Individuellement : Total	280	415	56	499	78		
Eau, Assainissement en milieu rural	266	341	37	351	10	11%	1,0
Amélioration des Services d'Adduction d'Eau	8	11	9	71	61	112%	6,8
Traitement des Rejets	5	40	7	51	7	35%	1,3
Optimisation des PPI	1	23	3	26	0,1	10%	1,0
Priorités 1, 2,3 et 4 Agrégées et confrontées au coût de dessalement escomptés à 10%	203	315	51	550	186	23%	1,7
Sensibilité							
<i>Priorités 2,3 et 4 escomptés à 5%</i>	203	338	51	628	357	23%	1,9
<i>Priorités 2,3 et 4 escomptés à 15%</i>	203	295	51	486	85	23%	1,6



Figure 2 : Coûts Prévisionnels de la Restauration de la Medjerda, 2010-25 et en millions de DT



Conclusions et Recommandations

Le diagnostic et les analyses qui ont été développés dans ce rapport permettent d'arriver à six conclusions d'ordre général.

La réalité à laquelle les habitants de la Medjerda seront confrontés, serait de reconnaître et de relever le défi quant aux nouveaux régimes liées à la variabilité de l'eau et de la pénurie future de l'eau. Le secteur rural est un bloc important dans le six gouvernorats ; il consomme une grande proportion de la ressource, et est malheureusement le plus grand perdant lorsque la disponibilité de l'eau deviendra un problème.

Les problèmes environnementaux liés à l'eau sont difficiles à mesurer, mais les coûts sont importants dans le bassin de la Medjerda. Le coût de la dégradation liée à l'eau a été estimée à 102 millions de DT en 2010 (0,16% du PIB de 2010) et 85 millions de DT (0,13% du PIB de 2010) en 2025 soit du PIB dans le cas où l'offre et la demande sont constants dans le scénario de base. Dans le scénario de stress hydrique évolutif, où l'offre diminuera de 15% et la demande augmentera de 15 % et les implications des changements climatiques seront abordées, le coût de la dégradation sera de 113 millions de DT (0,18% PIB du 2010) en 2025 soit une augmentation cumulée de 280 millions de DT par rapport au scénario de référence. Lorsque le Scénario 2 de stress hydrique est considéré, l'équilibre hydrique future sera parallèlement affecté. L'écart entre la demande et l'offre pourrait atteindre 0,25 Mm³ en 2020 et 0,37 Mm³ en 2025. La mobilisation des ressources en eau ne pourra pas combler cet écart et bien au contraire, il est prévu que la courbe de cette mobilisation sera descendante à partir de l'année 2020 à cause de la mise en eau du Mellègue Amont.

L'évaluation des coûts de restauration a montré que les investissements pour l'amélioration de la qualité de l'eau, de l'assainissement dans les zones rurales et la sensibilisation à l'hygiène améliorent surtout la qualité de vie. De même, l'efficacité des services et la qualité de la ressource génèrent aussi des co-bénéfices car ils augmentent d'une part un volume d'eau de 118 millions de m³ en 2025 et d'autre part réalise une VAN de 186 millions de DT, un rendement de 23% et un ratio des avantages sur les coûts de 1,7 en 2025 lorsque les coûts agrégés des investissements des 4 priorités retenues sont confrontés au coût de dessalement.

Il est essentiel de reconnaître que les priorités économiques et environnementales de l'eau doivent être abordées simultanément, et une approche beaucoup plus globale dans la planification et dans l'élaboration des politiques dans ce bassin est impérative. Il est aussi essentiel de reconnaître que l'augmentation de la variabilité des précipitations et/ou la sécheresse ne crée pas seulement la vulnérabilité de l'économie, mais provoque aussi des dégâts dans l'écosystème qui subit des



pressions similaires en raison de la négligence de l'entretien du lit du fleuve et de ses flancs ainsi que les mesures anti érosives. La réponse naturelle des décideurs est d'essayer d'atténuer la situation comme la construction des barrages plutôt que de renforcer les institutions et des politiques qui aideront l'économie régionale et l'écosystème de résister à l'épreuve du temps. Le développement durable nécessite donc une planification simultanée pour ces deux préoccupations.

Les questions environnementales ne sont pas toujours considérées pleinement dans le processus de prise de décision pour deux raisons liées à la gouvernance : (i) les coûts environnementaux sont multiples et difficiles à mesurer, donc les décideurs ne sont pas souvent conscients de l'ampleur des problèmes ; et (ii) la faible voix des défenseurs de l'environnement au niveau local et régional.

Recommandations

Trois domaines d'intervention sont proposés à la lumière de ces conclusions et qui sous entendent les recommandations de la présente étude et qui sont complémentaires aux recommandations déjà proposées dans l'étude sur le coût de la dégradation des ressources en eau de la Medjerda de 2013.

Soutenir le concept d'une agence de bassin pour la Medjerda. Les problèmes environnementaux liés à l'eau et qui ont été estimés en valeur monétaire dans le scénario de stress hydrique ont démontré qu'il est impératif de ne plus maintenir le statut quo de la fragmentation des responsabilités et des interventions au niveau de chaque gouvernorat. Il y a un besoin urgent d'établir une gestion intégrée du bassin dans lequel la gestion de l'eau doit être faite au niveau du bassin pour l'allocation de l'eau, la surveillance, la conformité, et de l'implication et des interactions plus étroites avec les usagers de l'eau et des opérateurs.

Vu que l'établissement d'une agence de bassin exigerait un cadre réglementaire et institutionnel pour lequel les décideurs politiques ne pourront pas trancher dans le court terme, une commission interministérielle permanente pourrait être envisagée dans une période intérimaire. Cette commission qui sera logée soit au Ministère de l'Agriculture ou dans l'une des CRDA qui sera responsable et aura l'autorité de :

- i. gérer et arbitrer les allocations de l'eau ;
- ii. fournir des informations sur les mesures clés pour l'eau en temps réel et la gestion des ressources naturelles ; identifier et prioriser les investissements ainsi que zones spatiales critiques pour la gestion des "points chauds" ;
- iii. identifier les obstacles potentiels à la coopération et la gestion efficace avec des possibilités de surmonter ces contraintes ;
- iv. développer de nouvelles politiques de gestion durable du bassin versant ; et
- v. développer un système transparent, des processus responsables de la prise de décisions qui impliquent des dialogues et des discussions avec les communautés, les agriculteurs et les opérateurs.
- vi. établir un système de suivi systématique en utilisant des indicateurs environnementaux et sociaux en temps réel pour aider à la gestion durable des ressources.

Réduire les pertes techniques et financières des services d'approvisionnement en eau potable et d'irrigation, et pouvant aussi améliorer la gestion de l'eau. Les investissements et les mesures institutionnelles devront être orientés principalement vers trois types d'intervention:

- La réhabilitation des réseaux d'eau potable, d'assainissement et d'irrigation sur la base d'un plan d'action chiffré articulé autour d'objectifs de réduction des pertes techniques et financières ;
- Des changements structurels dans la gestion de l'eau (incitation, gouvernance,



tarification prenant en compte les exigences de viabilité financière, de conservation, et de sensibilisation des usagers) ainsi que le choix des technologies pour une plus grande efficacité sur le plan économique, financier et environnemental; et

- L'amélioration continue des indicateurs de gestion et de performance pour l'alimentation en eau potable, l'assainissement et l'irrigation.

Focaliser sur la programmation, l'efficacité des investissements et la maximisation des avantages pour l'environnement dans le secteur des eaux usées dans le milieu rural. À l'heure actuelle les investissements programmés par le gouvernement et les institutions financières internationales dans le secteur des eaux usées ne couvrent pas les zones rurales surtout dans les communes de moins de 4.000 habitants. Cette population n'a pas accès à un assainissement amélioré et encore moins leurs effluents ne sont pas traités et sont rejetés ou infiltrés dans les nappes d'eau. Il est important que :

- Le Gouvernement tranche sur le cadre réglementaire et juridique de l'assainissement des zones rurales ; et

- Des technologies à faible coût soient adoptées et que les coûts d'investissement et d'exploitation et d'entretien soient subventionnés pendant une période de 5 ans par l'Etat.



COÛTS PRÉVISIONNELS DE LA DÉGRADATION ET DE LA RESTAURATION DES RESSOURCES EN EAU DE LA MEDJERDA : 2010-2025

2. Introduction

1. En 2013, SWIM-SM a publié un rapport¹ sur le Coût de la Dégradation des Ressources en Eau du Bassin de la Medjerda dans l'objectif d'aider les décideurs à l'échelle nationale et locale à identifier et prioriser des actions concrètes visant à améliorer la gestion de ce bassin par le biais du potentiel de financement des projets lié aux avantages environnementaux et à la réduction des externalités.
2. Les coûts de la dégradation du bassin de la Medjerda ont été estimée à 192 millions de DT en 2010 avec une variation de 133 à 295 millions de DT équivalent en moyenne à près de 3,3% du PIB de la région du Bassin et à près de 0,34% du PIB courant de la Tunisie en 2010. Le coût attribuable à la santé humaine est de 81 millions DT in 2010 soit 42,5% du coût de la dégradation de la Medjerda et 63% de la catégorie eau. Ventilée par la sous-catégorie eau (130 millions de DT en 2010), les maladies hydriques représentent la majorité des coûts du Bassin de la Medjerda (81 millions de DT) suivies par la qualité de l'eau (27 millions de DT), la quantité d'eau (21 millions de DT, montant relativement bas du fait que 2010 était une saison propice) et enfin l'environnement global (1 million de DT). Ventilée par la sous-catégorie déchets (61 millions de DT en 2010), la collecte représente la majorité des coûts du Bassin de la Medjerda (38 millions de DT) suivies par la transformation des déchets (13 millions de DT), l'enfouissement (10 millions de DT) et enfin l'environnement global (1 million de DT).
3. Sur la base de ces résultats, cinq domaines d'intervention ont été proposés pour la gestion intégrée et durable des ressources en eau de la Medjerda. La première intervention était « ***La réorientation progressive de la politique d'intensification de l'exploitation des ressources naturelles***, notamment dans le cadre de la mobilisation des ressources en eau. Cette réorientation pourra se faire sur la base de critères qui incluent explicitement **la performance économique et la dégradation et la rareté des ressources du bassin de la Medjerda** ».
4. Au cours de la présentation de cette étude devant le Comité Directeur de SWIM-SM à Athènes du 11-13 novembre 2013, et en la présence du représentant de la délégation tunisienne, le Comité a recommandé d'approfondir cette recommandation en intégrant les externalités environnementales dans la gestion des ressources en eau au niveau de ce bassin.
5. Suite à la publication du rapport du Coût de la Dégradation des Ressources en Eau du Bassin de la Medjerda, trois événements importants ont marqué la souveraineté de l'Eau en Tunisie en 2014.
6. Le plus important événement au niveau politique s'est traduit dans l'inclusion dans la nouvelle Constitution² Tunisienne, promulguée le 27 janvier 2014, de la garantie explicite du « droit à l'eau » et a mentionné « le devoir de l'Etat et de la société à sa préservation et la rationalisation de son exploitation (article 44) ». Le préambule de la Constitution a notifié par ailleurs « la nécessité de garantir la pérennité des ressources naturelles. Ces dernières appartiennent au peuple Tunisien, et l'Etat exerce sa souveraineté sur ces ressources au nom du peuple (article 13) ».

¹ Arif et Doumani. 2013. Tunisie : Coût de la Dégradation des Ressources en Eau du Bassin de la Medjera <www.swim-sm.eu>.

² www.tunisie-constitution.org/fr



7. Le second évènement au niveau sectoriel est la présentation et le débat de la revue sectorielle de l'eau³ qui a été préparée pour la première fois par les experts nationaux dans le domaine de l'eau sous l'égide du Bureau de la Planification et des Équilibres Hydrauliques (BPEH) du Ministère de l'Agriculture. Cette revue sectorielle a décrit d'une manière compréhensive, les cadre réglementaire et institutionnel du secteur de l'eau, la description de la situation actuelle de ce secteur, les défis, les éléments essentiels des programmes prévisionnels de l'année 2014 ainsi qu'une conclusion générale dans laquelle « la Tunisie tend à développer son approche future de gestion vers un système qui vise plus la préservation de ses rares ressources et leur utilisation d'une manière plus efficace; ... l'amélioration des performances de l'irrigation, où produire plus avec moins d'eau se présente comme une obligation ».
8. Le troisième évènement d'ordre stratégique est la préparation de la Vision et Stratégie Eau 2050 qui est cofinancée par la Facilité Africaine de l'Eau de la Banque Africaine de Développement (BAD).⁴ L'objectif de la vision et de la stratégie est « d'assurer une planification dynamique, à l'horizon 2050, des activités de développement et de gestion des ressources en eau sur la base d'une vision et d'une stratégie structurées, intégrées et participatives ».
9. Au cours du débat⁵ sur le rapport qui s'est tenue le 24 juin 2014 en présence de S.E. le Ministre de l'Agriculture, les participants ont proposée plusieurs recommandations dont deux sont pertinentes pour cette étude notamment :
 - La préservation des ressources en eau contre la surexploitation et la pollution, parmi elle en :
 - Tenant compte des besoins environnementaux des écosystèmes dans la planification des ressources en eau.
 - La mobilisation de l'eau, sa valorisation et son économie en :
 - Faisant des choix optimaux des cultures irriguées compétitives sur le marché.
 - Œuvrant pour la valorisation des eaux vertes.
 - Donnant une dimension économique dans les investissements.
10. Parallèlement à cette étude, l'Observatoire Tunisien de l'Environnement et du Développement Durable (OTEDD), en collaboration avec la GIZ, a publié le Guide de Durabilité de l'Agriculture en Tunisie⁶ qui a proposé neuf axes stratégiques répondant aux exigences de la durabilité de l'agriculture. L'un de ces axes sur le renforcement de la durabilité est la «**détermination des valeurs économiques des dégradations de l'eau et conception des actions de restauration** ».
11. Finalement, les résultats de cette étude pourra s'inscrire parmi les documents de base pour la préparation par le Ministère de l'Agriculture de la Vision et Stratégie Eau 2050.

³ Ministère de l'Agriculture: Revue Sectorielle de l'Eau, Juin 2014

⁴ BAD: Élaboration de la Vision et de la Stratégie Eau 2050 de la Tunisie.

⁵ Ministère de l'Agriculture, Compte Rendu de la Revue Sectorielle de L'Eau, 24 Juin 2014.

⁶ OTEDD: Guide de Durabilité de l'Agriculture en Tunisie.



3. Objectif et Contenu de l'Étude

12. C'est dans le contexte des recommandations de ces études que s'inscrit l'évaluation environnementale du secteur de l'eau dans le bassin de la Medjerda. Quoique ces recommandations peuvent s'appliquer sur l'ensemble des cours d'eau en Tunisie, cette évaluation se limitera uniquement sur le bassin de la Medjerda, comme pilote et dont la méthodologie peut être appliquée sur les huit autres bassins versants de la Tunisie. Le choix du bassin de la Medjerda est basé sur le fait que c'est le fleuve le plus long de la Tunisie, et est considérée comme le château d'eau du pays. En plus, c'est le seul fleuve en Tunisie pour lequel le coût de la dégradation des ressources en eau a été estimée en valeur monétaire. La valeur ajoutée de cette étude par rapport à l'étude du Coût de le Dégradation des Ressources en Eau du Bassin de la Medjerda est résumée dans l'Encadré 2.1.

Encadré 2.1 : Valeur Ajoutée de la Présente Etude

La présente étude a comme ligne directrice principale de justifier des interventions basées sur la demande pour générer des co-bénéfices en termes d'améliorer d'une part l'efficacité des services municipaux et agricoles ainsi que d'autre part la qualité de la ressource dans le but d'augmenter l'offre des ressources en eau entre 2010 et 2025.

Ceci est fait en 4 temps :

- Projeter les équilibres hydriques et les coûts de la dégradation entre 2010 et 2025 selon un scénario de référence.
- Projeter les équilibres hydriques et les coûts de la dégradation entre 2010 et 2025 selon un scénario de stress hydrique où la demande augmente de 15% et l'offre diminue de 15% en tenant compte notamment des effets dus aux changements climatiques.
- Analyser 4 des 5 interventions prioritaires et efficaces qui dégagent des co-bénéfices:
 - Connecter tous les ménages en milieu rural aux réseaux d'adduction d'eau et d'assainissement à l'égout dans la Medjerda afin d'inclure le milieu rural dans le cycle de l'eau réutilisable.
 - Améliorer l'efficacité des services d'adduction d'eau en réduisant les fuites techniques de réseaux (20%).
 - Améliorer la qualité des ressources en eau en traitants tous les rejets domestiques, touristiques, industriels et agricoles.
 - Améliorer l'efficacité des PPI en optimisant la consommation d'irrigation tout en tablant surtout sur des extrants résilients aux effets des changements climatiques avec la plus haute valeur ajoutée (la valeur optimale nécessaire est simplement calculée mais la variété d'extrants n'est pas suggérée).
 - Augmenter la capacité de stockage des barrages en en réduisant l'ensablement par des interventions judicieuses permettant de réduire l'érosion en amont. Quoique essentielle, cette priorité n'as pas été analysée du point de vu économique en attendant la production d'études empiriques permettant d'établir une causalité entre les interventions en amont et la réduction de l'ensablement des barrages et du lit du fleuve.



- Confronter les priorités agrégées au coût dynamique du dessalement pour démontrer la très grande rentabilité des 4 priorités des ressources en eau (meilleurs services et dépollution) par rapport à l'option du dessalement.

13. Cette présente étude s'est focalisée sur l'impact des ressources et sur la qualité de l'eau, l'amélioration des services de l'eau et de l'assainissement surtout au milieu rural et le coût de la dégradation de l'environnement avec une projection de 2010 (année de base) à 2025 basée sur deux scénarios : le scénario de référence qui reflète la situation existante du bassin et le scénario évolutif en tenant compte de l'augmentation de la demande, la diminution de l'offre notamment due à l'impact des changements climatiques.

3.1 OBJECTIF DE L'ÉTUDE

14. L'objectif de la présente étude est de projeter les résultats des coûts prévisionnels de la dégradation et de la restauration du bassin de la Medjerda afin d'incorporer les considérations environnementales dans l'appui à la décision, au développement et à la hiérarchisation de certains plans d'investissements rentables dans le futur qui viendraient enrichir la réflexion s'inscrivant dans le cadre de la formulation de la Vision et Stratégie Eau à l'horizon 2050 du Gouvernement.

3.2 COMPOSANTE DE L'ÉTUDE

15. Cette étude comprend:
- a. l'évaluation des perspectives de croissance en ce qui concerne la disponibilité de l'eau et de l'utilisation;
 - b. la préparation des «plus probables» scénarios de demande pour l'évaluation des options d'approvisionnement en eau ainsi que leurs répercussions sur l'environnement, notamment le changement climatique sur une base sectorielle, en accordant une attention à l'agriculture et à l'industrie; et
 - c. l'élaboration de recommandations sur la base d'une analyse coûts-avantages qui permettrait au Ministère de l'Agriculture d'analyser les projets d'investissement proposés, tout en considérant les instruments économiques nécessaires pour encourager l'investissement dans la conservation de l'eau, de son efficacité et de son accessibilité.
16. Les résultats visés sont :
- a. Un aperçu des aspects environnementaux des problèmes de gestion du bassin versant de la Medjerda ;
 - b. Une évaluation du coût de l'environnement dans le bassin de la Medjerda incluant la dégradation écologique et la santé;
 - c. Une analyse économique pour certaines alternatives prioritaires;
 - d. Des recommandations concrètes afin d'intégrer les avantages dont bénéficiera l'environnement et d'améliorer la gestion de ce bassin.
17. Le coût de la dégradation de l'environnement peut être envisagé comme une mesure du bien-être perdu en raison de la dégradation des ressources en eau. Une perte en termes de bien-être comprend, sans s'y limiter nécessairement :



- a. Une perte en termes de vie en bonne santé et de bien-être de la population (par exemple, le fardeau de la maladie) ;
- b. Des pertes économiques (par exemple, des revenus auxquels certains agents économiques ont dû renoncer) ; et
- c. Une perte en termes d'opportunités relatives à l'environnement et à l'eau (par exemple, une perte en termes de tourisme, de ressources halieutiques et de biodiversité).



4. Aperçu du Bassin de la Medjerda

4.1 PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DU BASSIN DE LA MEDJERDA

18. Les principales caractéristiques du bassin de la Medjerda sont résumées dans l'Encadré 3.1.

Encadré 3.1 : Principales Caractéristiques du Bassin de la Medjerda

Longueur du fleuve: 450 km en Algérie et en Tunisie dont 350 km en Tunisie.
Superficie du bassin versant: 15.930 km², soit 9,7% de la surface de la Tunisie.
Population: 2,2 millions d'habitants (21,2% de la population totale) dont 0,9 million d'habitants en milieu rural en 2010.
Ouvrages d'art : 10 barrages.

Agriculture : 25% du secteur agricole et région la plus fertile de Tunisie.
Eau potable : Principale source pour plus de 3,8 millions d'habitants comprenant les habitants de la Medjerda et du Grand Tunis (Tunis et Ben Arous) ainsi que d'autres régions limitrophes. Ces dernières dépendent plus ou moins ponctuellement des ressources en eau de la Medjerda mais ne sont pas incluses dans l'analyse.

Source : Arif et Doumani (2012).

19. Le Bassin de la Medjerda, qui couvre six gouvernorats, notamment Jandouba, Béja, Le Kef, Siliana, Ariana et Manouba, est divisé entre trois tronçons (Figure 3.1):
- La haute Medjerda.
 - La moyenne Medjerda.
 - La basse Medjerda.
20. La Haute Medjerda⁷ est la partie la plus élevée du bassin. Elle commence depuis le Mont de la Medjerda de 1.000 m en Algérie et descend rapidement jusqu'à 200 m près de la ville de Guardimao en Tunisie sur la frontière Algéro-Tunisienne et se termine au niveau du grand barrage de Sidi Salem. En 2013, le barrage de l'Oued Zarga est entré en exploitation avec une capacité de retenue de 24 millions de m³, et un volume régularisable de 16 millions de m³/an.⁸ L'eau dans cette partie est très abondante car elle provient des affluents des Oued Bouheurtma, Oued Méllègue, et Oued Tessa. La concentration des périmètres irrigués est de 51.000 ha, a une vocation céréalière à sec, et produit de la betterave du sucre, les cultures maraichères et le blé.
21. La Moyenne Medjerda⁹, prend fin près de la ville d'El Aarroussia. Ses affluents sont les oueds Oued Khaled et Oued Siliana. C'est dans cette partie que les villes de Tesfour et Madjez el Bab ont subi les plus grandes inondations en 1973 et 2003 où la hauteur des eaux a dépassé 13 m. Comme la haute Medjerda, l'eau est abondante et essentiellement de bonne qualité, et le système d'irrigation est relativement moderne. La surface des périmètres irrigués est de 21.000 ha avec une vocation de grande culture et de maraîchage mais avec une faible intensification.

⁷ Jaziri Brahim, Thèse de Doctorat, École Normale Supérieure, 2008-2009.

⁸ Ministère de l'Agriculture: Revue Sectorielle de l'Eau, Juin 2014.

⁹ Idem.



Tableau 3.1 : Classification des Périmètres Irrigués des trois tronçons de la Vallée de la Medjerda

Classes de Périmètres Principaux	Gouvernorats	Sous-Classes	Vocation Culturelles	Caractéristiques
Haute et Moyenne Vallée de la Medjerda	Jendouba-Béja-Siliana (51.000 ha)	PPI récents sur barrages	Grandes cultures	Hydromorphie/drainage localisé Faible intensification en été Nécessité de réhabiliter les infrastructures
	Le Kef-Zeghouan (21.000 ha)	PPI récents sur forages	Grandes cultures /Maraichage	Faible intensification agricole
Basse Vallée de la Medjerda	Bizerte (16.000 ha)	PPI récents sur barrages	Grandes cultures	Faible intensification agricole
	Ariana-Manouba (21.000 ha)	PPI récents sur gravitaire	Polycultures	Hydromorphie/drainage Faible intensification en hiver Infrastructure très vétuste

Source : Ministère de l'Agriculture.

4.2 SOURCES DE POLLUTION DE LA MEDJERDA

25. Dans le rapport sur le coût de la dégradation des ressources en eau de la Medjerda, les sources de pollution ont été identifiées comme suit :
- les rejets d'eaux industrielles non raccordées au réseau de l'ONAS;
 - les rejets des eaux traitées issues des STEPs ;
 - les rejets des eaux usées urbaines non traitées ;
 - les drainages des eaux usées rurales non traitées ;
 - les drainages des pesticides, phosphates et nitrates utilisés par les activités agricoles;
 - les drainages des eaux usées dus aux activités d'élevage;
 - les drainages des abattoirs ;
 - les transferts des métaux lourds des anciennes mines et d'une mine toujours en activité ; et
 - les drainages issus des déchets solides et des lixiviats surtout durant la saison des pluies.
26. La pollution due aux eaux usées qui proviennent soit des 19 stations d'épuration ou des villes qui ne sont pas équipées de système de traitement constituent 90% des rejets de la Medjerda. Les 19 stations traitent approximativement 12 millions de m³ à raison de 15.000-1.000 m³/j et 2,27 millions/an de rejets ne sont pas encore traités. La concentration de coliforme dans les points d'eau de Jandouba et de Boussalem a atteint 11.000 coliformes/100 ml pour certains prélèvements. Les charges polluantes après traitement sont en DBO₅ est de 325 tonnes/an, l'azote 782 tonnes/an et 115 tonnes/an de phosphore. L'azote et le phosphore sont responsables de l'eutrophisation sur les retenues des deux barrages de Sidi Salem et de Siliana. Le problème des boues des STEPs, estimé à 5.580 tonnes/an, est géré ponctuellement, et une étude cofinancé par la KfW est en cours pour le traitement et la valorisation des boues sur tout le territoire tunisien. Le volume des rejets domestiques est réparti sur 16 zones rurales et demeure inconnu étant donné qu'aucune institution n'est responsable des traitements des eaux usées des villages de moins de 4.000 habitants. Ces



rejets sont soit versées dans les fosses septiques ou dans des puits perdus ou percolés dans le sol.

27. La pollution industrielle¹³ est causée à 90% par l'industrie agro-alimentaire (tomate, lait, sucres, huiles d'olives), et les abattoirs, dont les principaux contaminants sont la DBO₅ et la DCO avec des rejets de 80.700 m³/an. L'industrie du papier et carton et quelques industries liées aux secteurs du textile, métallurgique, automobile et plastique rejettent des matières en suspension, des hydrocarbures, des acides gras, des composés organochlorés. La pollution minière est due à 12 mines abandonnées et contiennent dans leurs sédiments du plomb, du zinc, du fer et du cadmium.
28. Les déchets ménagers constituent aussi une source importante de pollution. La quantité des déchets générés est de 160,000 tonnes/an et leur enfouissement se fait dans 7 décharges semi contrôlées et 31 décharges sauvages. L'étude de faisabilité cofinancé par la GIZ a proposé l'établissement de 2 méga-décharges, la première entre Siliana et le Kef dans la haute Medjerda et la seconde entre Béja et Jandouba dans la moyenne Medjerda ainsi que 37 centres de transfert pour les communes urbaines et 40 quais pour les zones rurales avec des investissements estimés à 30,5 millions de DT. Une phase intermédiaire est prévue jusqu'en 2018 par l'établissement de 20 centres de transfert, et d'un projet pilote de valorisation par traitement biologique de 100 tonnes/jour.
29. A titre illustratif, le Tableau 3.3 présente la liste des rejets et des sources de pollution identifiés¹⁴ dans le cadre de l'étude "Actualisation de l'inventaire des sources de pollution hydrique", réalisée par le Ministère de l'Environnement en 2004. La répartition des sources de pollution n'a pas été réactualisée, cependant l'ordre de grandeur des catégories en fonction de pourcentage des sources de pollution devrait plus ou moins être la même.

¹³ ANPE/Agence de l'Eau/Comité de Coopération Marseille Provence Méditerranée : Caractérisation des Pollutions de l'Oued Medjerda en Tunisie, Septembre 2011.

¹⁴ Idem.

Tableau 3.3 : Répartition des sources de pollution sur le cours principal de la Medjerda, en m³/jour et en %

Catégories - Secteurs d'activité	m ³ /jour	%
Eaux usées	48 048	95,0
Eaux usées des villes	3 508	
Eaux issues des STEP	44 540	
Agriculture	70	0,1
Élevage de bovins, production de lait	30	
Cultures de céréales	40	
Secteur industriel agroalimentaire	2 213	4,4
Abattage d'animaux	90	
Pâtisserie industrielle	10	
Industrie de conservation Tomates	600	
Fabrication de levure	300	
Fabrication de produits laitiers et de fromages	563	
Fabrication de sucre	532	
Fabrication d'huile d'olive	114	
Industrie de conservation de fruits	4	
Secteur industriel de base	221	0,4
Fabrication d'autres huiles et graisses raffinées	46	
Fabrique de papier et de carton	5	
Fabrication de matière plastique de base	10	
Fabrication de briques, céramique	132	
Fabrication d'équipement automobiles	18	
Ennoblement de textile	10	
TOTAL REJET 2004 (m³/jour)	50 552	100

Source : Direction Générale de l'Environnement et de la Qualité de vie, Novembre 2004.

4.3 QUALITE DES EAUX DE SURFACE DE LA MEDJERDA

30. Le contrôle de la qualité des eaux par l'ANPE a montré que la Medjerda est fortement minéralisée¹⁵ avec une augmentation de la salinité depuis la Haute Medjerda avec une médiane de 1 g/litre vers la Medjerda moyenne de 1,3 g/litre jusqu'à la basse Medjerda avec une médiane de 2 g/litre dépassant ainsi le seuil européen de 0,2 g/litre. Ceci est dû au drainage des terres agricoles à cause de l'intensification de l'agriculture irriguée et des activités industrielles. Le niveau des eaux souterraines sont aussi salines de l'ordre de 1,5-2

¹⁵ ANPE/Agence de l'Eau/Comité de Coopération Marseille Provence Méditerranée : Caractérisation des Pollutions de l'Oued Medjerda en Tunisie, Septembre 2011.



g/litre et peuvent atteindre 5 g/litre à 7 g/litre surtout dans les zones côtières de la basse Medjerda par l'intrusion marine.

31. La teneur en nitrate a connu une nette amélioration en comparaison des années 2005-2007 avec des médianes ne dépassant pas 10 mg/litre pour les trois tronçons de la Medjerda, cependant la teneur en phosphate et ortho-phosphates est élevée dans les trois tronçons surtout aux alentours des stations d'épurations de Boussalem et Béja (10-12 mg/litre), Testour (18 mg/litre), et de Medjez el Bab (21 mg/litre). Ces mesures élevées sont dues à l'utilisation intensive des engrais phosphatés et azotés ainsi que les pesticides.
32. Les teneurs en coliformes sont élevées aux alentours des eaux de surfaces des STEPs de Jandouba et de Bou Salem, Béja et l'Oued Siliana dans la Haute Medjerda et qui ont atteint plus de 11.000 coliformes totaux par 100 ml dans la haute Medjerda. Ces teneurs sont principalement liées aux eaux usées non traitées qui se déchargent dans le fleuve.
33. L'entretien du lit du fleuve a été négligé à cause de la sédimentation et la végétation qui ont, en effet, des conséquences néfastes et sont la cause de la réduction des eaux. Dans la haute et la moyenne Medjerda, le débit est supposé être de 500 m³/sec, il est réduit à 100 m³/sec et à la moindre pluie les flancs du fleuve sont débordés. La source de la végétation est due à l'utilisation excessive des pesticides et des engrais phosphatés et azotés, ainsi que les différents polluants des rejets industriels qui ont aidé à la prolifération de cette végétation. Les barrages qui sont interconnectés par des canaux ou par des rivières sont aussi touchés par la végétation qui ralentit l'écoulement des eaux de surface.
34. Le fleuve de la Medjerda est doté de 230 stations de pluviométrie dont 200 sont en fonctionnement. Le projet PISEAU II cofinancé par la Banque mondiale, l'Agence française de Développement (Afd) et la Banque africaine de Développement (ADB) prévoit l'acquisition par l'ANPE et l'installation de 7 stations automatiques en temps réel pour mesurer la qualité de l'eau dans le bassin versant de la Medjerda. Cette acquisition est en cours.

4.4 EFFETS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LES RESSOURCES EN EAU DANS LA MEDJERDA

35. La Tunisie a préparé avec l'assistance de la GIZ une Stratégie¹⁶ nationale d'adaptation de l'agriculture tunisienne et des écosystèmes aux changements climatiques en janvier 2007 qui a été suivie en 2012 par une Stratégie nationale sur le changement climatique.¹⁷ Le modèle HadCM3¹⁸, aux horizons de 2020-2050, a montré que dans la région de la Medjerda, l'augmentation moyenne annuelle de la température est prévue d'être de 0,8 °C à l'horizon 2020 et 1,6-1,8 °C en 2050. Les précipitations moyennes baisseront de 5-8% à l'horizon 2020, et de 11-15% à l'horizon 2050.
36. Au niveau de la ressources en eau, l'effet des changements climatiques ne serait pas négligeable mais il est difficile d'en préciser l'importance faute d'information disponible. Cependant, il est prévu que dans les zones humides telles que la Medjerda, une augmentation de la température et une baisse de la pluviométrie peuvent entraîner la dégradation de la qualité de l'eau due à l'augmentation de la salinité en période sèche et une

¹⁶ Ministère de l'Environnement, GIZ, GOPA, ExAConsult : Stratégie nationale d'adaptation de l'agriculture tunisienne et des écosystèmes aux changements climatiques, Janvier 2007.

¹⁷ Ministère de l'Environnement, GIZ, Groupement Alcor, TEC: Stratégie Nationale sur le Changement Climatique, *Rapport de la stratégie*, Octobre 2012.

¹⁸ Le HadCM3 est un modèle de circulation générale couplé atmosphère océan développé par le Hadley Centre (UK). Les résultats du modèle sont utilisés pour identifier les élévations de température et la baisse probable des précipitations. Les horizons de projection sont 2020 (2011-2040), et 2050(2041-2070) par rapport à la période de références (1961-1990).



diminution de la recharge naturelle de nappes phréatiques. Ceci pourra en résulter une surexploitation des eaux souterraines pour compenser le déficit de l'eau pour l'irrigation et accentuera la salinité et l'intrusion marine dans le cas où il y aurait une élévation du niveau de la mer qui est projetée d'atteindre 50 cm à l'horizon 2050.¹⁹

37. L'effet des changements climatiques pourra affecter aussi la qualité des sols dans le bassin de la Medjerda surtout l'arboriculture²⁰ qui est pratiquée en grande proportion. Cependant la diversification de systèmes de cultures ainsi que l'introduction des nouvelles techniques d'irrigation a montré que la salinité ne sera pas un soucis majeur par comparaison au scénario de référence et que cette diversification pourrait réduire la tendance de salinité.

4.5 CADRE INSTITUTIONNEL DU BASSIN DE LA MEDJERDA

38. Le cadre institutionnel a été largement expliqué dans le rapport sur le coût de la dégradation des ressources en eau de la Medjerda et pour lequel le rôle et la responsabilité des différentes institutions ont été clarifiés et dont le schéma est présenté dans la Figure 3.2 ci-dessus.
39. La Gestion des Ressources en Eau est toujours contrôlée par l'État. Cette gestion a été assurée par l'Office de Mise en Valeur de la Vallée de Medjerda (OMVVM) de 1958 à 1970, puis par 12 Offices de Mise en Valeur Agricole (OMIVA) qui ont été créés entre 1970 et 1980. Ces offices ont été dissous en 1990 et remplacés par les six Commissariat Régionaux au Développement Agricole (CRDA) qui sont des établissements publics à caractère administratif. Les trois directions générales du Ministère de l'Agriculture et leur directions correspondantes au sein des CRDA ont la responsabilité de l'application de la loi, des règlements et des investissements. La Direction Générale des Ressources en Eau (DGRE) est responsable de l'évaluation et du suivi de la ressources de l'eau ; la Direction Générale des Barrages et des Grand Travaux Hydrauliques (DGBGTH) a la charge de concevoir et d'exploiter les grands barrages, et la Direction Générale du Génie Rural (DGGR) a la responsabilité de construire et exploiter les infrastructures d'irrigation et de captage de l'eau potable. Cette politique de décentralisation a été accompagnée par l'établissement des Associations d'Intérêt Collectif (AIC) puis Groupements de Développement Agricole (GDA) qui sont responsables de la gestion de distribution de l'eau potable et de l'eau d'irrigation.
40. Malgré les investissements remarquables et les acquis indéniables dans le domaine des grands travaux hydrauliques, les infrastructures de base et d'irrigation, dans l'eau potable et l'assainissement que les subventions de l'Etat, les faiblesses dans le système de la gestion de l'eau particulièrement reliée à l'environnement dans la Medjerda sont essentiellement les suivantes :
 - a. Le Bassin de la Medjerda demeure toujours dans un mode de gouvernance étatique et fortement contrôlée au niveau national par les directions générales du Ministère de l'Agriculture et au niveau régional par les CRDAs. La décentralisation pour une gouvernance participative n'a pas été accompagnée par des pouvoirs de prise de décision au niveau local et de concertation publique surtout avec la société civile, et les utilisateurs. La Medjerda, avec ses problèmes de gestion de distribution, d'exploitation, de transfert et de qualité de l'eau incarne la problématique réel qui se trouve dans d'autres bassins en Tunisie. Un changement de gouvernance dans ce bassin servirait de

¹⁹ EURONET CONSULTING, Profil Environnemental de la Tunisie, 2012.

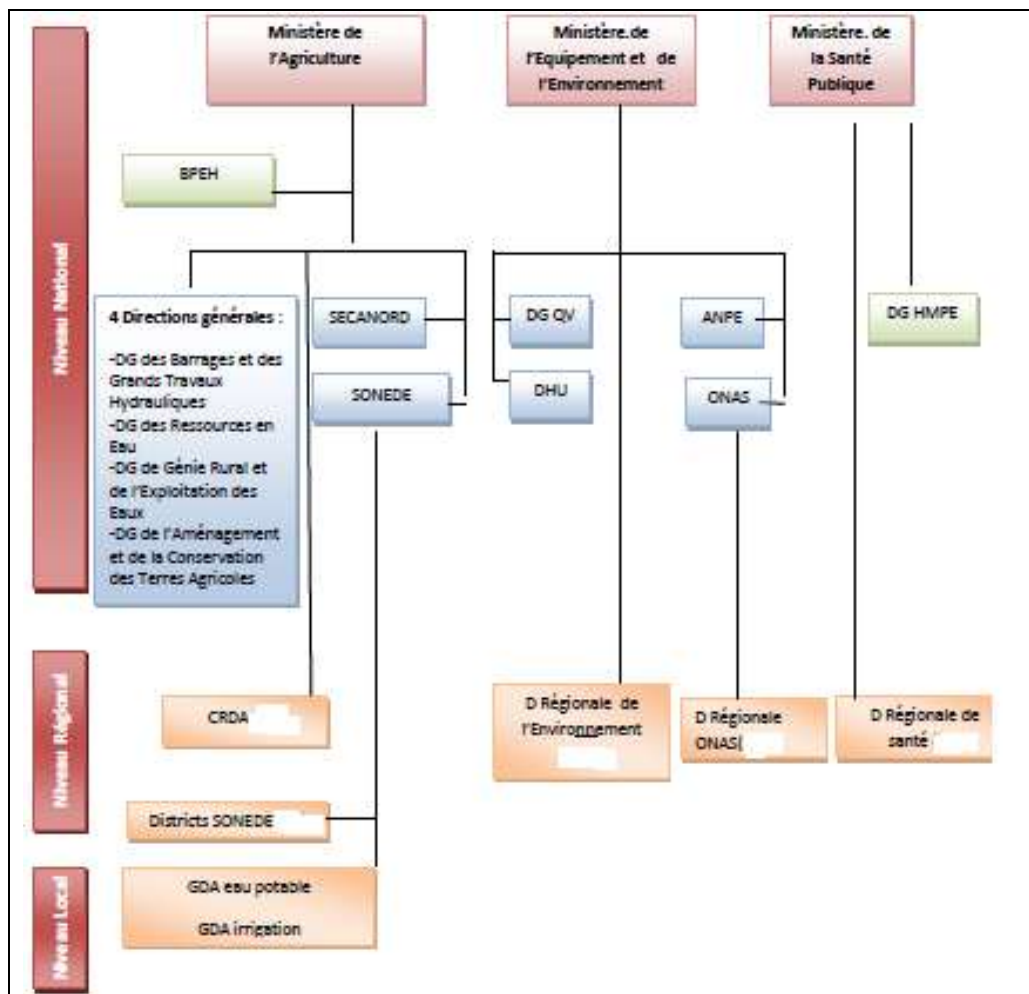
²⁰ Chabchoub, M.A. 2011. Evaluation des systèmes de production méditerranéennes dans un contexte de changements climatiques. Cas de la Basse de Vallée de la Medjerda en Tunisie. Série « Master of science » n°113. Institut Agronomique Méditerranéen de Montpellier. CIHEAM-IAMM n°113-2011.



champ de travail pour sensibiliser les décideurs à repenser la gouvernance de l'eau aux échelles nationale, régionale et locale.

- b. Les séparations institutionnelles entre les CRDA eux mêmes d'une part et les instances environnementales (ANPE, ANGED, ONAS, APAL) de l'autre part n'ont pas favorisé une approche globale de la gestion et de la protection des ressources naturelles dans ce bassin. Malgré la création des comités interministériels sur la Medjerda, ils sont plutôt au stade de pilotage pour des projets concrets avec un impact limité sur les aspects environnementaux de ce bassin.
- c. Les liens eau et environnement, agriculture et environnement, eau et changements climatiques sont mal compris par manque d'arguments notamment économiques (analyses coût/avantages, analyses impact coûts) pour convaincre les acteurs de la nécessité d'intégrer les aspects environnementaux dans leurs stratégies sectorielles. En l'absence de modalités appropriés d'une gestion intégrée, y compris le manque d'arbitrage transparent et équitable entre les usagers, la Medjerda subit multiples formes de pressions qui continuent à contribuer à la dégradation de ce bassin. De plus, les effets des changements climatiques viendraient aggraver les pressions sur ce bassin.

Figure 3.2 : Schéma Institutionnel de la Medjerda



Source : Ministère de l'Agriculture: Revue Sectorielle de l'Eau, Juin 2014.



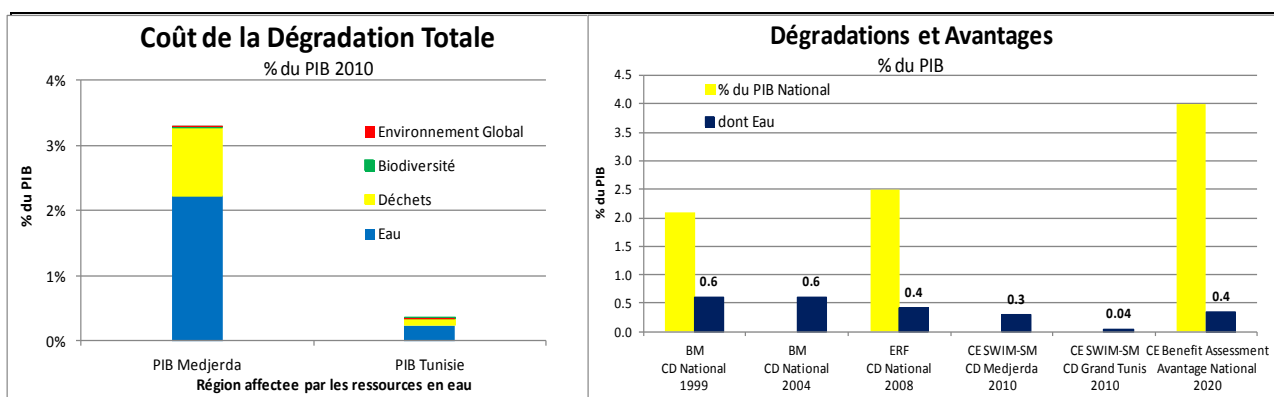
41. Le manque d'actualisation des études et des mesures en temps réel sur la qualité de l'eau et, des sources de pollution constitue une lacune importante pour les décideurs dans les différents secteurs qui semblent peu informés sur les enjeux environnementaux de la Medjerda. Des mesures, et informations environnementales rigoureuses et ses interactions avec les différents secteurs et utilisateurs de l'eau est une nécessité pour la pérennité de ce bassin qui contribuent au développement socio-économique de la Tunisie.
42. Une étude sur la gouvernance du bassin de la Medjerda est en cours de réflexion par S.E. le Ministre de l'Agriculture. Quatre options ont été proposés notamment :
 - a. La création d'une agence de bassin.
 - b. Un département ou une division au sein des CRDAs.
 - c. Une direction dans l'une des directions générales de la DGRE ou la DGGREE.
 - d. Une nouvelle direction au sein du Ministère de l'Agriculture.
43. De même, le programme d'appui aux politiques de gestion des ressources en eau pour le développement rural et agricole (PAPS EAU) financé par la Commission Européenne, aura des répercussions sur les enjeux environnementaux et sur la gestion des eaux et des sols du bassin de la Medjerda. Ce programme de 10 millions d'€ financera une assistance technique générale pour la BPEH ainsi que 4 études pour lesquelles des bureaux conseils ont été déjà retenus. Ces études sont :
 - a. Programme national de l'économie de l'eau.
 - b. Formulation de la stratégie de conservation des eaux et des sols.
 - c. Prospective de la SONEDE jusqu'à 2030.
 - d. Appui à l'Institut de la Recherche et de l'Enseignement Supérieurs Agricoles (IRESA) pour les acquis de la recherche dans le domaine de l'eau.



5. Revue des Coûts de la Dégradation Environnementale en Tunisie

44. De nombreuses études sur la dégradation de l'environnement à l'échelle nationale, régionale et sectorielle ou sur les avantages tirés suite à une réduction de la pollution ont été réalisées en Tunisie au cours des quatorze dernières années. Les résultats de ces évaluations, qui couvrent d'habitude une année de base, ainsi que les résultats de l'évaluation de la dégradation environnementale des ressources en eau dans le bassin de la Medjerda et le Grand Tunis ont été revus dans le rapport sur le coût de la dégradation des ressources en eau de la Medjerda. La Figure 4.1 (deuxième cadran a été modifiée pour tenir compte des résultats du rapport susmentionné.

Figure 4.1 : Revue des coûts de la dégradation (CD) et des avantages environnementaux de la Medjerda et en Tunisie



Source : Sarraf et al. (2004) ; Banque mondiale (BM, 2007) ; ERF (2011) ; CE ENPI (2011) ; et CE SWIM-SM Arif et Doumani (2012).

45. Le rapport sur le coût de la dégradation des ressources en eau du Bassin de la Medjerda²¹ (Figure 4.1, premier cadran) a permis de calculer les coûts de la dégradation qui atteignent 214 millions de DT pour la Medjerda et le Grand Tunis en 2010 avec une variation de 149 à 324 millions de DT équivalent en moyenne à près de 0,34% du PIB courant mais 0,85% du PIB constant (par rapport à 2000) de la Tunisie de 2010. Concernant la Medjerda, les coûts de la dégradation sont de 192 millions de DT en 2010 avec une variation de 132 à 296 millions de DT équivalent en moyenne à près de 3,3% du PIB de la région du Bassin. Le coût attribuable à la santé humaine est de 81 millions DT in 2010 soit 42,5% du coût de la dégradation de la Medjerda et 63% de la catégorie eau mais se focalisera pertinemment sur les dommages causés par la pollution hydrique et par la dégradation des ressources naturelles.

²¹ Arif et Doumani (2013).



6. Méthodologie, Calibrage et Limites de l'Évaluation, et Catégorie

46. Les coûts prévisionnels de la dégradation ont été évalués en utilisant les données disponibles dont la source ne peut pas être entièrement fiable. De plus, les lacunes dans les données ont nécessité de faire plusieurs hypothèses. Les résultats sont donc considérés **à titre indicatif** et permettent de fournir un ordre de grandeur. Par ailleurs, il est difficile de délimiter de façon précise la dégradation de l'environnement qui est strictement d'origine naturelle et celle qui est strictement d'origine anthropogénique. Dans certains cas de figure, il y a chevauchement entre les deux causes de la dégradation où se produit un renforcement mutuel comme par exemple, la salinité naturelle des sols et de l'eau qui est exacerbée par les pratiques humaines.

6.1 METHODOLOGIE

47. Les techniques d'estimation d'impact et d'évaluation économique retenues sont principalement dérivées des méthodes éprouvées et synthétisées dans le Manuel de la Banque mondiale sur le **Coût de la Dégradation**,²² le Manuel de la Commission européenne sur le **Benefit Assessment**²³ ainsi que d'autres manuels et sources de référence comme les publications de **The Economics of Ecosystems and Biodiversity** (TEEB), elles aussi financées par la Commission européenne en coopération avec le Gouvernement allemand.²⁴ Les principales méthodes d'estimation d'impacts se regroupent autour de 3 piliers (Figure 5.1):
- Changement dans la production.
 - Changement de l'état de santé avec la dose-réaction afin d'établir la fonction entre polluant (inhalation, ingestion, absorption ou exposition) et maladie.
 - Changement de comportement avec deux sous-impacts: préférences révélées ; et préférences énoncées.
48. Au cas où les données ne sont pas disponibles, un transfert d'avantages peut être effectué d'études ayant été faites dans d'autres pays en ajustant les résultats pour le différentiel du revenu, d'éducation, de préférence, etc. Les résultats d'origine reposent sur l'une des méthodes d'évaluation économique des 3 piliers susmentionnés.
49. L'année de base 2010, qui a été retenue pour l'estimation des coûts de la dégradation dans le document du SWIM-SM sur l'évaluation de la dégradation environnementale des ressources en eau dans le bassin de la Medjerda et le Grand Tunis,²⁵ est aussi l'année de base pour faire les projections du scénario 1 de référence ou *Business as Usual* jusqu'à 2025 ou en d'autres termes si aucune intervention n'était entreprise concernant la distribution et les services de l'eau, la qualité de l'eau, la quantité de l'eau et le stockage de l'eau.
50. L'évaluation des avantages (coût de la dégradation réduite sur une année) sera utilisée pour dériver les coûts de la restauration qui sont calculées pour les catégories prioritaires. Les coûts de la restauration reposent sur une analyse coûts/avantages (C/A) estimée au cas par cas et qui couvre la durée de vie de chaque investissement (les coûts d'investissement et le flux des avantages générés lors de la restauration) lorsque celui-ci est considéré dans

²² Site web de la Banque mondiale : <www.worldbank.org>.

²³ Site web de l'EC ENPI BA : <www.environment-benefits.eu>.

²⁴ Site web de TEEB: <www.teebtest.org>.

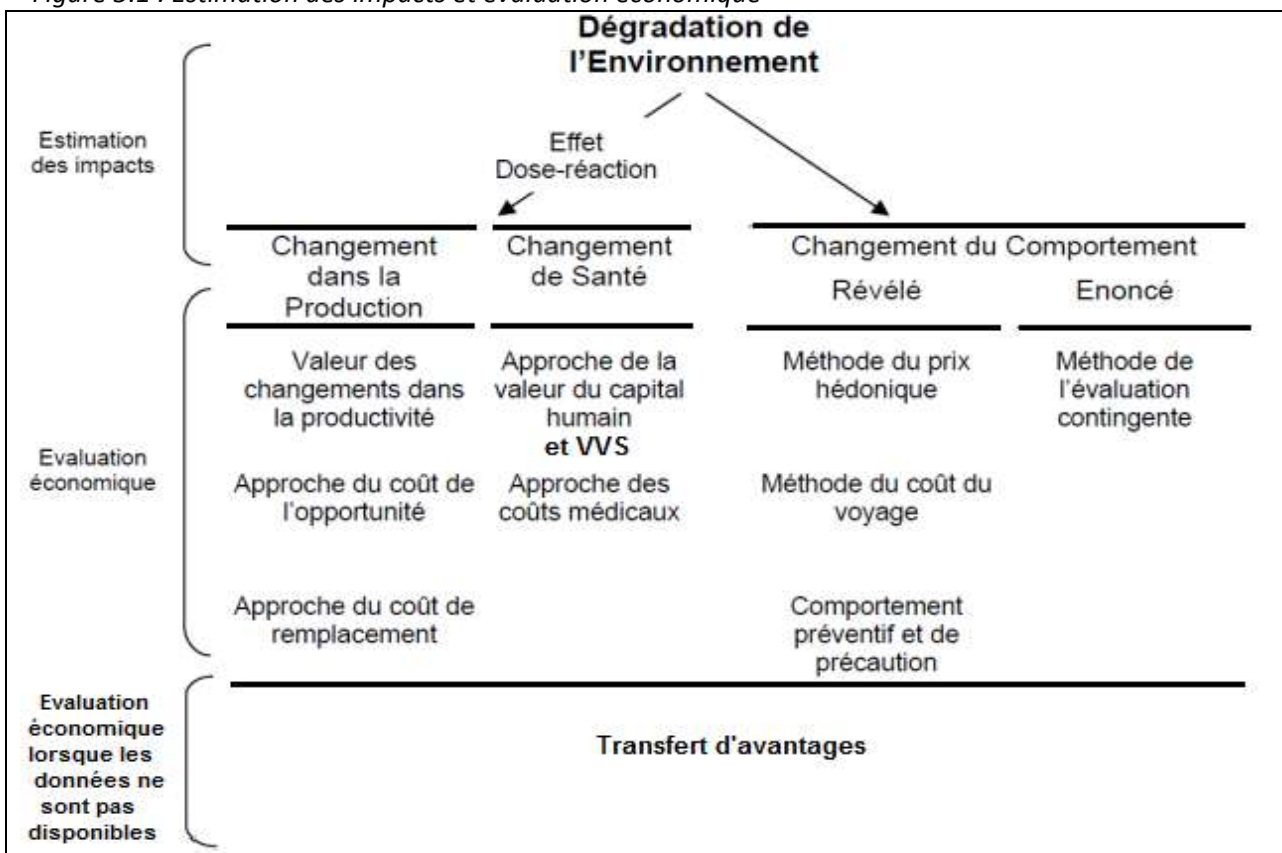
²⁵ Arif and Doumani (2013).



l'évaluation. Trois indicateurs sont pris en compte dans l'analyse C/A afin de déterminer la rentabilité du projet avec un taux d'escompte économique de 10% avec une variation de 5% à 15% pour tenir compte de l'incertitude associée aux changements climatiques :

- La valeur actualisée nette (VAN) qui est la différence entre les avantages et les coûts totaux actualisés;
- Le taux de rendement interne (TRI), qui est le taux d'actualisation qui remet à zéro la VAN ou, le taux d'intérêt qui rend la VAN de tous les flux monétaires égal à zéro ; et
- Le ratio A/C, qui est le rapport de la valeur actualisée des avantages sur la valeur actualisée des coûts au cours de la durée de vie du projet, doit être égal ou supérieur à 1.

Figure 5.1 : Estimation des impacts et évaluation économique



Source : Adapté de Bolt et al. (2005).

6.2 CALIBRAGE ET LIMITES DE L'ÉVALUATION

51. En plus des contraintes de ressource et de temps contraignant, les techniques utilisées ont leurs propres limites méthodologiques. En règle générale, dans le processus de recherche des faits, il était clair que la disponibilité, l'accessibilité et l'actualité des informations ont posé de nombreux problèmes qui ont été cependant surmontés par l'identification et la rencontre des contacts clés au sein des autorités nationales, régionales et locales.
52. Les résultats permettent une marge d'erreur grâce à des gammes de sensibilité (borne inférieure-borne supérieure) qui ont été prises en compte. En outre, l'analyse marginale a été



tentée dans certains cas afin d'évaluer les avantages (réduction du coût de dégradation de l'environnement) et les coûts d'investissement.

53. La plupart des techniques d'évaluation utilisées ont leurs limites intrinsèques en termes de biais, de prémices hypothétiques, d'incertitude surtout lorsqu'il s'agit de biens non marchands.
De plus, les résultats sont bien entendu sensibles au contexte. L'utilisation des transferts d'avantages pourrait donc exacerber le biais des résultats et des incertitudes. Par conséquent, certains résultats sont mentionnés dans le texte et devrait faire l'objet d'une analyse plus approfondie lorsque les investissements seront pris en considération.

6.3 CATEGORIES EVALUEES

54. Seule l'eau a été retenue pour l'évaluation prévisionnelle du bassin versant de la Medjerda. Les catégories retenues pour répondre aux divers impacts touchant le bassin versant sont illustrées dans le Tableau 5.1. Les effets sur les zones côtières n'ont été couverts que dans la mesure de la pollution du milieu marin (comportement énoncé sur l'amélioration de la qualité des ressources en eau) dans le cadre de cette étude. Par ailleurs, certains investissements considérés pour une catégorie donnée pourraient tout aussi bien avoir un impact positif sur d'autres catégories, par exemple, une optimisation de l'irrigation et des surfaces irriguées pourraient réduire la salinité et l'érosion des sols. Aussi, la biodiversité ainsi que les catastrophes naturelles n'ont pas été incluses dans les coûts prévisionnels du bassin versant de la Medjerda. Ainsi, le coût de la dégradation et de la restauration couvre les 5 catégories. Le critère de sélection pour calculer les coûts de la restauration a été basé sur les catégories qui connaissent une dégradation importante.
55. Les catégories non-retenues pour les coûts prévisionnels de la dégradation incluent la salinité des sols et l'érosion hydrique des sols, qui sont des paramètres difficilement prévisibles dans le futur, ainsi que la production hydroélectrique car l'utilisation de la ressource est non-consomptive et les fluctuations hydrologiques au cours des 15 prochaines années seront certainement compensées par des ressources fossiles pour générer de l'électricité. Par ailleurs, les catastrophes naturelles n'ont aussi pas été retenues du fait du manque d'évaluation probabiliste des risques alors que les études de prospectives signalent de très fortes probabilités que les phénomènes météorologiques extrêmes vont augmenter en fréquence et en intensité à l'horizon 2030. Par ailleurs, la catégorie déchets n'a pas été prise en compte du fait du programme de l'ANGed avec l'assistance de la KfW qui devraient inclure non seulement le type d'enfouissement traditionnel mais aussi la génération des revenus additionnels en forme d'électricité ainsi que le traitement et la fermeture des décharges sauvages du bassin de la Medjerda. De plus, l'ONAS travaille avec la KfW sur un plan national sur les boues des STEPs.
56. Plusieurs projets sont en cours pour réduire les risques d'inondation en Tunisie. En l'occurrence le Projet PISEAU II avec une partie des 170 millions de \$EU destinées à la gestion des ressources en eau dans les bassins versants à risque. Les coûts du projet des ouvrages de protection du bassin se montent 1 milliard de DT dont la fin des travaux est prévue pour 2023. Ils sont partiellement cofinancés par la JICA couvre les zones inondables prioritaires de Tunis qui nécessiteront la construction de plusieurs canaux d'évacuation. La JICA cofinance (227 millions de DT et 52 millions de DT du Gouvernement) les ouvrages d'art de la première tranche des 4 tranches du projet ainsi que des zones d'affectation des espaces inondables en période de crue du Bassin de la Medjerda afin de réduire les effets pervers des fluctuations annuelles des flux hydriques dans le futur. Les travaux porteront sur le curage de l'Oued Medjerda de manière à augmenter sa capacité à 800 m³ par seconde au lieu de 250 m³



actuellement. Le Grand Tunis fait l'objet d'une étude financée par la BAfD²⁶ afin de diagnostiquer la situation actuelle dans tous les bassins versants de la zone concernant quatre gouvernorats (Tunis, Ariana, Ben Arous et la Manouba) et préconiser des investissements pour réduire les inondations.

57. Les catégories, impacts et méthodes pour évaluer le coût de la dégradation et de la restauration de l'environnement sont développées dans le Tableau 5.1. La description générale et spécifique des méthodes des catégories se trouvent dans les sections suivantes ainsi que dans les Annexes II à IV.

²⁶ Site web de la Banque africaine de Développement: <www.afdb.org>.



Tableau 5.1: Catégories, impacts et méthodes utilisées pour l'évaluation des coûts prévisionnels de la dégradation et de la restauration de la Medjerda

Catégorie	Impact	Coûts de la dégradation	Coûts de la restauration
Qualité des Services Maladies Hydriques : eau et assainissement en milieux urbain et rural, et irrigation	Maladies liées à l'adduction et la qualité d'eau, l'assainissement et l'hygiène ; coûts des sources alternatives d'eau (bouteille, citerne, puits, etc.); et le temps perdu à transporter l'eau	CH/VVS, CS et CC	Efficacité des services et taux de couverture de l'eau potable, de l'assainissement et sensibilisation pour l'hygiène
Qualité des Services Distribution : distribution de l'eau domestique et irrigation	Pertes techniques dans les réseaux	CP et CR	Meilleure prestation
Qualité de la Ressource (anthropogénique) : rejets, effluents et eaux de ruissellement	Qualité de l'eau de surface affectant : l'usage de l'eau (domestique, agricole, halieutique, industriel et minier) ; l'écosystème du bassin et (eutrophisation, etc.) des zones côtières; les territoires ; et l'éco-tourisme	EC (restauration de la qualité de l'eau) et SC	Investissements dans les STEP, la réduction des rejets industriels (marges) et réduction de l'utilisation de pesticides et nitrates
Quantité (anthropogénique et naturelle) de la Ressource : réduction du flux des eaux de surface et abaissement du niveau des nappes souterraines	Surface : utilisation des eaux usées traitées ou non traitées pouvant causer la contamination de la chaîne alimentaire ; et dans les cas extrêmes, besoin de substitution via le dessalement	CP (productivité agricole et coût additionnel de pompage/substitution)	Coûts d'opportunité de l'eau traitée et réutilisée ; et du dessalement/transport de l'eau
Stockage : gestion est affectée par l'érosion et exacerbée par les changements climatiques	Ensablement et sédimentation des barrages, des lacs collinaires, des lits des fleuves et des côtes exacerbés par une utilisation inadéquate des sols en amont due à la déforestation, la gestion irresponsable des sols, l'érosion hydrique et éolienne, etc.	CP et RC (dragage ; relèvement des barrages ; ou construction de nouveaux lacs/barrages)	Coûts : Aménagement du territoire pour prévenir/réduire l'érosion

Note: CC: changement de comportement; CS: coût des soins; CP : coût d'opportunité ; CP: changement de production; CR: coût de restauration; PH: prix hédonique; EC: évaluation contingente; CH: capital humain; RC: coût de remplacement; VVS: valeur d'une vie statistique ; et SC : séquestration carbone.

Source: Auteurs.



7. Coûts Prévisionnels de la Dégradation du Bassin de la Medjerda

7.1 APERÇU GENERAL DES COÛTS PREVISIONNELS DE LA DEGRADATION SELON LE SCENARIO 1 DE REFERENCE

58. Seuls les résultats du bassin de la Medjerda sont considérés pour les coûts prévisionnels de la dégradation du bassin de la Medjerda. Ainsi, le coût de la dégradation du Grand Tunis n'est pas pris en compte. De plus, 5 catégories principales ont été retenues pour les coûts prévisionnels soit : la qualité des services causant des maladies hydriques et comprenant l'accès à l'eau potable et à l'assainissement non-améliorés; la qualité des services associée à la distribution de l'eau dans les réseaux en milieu urbain; la qualité de la ressource en eau due aux rejets communaux (domestiques, touristiques, industrielles et agricole); la quantité de la ressource en eau; ainsi que le stockage de l'eau. Les catégories retenues sont équivalentes à 102 millions de DT et représente 79% du coût de la dégradation de la catégorie eau du Bassin de la Medjerda en 2010 (Tableau 6.1 et Figure 6.1).²⁷ Cependant, ce montant pourrait fluctuer du fait de la disponibilité de la ressource durant une année sèche ou une année humide. Ainsi, les projections sont linéaires pour une grande partie des catégories.

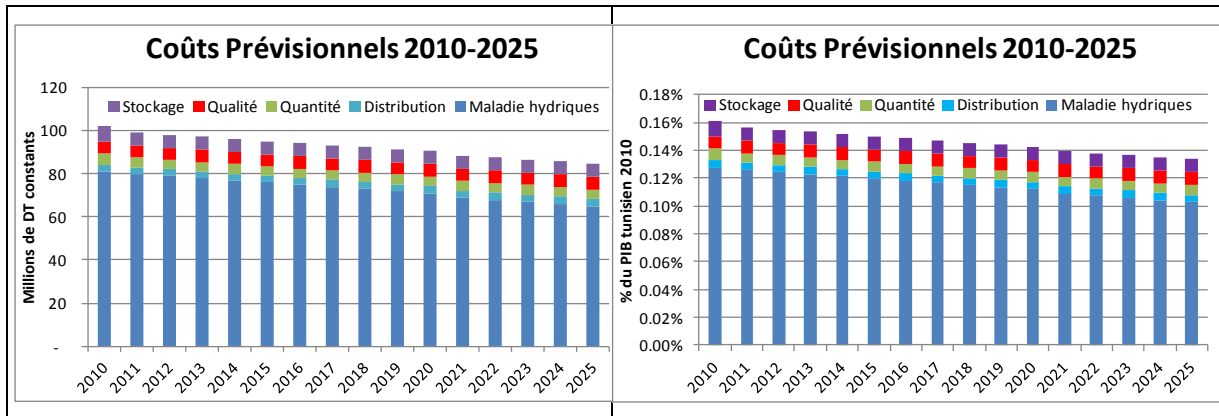
Tableau 6.1 : Catégories Retenues pour les Coûts Prévisionnels, 2010-25, en millions de DT constants et %/PIB

Catégorie Eau	Coûts Prévisionnels Annuels de la Dégradation de la Medjerda																Croissance Annuelle
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	
	Millions de DT sauf spécifié																±%
Maladies Hydriques	81	80	79	78	77	76	75	74	73	72	71	69	68	67	66	65	-1,5%
Distribution	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	+0,9%
Quantité des Res.	5,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	-0,5%
-Volumes non stockés	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	-0,5%
-Rabatement	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	±0,0%
Qualité des Res.	5,6	5,6	5,6	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,8	5,8	5,8	5,9	5,9	5,9	5,9	+0,4%
Stockage	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	-0,4%
Coûts Annuels	102	99	98	97	96	95	94	93	92	91	90	88	88	87	86	85	-1,2%
% du PIB 2010 const.	0,16	0,16	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,13	
% du PIB > +3%/an	0,16	0,15	0,15	0,14	0,13	0,13	0,12	0,12	0,11	0,11	0,11	0,10	0,10	0,09	0,09	0,09	
Coûts non-considérés	28																
Total Medjerda	130																

Source : Arif et Doumani (2012) ; et Auteurs.

Figure 6.1 : Catégories Retenues pour les Coûts Prévisionnels, 2010-25, en millions de DT constants et %/PIB

²⁷ Arif et Doumani (2013).



Source : Arif et Doumani (2012) ; et Auteurs.

59. Si aucune intervention n'est préconisée sur la période, les coûts prévisionnels de la dégradation des ressources en eau du Bassin de la Medjerda diminuent en valeur absolue (-1,2%/an sur la période 2010-2025) pour atteindre 85 millions de DT en 2025 représentant 0,13% du PIB tunisien de 2010 et 0,09% du PIB tunisien projeté sur la période avec un taux hypothétique de croissance net de 3%/an.
60. Ventilés par catégorie, les coûts prévisionnels augmentent pour la qualité des services (+0,9%/an sur la période 2010-2025) et la qualité de l'eau (+0,4%/an) du fait d'une augmentation de la population et donc dans le premier cas, des fuites d'eau dans le réseau en milieu urbain et dans le deuxième cas, du fait de l'augmentation du montant total du consentement à payer. Alors que le fardeau des maladies hydriques (-1,5%/an), la quantité des ressources hydriques (-0,5%/an) et le stockage (-0,4%/an) diminuent du fait d'un meilleur service de santé dans le premier cas et d'une projection linéaire adoptée dans les deux derniers cas.

7.2 CATEGORIES EAU

7.2.1 Qualité des Services d'Eau et d'Assainissement

61. Le taux de desserte en eau potable et d'assainissement en 2010 est le même que celui adopté dans le rapport sur la Medjerda de 2013. Ainsi, le taux est de 100% en milieu urbain et de 94% en milieu rural en 2010²⁸ selon les sources officielles. Par contre, le taux de desserte de l'assainissement atteint 99%²⁹ en milieu urbain mais n'excède pas 5% en milieu rural pour les ménages reliés aux réseaux d'égout toujours selon les sources officielles.³⁰ Cependant, il est difficile d'avoir un taux exact de couverture aussi bien de l'eau potable que de l'assainissement en milieux urbain et rural en Tunisie et les mêmes données du Tableau 6.2 dans le rapport sur la Medjerda de 2013 sont considérées les données de base en 2010 pour la projection.

Tableau 6.2 : Typologie d'accès à l'eau potable et l'assainissement, % population considérée, 2010

Typologie d'accès en Tunisie	Urbain	Rural	Total
Eau Potable			

²⁸ Présentation de Hédi Belhaj: <www.w-e-x.com/downloads/l'eaupotableentunisie (1erepartie).pdf>.

²⁹ Présentation de Khalil Attia: <http://www.oecd.org/mena/governance/43316523.pdf>.

³⁰ MdE (2012).



Desserte améliorée	94%	39%	76%
Autre desserte améliorée	5%	45%	18%
Desserte non-améliorée	1%	16%	6%
Assainissement			
Toilette reliée aux réseaux d'égout	82%	5%	56%
Autre assainissement amélioré	15%	62%	31%
Assainissement non-amélioré	3%	33%	13%
- Dont: défécation dans la nature	0%	14%	5%

Source : adaptée de Van Acoleyen et Baouendi (2011).

62. La prévalence des diarrhées et la mortalité attribuable aux diarrhées dans le bassin de Medjerda en milieu rural ont été dérivées des statistiques nationales avec 1 cas de décès sur les 19 nouveau-nés par 1.000 habitants en 2010. La prévalence des diarrhées est 2,5 cas par enfant de moins de 5 ans et 0,5 cas pour la population égale ou de plus de 5 ans.³¹ Toujours est-il que pour la période 2010-2025, les taux d'accroissement de la population est dérivée de l'INS et les taux brut de natalité de du Ministère de la Santé Publique.³² Les coûts prévisionnels de la dégradation, qui reflètent un cas de figure où aucun investissement n'est envisagé sur la période, se montent à 81 millions de DT en 2010 et tombent 63 millions de DT en 2025 du fait d'une réduction du taux brut de natalité et du taux de mortalité dû à la diarrhée malgré l'augmentation de la population (Tableau 6.3).

Tableau 6.3 : Catégories Qualité des Services Eau et Assainissement, 2010-25, en millions de DT constants

Catégorie Qualité des Services	Unité	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Pop totale	million	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2
<5	million	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1
>=5	million	1,9	1,9	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,1	2,1
Taux brut de Natalité	%	19	19	19	19	19	19	19	19	18	18	18	18	18	18	18	18
Taux de Mortalité dû à la Diarrhée	%	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Mortalité attribuable à l'Eau, Ass. et Hyg.	Coef. β	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Coef. Mortalité	%	1,0	1,0	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Coef. Mortalité/ Taux de Natalité Brut	Ratio	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Taux de Mortalité	#	112	107	102	99	95	91	88	85	82	80	79	77	75	74	72	71
Valeur de la vie perdue	DT	378.643															
Sous total Mortalité	10 ⁶ DT	42	41	39	38	36	35	33	32	31	30	30	29	29	28	27	27
Cas de Diarrhée pour <5	#	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,3	2,3	2,3

³¹ Bassi et al. (2011).

³² Sites web de l'INS <www.ins.nat.tn> ; et de l'INFP <www.santetunisie.rns.tn>.



Cas Diarrhée pour =>5	#	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Cas de Diarrhée <5	million	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3
Cas de Diarrhée =>5	million	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Coût de la Santé <5	DT/cas	45															
Coût de la Santé =>5	DT/cas	21															
Coût de la Santé <5	10 ⁶ DT	18,1	18,4	18,6	18,8	18,7	18,5	18,3	18,0	17,8	17,	17,3	16,9	16,	16,	15,	15,4
Coût de la Santé =>5	#	20,2	20,3	20,3	20,4	20,1	20,1	20,1	20,1	20,0	20,	20,1	20,1	20,	20,	20,	20,1
CD Diarrhée	10 ⁶ DT	80,8	79,2	77,6	76,7	74,6	73,1	71,6	70,2	68,8	68,	67,1	66,1	65,	64,	63,	62,5

Source : Arif et Doumani (2012) ; et Auteurs.

7.2.2 Qualité des Services de Distribution de l'Eau Potable

63. Le *American Water Works Association*³³ suggère un point de référence (benchmark) de 10% pour les pertes acceptables d'eau pour les prestataires de service. Une fourchette de plus de 10% à 25% est considérée comme intermédiaire et devrait faire l'objet d'une attention particulière pour ramener les pertes à moins de 10%. Les pertes d'eau au dessus de 25% sont considérées chroniques et requièrent une attention immédiate. Ainsi, la méthode est la même que celle adoptée dans le rapport sur la Medjerda de 2012 où la production d'eau potable en Tunisie enregistre des pertes surtout dans le réseau de 26%³⁴ en moyenne ou 136,4 millions de m³ en 2010 équivalent à une perte de 12,8 m³ de perte par habitant. Ainsi, 16% de la production pourrait être considéré comme un coût supporté par les contribuables sans aucun retour sur investissement équivalent à 7,8 m³ de perte par habitant.
64. Le montant de la perte par habitant a été considéré pour la population du bassin de la Medjerda en milieu urbain. Le coût d'opportunité a été considéré égal au 3^{ème} niveau du tarif progressif équivalent à 0,315 DT par m³ qui a été introduit en 2010. Les coûts prévisionnels de la dégradation, qui reflètent un cas de figure où aucun investissement n'est envisagé sur la période, se monte ainsi à 3 millions de DT en 2010 et augmentent jusqu'à arriver à 3,4 millions de DT en 2025 en ne tenant pas compte d'une augmentation des fuites avec le temps due à l'obsolescence du réseau (Tableau 6.4). Cependant, le coût de revient de la SONEDE est de 714 DT par m³. En utilisant le coût de revient sans les subventions croisées (électricité, fuel, etc.). Les coûts prévisionnels de la dégradation se monterait ainsi à 6,9 millions de DT en 2010 et augmentent jusqu'à arriver à 7,7 millions de DT en 2025.
65. Le coût d'inefficacité de l'irrigation dans le bassin de la Medjerda n'a pas été calculé faute de données fiables.

Tableau 6.4 : Catégories Qualité des Services de Distribution, 2010-25, en millions de DT constants

Catégorie Eau	Unité	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Pop totale	million	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2
Pop urbaine	million	1,2	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4
Perte	m ³ /ha	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8

³³ Site web de l'AWWA: <www.awwa.org>.

³⁴ Annuaire Statistique de la Tunisie 2006-2010 (2011).



Distribution	b.																
Coût moyen/m ³	DT/m ³	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Perte																	
Distribution 1	10 ⁶ DT	3,0	3,0	3,0	3,0	3,1	3,1	3,1	3,2	3,2	3,2	3,3	3,3	3,3	3,3	3,4	3,4
Coût de revient/m ³	DT/m ³	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Perte																	
Distribution 2	10 ⁶ DT	6,8	6,8	6,8	6,9	7,0	7,0	7,1	7,1	7,2	7,3	7,4	7,4	7,5	7,6	7,6	7,7

Source : Rapport Annuel de la SONEDE (2011) ; et Annuaire Statistique de la Tunisie 2006-2010 (2011) ; Arif et Doumani (2012) ; SONEDE Rapport Annuel (2010) ; et Auteurs.

7.2.3 Qualité de la Ressource en Eau

66. Vue la multiplicité des sources de pollution et du nombre de polluants le long de la Medjerda et son embouchure, une méthode reposant sur les **préférences énoncées** a été retenue pour l'évaluation. Par ailleurs, certains investissements pour la réduction de la pollution sont en cours mais l'estimation de tous les investissements nécessaires pour réduire la pollution et le rétablissement ou le maintien des fonctions et services de l'écosystème dépassent largement le cadre de cette étude. Baker et al. (2007) a récemment conduit une enquête afin d'estimer la valeur économique accordée par les ménages anglais et gallois pour l'amélioration de la qualité de l'eau aussi bien au niveau des bassins versants que des zones côtières dans le cadre de la mise en œuvre de la directive eau de la CE (voir Annexe II). Un transfert d'avantages est ainsi considéré pour dériver le coût de la dégradation du bassin de la Medjerda. Après avoir fait le transfert d'avantages, le consentement à payer (CAP) se monte à 2,9 DT par habitant par an en milieu urbain et 2,4 DT par habitant par an en milieu rural respectivement pour une amélioration tangible après 6 ans. Ainsi, ces CAP annuels sont considérés tout au long de la période 2010/2025. Ce CAP pourrait augmenter avec le temps si l'état des ressources s'aggravent mais le taux d'escompte de 10% et la variation de 5% à 15% de ce taux permettront de tenir compte de ces changements de perception et donc du CAP dans le temps.

Tableau 6.5 : Catégories Qualité des Ressources en Eau, 2010-25, en millions de DT constants

Catégorie Eau	Unité	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Pop	million	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2
Pop urbaine	million	1,2	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4
Pop rurale	million	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
CAP/hab. urbain	DT/ha b.	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9
CAP/hab. rural	DT/ha b.	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
CD urbain	10 ⁶ DT	3,5	3,5	3,5	3,5	3,6	3,6	3,6	3,7	3,7	3,8	3,8	3,8	3,9	3,9	3,9	4,0
CD rural	10 ⁶ DT	2,0	2,1	2,1	2,2	2,1	2,1	2,1	2,1	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Total CD	10 ⁶ DT	5,6	5,6	5,6	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,8	5,8	5,8	5,9	5,9	5,9	5,9

Source : Baker et al. (2007) ; Arif et Doumani (2013) ; et Auteurs.

67. Les coûts prévisionnels de la dégradation, qui reflètent un cas de figure où aucun investissement n'est envisagé sur la période, se montent à 5,6 millions de DT millions en 2010 et augmentent jusqu'à arriver à 3,4 millions de DT en 2025 pour le Bassin de la Medjerda (Tableau 6.5).



7.2.4 Quantité

68. Pour les ressources de surface, le non remplacement de la perte de capacité des barrages due à l'envasement peut conduire à la réduction de la disponibilité en eau pour les usagers (voir Stockage ici-bas). Puisque l'agriculture est un important consommateur de l'eau des barrages en Tunisie, l'impact de leur envasement sur l'agriculture irriguée a été évaluée en suivant le changement de production. En considérant une consommation de 5.000 m³/ha pour l'irrigation intensive, un manque à gagner serait la différence entre la valeur ajoutée de la production agricole entre l'irrigation intensive et non-intensive. Tous les autres facteurs restant constant, un manque à gagner de 2.007 DT/ha toutes cultures confondues a été retenu.³⁵ Les coûts prévisionnels de la dégradation, qui reflètent un cas de figure où aucun investissement n'est envisagé sur la période, se montent 4,3 millions de DT en 2010 et diminuent modérément jusqu'à arriver à 3,4 millions de DT en 2025 pour le Bassin de la Medjerda (Tableau 6.6). Il est important de noter que ce montant est cumulatif et 15 ans plus tard, ces ressources diminueront d'au moins 456 millions de m³ entre la mise en service de chaque barrage et 2025 et en suivant une perte linéaire annuelle moyenne pour données existantes (Tableau 6.6). Cependant, le taux d'escompte de 10% et la variation de 5% à 15% de ce taux permettront de tenir compte de la variation du stockage dans le temps.

Tableau 6.6 : Pertes Prévisionnels de Volume due à l'Envasement des Barrages, 2010-25, en millions de m³

Barrage	Unité	Date de Mise en Service	Envasement Jusqu'à 2010	Envasement de 2011-2025	Envasement en 2025	Volume Initial	Volume Résiduel en 2025
Nébeur-Mellègue	10 ⁶ m ³	1954	122,0	32,7	154,7	182,0	27,3
Ben Métir	10⁶ m³	1954	??	??	??	62,0	62,0
Kasseb	10⁶ m³	1969	3,0	1,1	4,1	82,0	77,9
Bou Hertma	10 ⁶ m ³	1976	6,0	2,6	8,6	178,0	169,4
Sidi Salem	10 ⁶ m ³	1981	171,0	88,4	259,4	814,0	554,6
Siliana	10 ⁶ m ³	1987	17,0	11,1	28,1	70,0	41,9
Lakhmess	10 ⁶ m ³	1966	1,0	0,5	1,5	8,0	6,6
Rmel	10 ⁶ m ³	2002	??	??	??	4,0	4,0
La'Aroussia	10 ⁶ m ³	1957	??	??	??	5,0	5,0
Zarga	10 ⁶ m ³	2013		??	??	24,0	24,0
Total Stockage	10⁶ m³		320,0	136,4	456,4	1,420,0	972,6
Barrage Planifié avant 2025						310,2	
Mellègue Amont		>2015				195,0	
Tessa		>2015				46,0	
Khalled		>2015				37,2	
Mellila		>2015				25,0	
Chaffrou		>2015				7,0	

Source : Données fournies par le MdA, Barrages et Grands Travaux Hydrauliques, Direction de l'Exploitation des Barrages et Maintenance des Ouvrages Hydrauliques (2010) ; Banque mondiale (2007) ; World Development Indicators (2015) ; Arif et Doumani (2013) ; FAO site web <www.fao.org>; et Auteurs.

³⁵ Banque mondiale (2007).



69. Par ailleurs, il n'a pas été possible d'utiliser la même approche pour les barrages et lacs collinaires du fait du manque de données fiables.
70. Pour les ressources souterraines, la quantité des ressources en eau est affectée par un rabattement de la nappe phréatique et des ressources profondes de 0,4 m en moyenne par an qui nécessite un pompage supplémentaire. Toujours est-il que le rechargement des ressources en eau dépend de la pluviométrie avec des certaines années présentant beaucoup plus de stress sur les nappes phréatiques et profondes. Cependant, le volume est maintenu constant sur la période mais le rabattement cumulatif de 6,4 m à la fin de la période et risque de peser lourds dans les intrants agricoles. Ainsi, le changement de production est considéré pour dériver le coût additionnel de pompage équivalent au coût de la dégradation. Les coûts prévisionnels de la dégradation, qui reflètent un cas de figure où aucun investissement n'est envisagé sur la période, se montent 0,45 million de DT en 2010 et demeurent constants jusqu'en 2025 pour le Bassin de la Medjerda (Tableau 6.7).

Tableau 6.7: Coûts Prévisionnels de la Quantité des Ressources en Eau, 2010-25, en millions de DT constants

Pertes d'Opportunité	Unité	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Ensablement	10 ⁶ m ³	10,8	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1
Intrants pour Agr.	m ³ /ha	5.000															
Productivité	DT/ha	2.007															
CD Ensablement	10 ⁶ DT	4,3	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6
Res. Phréatiques	10 ⁶ m ³	252															
Res. Profondes	10 ⁶ m ³	28															
Consom. Diesel/m	l/m/m ³	1,01															
Rabattement	m	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
CD Rabattement	10 ⁶ DT	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
CD Total	10 ⁶ DT	4,8	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1

Source : Arif et Doumani (2012) ; et Auteurs.

7.2.5 Stockage

71. Dans les terres agricoles, l'érosion des sols se manifeste surtout par un décapage généralisé et pernicieux des sols et par des ravinements localisés sur les pentes fortes. La relation complexe entre les épisodes de pluies érosives et les taux annuels de perte de sol peut s'expliquer par deux facteurs importants. Le premier facteur est lié au cycle de dégradation du sol qui détermine le potentiel d'érosion des sols du bassin. Le deuxième facteur correspond à l'orientation de la dégradation, qui dans ce cas présente une direction Nord-ouest et Sud-est. Les études de télédétection ont permis de déterminer une perte de 15,5 tonnes par ha tout au long de la Dorsale.³⁶ Par ailleurs, l'érosion est aussi responsable d'une perte de séquestration de carbone qui n'est pas comptabilisée dans cette étude.

³⁶ Jebari (2009).



Tableau 6.8 : Coûts Prévisionnels de l'Envasement des Barrages, 2010-25, en millions de DT constants

Barrage	Unité	2010	2011	2012	2013	2015	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2025	2025
Nébeur-Mellègue	10 ⁶ m ³	2,5	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2
Ben Métir	10 ⁶ m ³																
Kasseb	10 ⁶ m ³	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Bou Hertma	10 ⁶ m ³	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Sidi Salem	10 ⁶ m ³	6,8	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9
Siliana	10 ⁶ m ³	1,1	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Lakhmess	10 ⁶ m ³																
Rmel	10 ⁶ m ³																
La'Aroussia	10 ⁶ m ³																
Zarga	10 ⁶ m ³																
Total	10 ⁶ m ³	10,8	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1
Coût de remplacement	DT/m ³	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
CD Stockage	10 ⁶ DT	5,3	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6

Source : Données fournies par le MdA, Barrages et Grands Travaux Hydrauliques, Direction de l'Exploitation des Barrages et Maintenance des Ouvrages Hydrauliques (2010) ; Banque mondiale (2007) ; World Development Indicators (2014) ; Arif et Doumani (2013) ; et Auteurs.

72. Ainsi, les lacs collinaires et les barrages subissent aussi cette érosion, qui sera exacerbée par les changements climatiques. Ces derniers réduiront la durée de vie des lacs collinaires à 15 ans³⁷ dans la Dorsale et la capacité de stockage d'au moins 6 des 10 barrages du bassin de la Medjerda.
73. Le **coût de remplacement** pour le calcul du coût de la dégradation des barrages, qui sont uniquement considérés dans cette étude, est basé sur la Banque mondiale (2007) avec une borne inférieure consistant en une élévation des barrages pour remplacer les volumes de stockage perdu (basée sur l'élévation de coûts du barrage de Mellègue) et se monte à 0,006 DT/m³ et une borne supérieure consistant à la construction de nouveaux barrages comme borne supérieure et se monte à 1,31 DT/m³ en 2010. Ainsi, les coûts prévisionnels de la dégradation, qui reflètent un cas de figure où aucun investissement n'est envisagé sur la période, se montent à 5,3 millions de DT en 2010 et se maintiennent à 3,6 millions de DT en 2025 (Tableau 6.8). Il est important de noter que le coût de dragage n'a pas été considéré vu la qualité des sédiments (teneur en métaux lourds des anciennes mines)³⁸ qui pourrait avoir un impact négatif dans les zones où ils seraient déchargés.

³⁷ Ibid.

³⁸ Caractérisation des pollutions de l'Oued Medjerda en Tunisie, Comité de Coopération Provence Méditerranée, Agence de l'eau, COPEAU, ANPE, septembre 2011.



7.3 APERÇU GENERAL DES COÛTS PRÉVISIONNELS DE LA DÉGRADATION SELON LE SCENARIO 2 STRESS HYDRIQUE

74. Les catégories retenues sont équivalentes à 102 millions de DT à l'année de base et représente 79% du coût de la dégradation de la catégorie eau du Bassin de la Medjerda en 2010 (Tableau 6.9).³⁹ Cependant, ce montant atteint 113 millions de DT en basant l'augmentation sur les tendances passées qui sont négatives. Seules la tendance des maladies hydriques est considérée positive et pourraient avoir un relent ou la qualité des services d'adduction d'eau et d'hygiène venait à se détériorer. La différence cumulée de la dégradation entre le scénario 1 de référence et le scénario 2 de stress hydrique se monte à 280 millions de DT pour les catégories retenues. Ceci n'est naturellement qu'une borne inférieure du coût provisionnel cumulé de la dégradation environnementale en 2025.

Tableau 6.9 : Coûts Prévisionnels de la Dégradation selon le Scénario 2, 2010-25

Catégorie Eau	Coûts Prévisionnels Annuels de la Dégradation de la Medjerda															Croissance Annuelle ±%	
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024		2025
	Millions de DT sauf spécifié																
Maladies Hydriques	81	82	83	83	83	83	83	83	83	84	84	83	83	83	83	83	3%
Distribution	3	7	7	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	1%
Quantité des Res.	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2%
-Volumes non stockés	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	7	7	2%
-Rabatement	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1%
Qualité des Res.	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	2%
Stockage	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9	9	1%
Coûts Annuels	102	107	108	110	109	110	110	110	111	111	111	112	112	112	112	113	1%
% du PIB 2010 const.	0,16	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	
% du PIB > +3%/an	0,16	0,15	0,15	0,14	0,13	0,13	0,12	0,12	0,11	0,11	0,10	0,10	0,09	0,09	0,09	0,09	
Coûts non-considérés	28																
Total Medjerda	130																

Source : Arif et Doumani (2012) ; et Auteurs.

³⁹ Arif et Doumani (2013).



7.4 EQUILIBRES HYDRIQUES

7.4.1 Offre, Mobilisation et Demande Hydriques en 2010

75. Située dans un climat méditerranéen semi-aride avec une pluviométrie moyenne qui varie entre 400-600 millimètres, la Medjerda traverse 6 gouvernorats qui reçoivent l'équivalent volumétrique de 10 km³ en eau de pluie. Ainsi, les eaux de surface du Bassin de la Medjerda sont abondantes en hiver mais tarissent en été et nécessitent un système de stockage, et un traitement adéquat de la ressource en eau pour assurer une provision annuelle et même multi-annuelle. En effet, la Medjerda subit une variabilité spatio-temporelle des ressources en eau selon les années avec un cycle du régime climatique tunisien qui répond à la série suivante : 3 années *très sèches*, 3 années *sèches* et 3 années *humides*.⁴⁰ Ainsi, la capacité de stockage actuelle a été conçue afin de mobiliser de l'eau pour les années *très sèches* et *sèches*. Cependant, cette tendance risque d'être bouleversée par la fréquence et intensité pluviométriques dues à la variabilité climatique dans le futur. Par ailleurs, durant les années humides, le Bassin de la Medjerda subit des crues et presque une fois tous les 10 ans des inondations catastrophiques qui ont nécessité le lancement d'un projet de re-calibrage de certains bassins versants avec le cofinancement de la JICA (voir section 5).
76. Les ressources en eau de surfaces exploitées du Nord du pays se montent à 2,19 km³ dont 1,8 km³ (82%) ont une salinité de moins de 1,5 g/l en 2010. Celles du Bassin de la Medjerda sont estimées à 1 km³ alors que les ressources souterraines sont estimées à 0,28 km³ avec un total de 1,28 km³ en 2010 (Tableau 6.9). Cependant, les apports des ressources transfrontalières demeurent difficiles à cerner. Toujours est-il que le lancement de la première phase de la construction des nouveaux grands barrages en amont sur la Medjerda (310,2 millions de m³ de capacité), qui viendrait s'ajouter à la capacité actuelle de 1,1 km³ (Tableau 6.10 et Figure 6.2), est censé compenser les apports qui seront retenus par les trois barrages programmés en Algérie sur l'Oued Ghanner et le Mellègue.⁴¹
77. Cependant, il est intéressant de constater qu'avec la construction de cette première phase de barrages (Tableau 6.6), la capacité de stockage aux horizons 2025 sera moins élevée (1,18 km³ que la capacité initiale des 10 barrages actuellement en service (1,42 km³) du fait de leur ensablement actuel et futur (0,46 km³).
78. Ceci ne tient pas compte de certains barrages et lacs collinaires situés sur la Dorsale, qui selon une étude récente (voir ci-haut),⁴² auront une durée de vie de 15 ans. Ainsi, la capacité de certains lacs collinaires (0,16 km³) semble aussi être compromise à l'horizon 2025 à moins que des mesures de prévention de l'érosion en amont, de dragage et/ou de remplacement ne soient considérées.

⁴⁰ ITES (2014).

⁴¹ ITES (2014).

⁴² Jebari (2009).

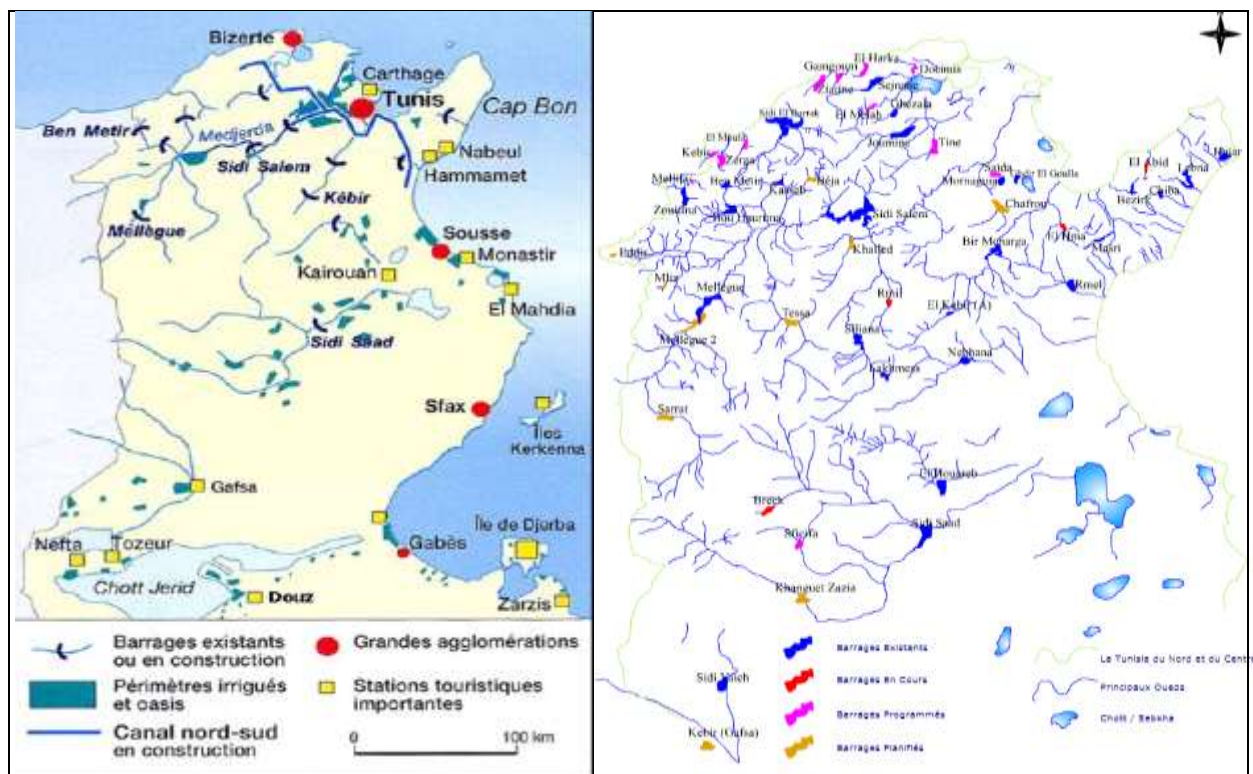


Tableau 6.10 : Offre et Demande des Ressources en Eau dans le Bassin de la Medjerda en 2010, millions de m³

Ressources	Potentielles	Exploitées	Mobilisables		Réutilisation Potentielle dans la Medjerda				
			Capacité de stockage Barrages	Capacité de stockage Lacs collinaires	Rejets Domestiques /Touristiques traités	Rejets Domestiques non-traités	Rejets Industriels non-traités	Rejets de l'Elevage	Recharge (Fahs)
	Mm ³	Mm ³	Mm ³	Mm ³	Mm ³	Mm ³	Mm ³	Mm ³	Mm ³
Eau de surface	>1.000	1.000	1.100	163					
Nappes Phréatiques	≈280	252							0,01
Nappes Profondes	≈230	28							
Nouveaux Barrages >2015			310						
Offre = Demande dont :		1.280							
Agricole	80%	1.024						0,03	
Domestique	14%	179			18,3	1,4			
Touristique	1%	13							
Industrielle	5%	64					1,0		

Source : Tableau 6.6 ; Arif et Doumani (2013) ; ITES (2014) ; et Auteurs.

Figure 6.2 : Périmètres Irrigués et Barrages existants, en cours d'exécution et planifiés



Source : DGBGTH.



79. Concernant l'utilisation de l'eau, les ressources mobilisées sont réparties à hauteur de 80% pour l'agriculture, 14% pour l'usage domestique, 5% pour les industries et 1% pour le tourisme. Cependant, ces allocations subissent des variations dues à l'année considérée, qu'elle soit très sèche, sèche ou humide. L'agriculture reçoit la part du lion pour assurer l'eau à 100.000 ha de périmètres irrigués dans le Bassin et est suivie par l'usage domestique estimé à 179 millions de m³ pour l'eau potable dont une bonne partie est transférée vers la côte Est : Grand Tunis jusqu'à Sfax. La consommation moyenne d'eau par habitant étant de 86/litres/jour pour la Tunisie et 48 (30-60) litres/jours en milieu rural qui inclut les besoins domestiques, l'abreuvement du cheptel et l'irrigation d'appoint durant la sécheresse.⁴³ Les barrages de Ben Métir et Kessab sont principalement voués à assurer l'eau potable du fait de la basse teneur en sel (<1,5 g/l). Cependant, les transferts surtout pour l'eau potable vers la côte Est tunisienne iront en progressant du fait de l'accroissement de la population et d'une demande accrue par habitant. L'industrie consomme 5% des ressources en 2010 mais cette consommation risque aussi d'augmenter du fait de nouveaux projets miniers et industriels dans le périmètre du Bassin. Le tourisme, surtout à Béja et le Grand Tunis, n'utilise cependant que 1% de la ressource.
80. Les données sur les ressources réutilisables (rejets) restent parcellaires dans la Medjerda et sont illustrées dans le Tableau 6.10. Ainsi, les rejets domestiques, industriels et de l'élevage traités et non-traités sont estimés à 20,73 millions de m³, le drainage agricole seulement répertorié se monte à 0,8 millions de m³ alors qu'il y a eu une tentative récente de recharge de 0,01 millions de m³ de la nappe phréatique à Fahs. Concernant la qualité des rejets domestiques traités, soit 18,3 millions de m³, celle-ci laisse à désirer pour certaines STEPs qui au final, n'aide pas à améliorer la qualité de l'eau et de l'écosystème du Bassin.

7.4.2 Changements Climatiques

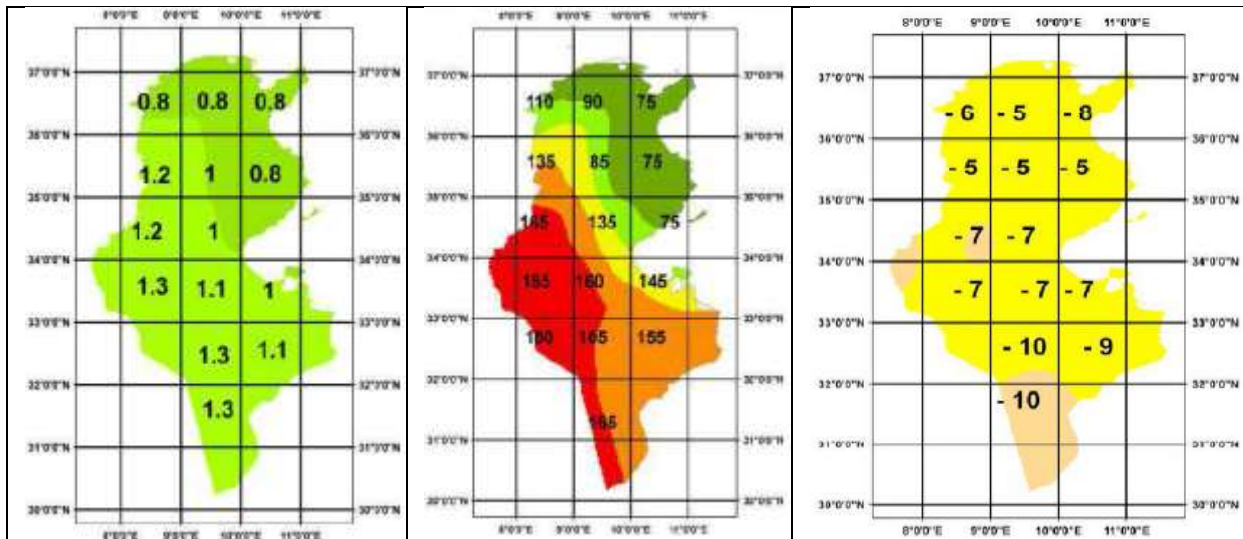
81. Le secteur de l'eau est le principal intermédiaire par lequel les changements climatiques impactent les écosystèmes terrestres, le mode vie et le bien être en général. Les éléments fournis par les projections climatiques font craindre une augmentation de la variabilité climatique avec des fréquences de hausses des débits de crue et des cycles de sécheresse accentués sur la Medjerda d'ici 2020 et au delà de 2020. En effet, outre l'augmentation prévue de température, qui conduit à une augmentation de l'évapotranspiration, la pluviométrie devrait décroître. Le déséquilibre entre la part d'utilisation des eaux de surface par rapport à la part des eaux souterraines au détriment de la première ira en s'accroissant dans le futur. Ce déséquilibre s'exacerbera encore plus avec les effets des changements climatiques. Ceci pourrait conduire à la fois à une moindre recharge des aquifères et à une utilisation accrue de ces aquifères par les agriculteurs pour compenser la croissance du déficit due à l'évapotranspiration et à la pluviométrie. Par ailleurs, les eaux de surface avec une salinité de moins de 1,5 g/l représentent 82% des eaux de surface en 2010 et les pressions anthropogéniques seront exacerbées par les changements climatiques qui réduiront ce volume. Un plus grand volume d'eau douce est ainsi nécessaire requérant un dessalement accru pour l'eau potable au niveau de la côte Est et une utilisation croissante des engrais pour compenser la salinité des sols.

⁴³ Note du Ministère de l'Agriculture, 2013.



82. La Stratégie nationale sur le Changement Climatique a été préparée avec l'aide de la GiZ.⁴⁴ Le scénario A2 du modèle HadCM3⁴⁵ aux horizons de 2020 montre que dans la région de la Medjerda, la température annuelle moyenne augmentera entre 0,8-1,2 °C selon les régions, l'évapotranspiration augmentera entre 75-135 mm selon les régions et les précipitations moyennes baisseront entre 5-8% selon les régions à l'horizon 2020 (Figure 6.3). Par ailleurs, les ruissellements risquent de subir une réduction allant jusqu'à 20% pour la même période.

Figure 6.3 : Augmentation des températures moyennes annuelles (°C), évapotranspiration (mm/an) et baisse des précipitations (±%) aux horizons de 2020



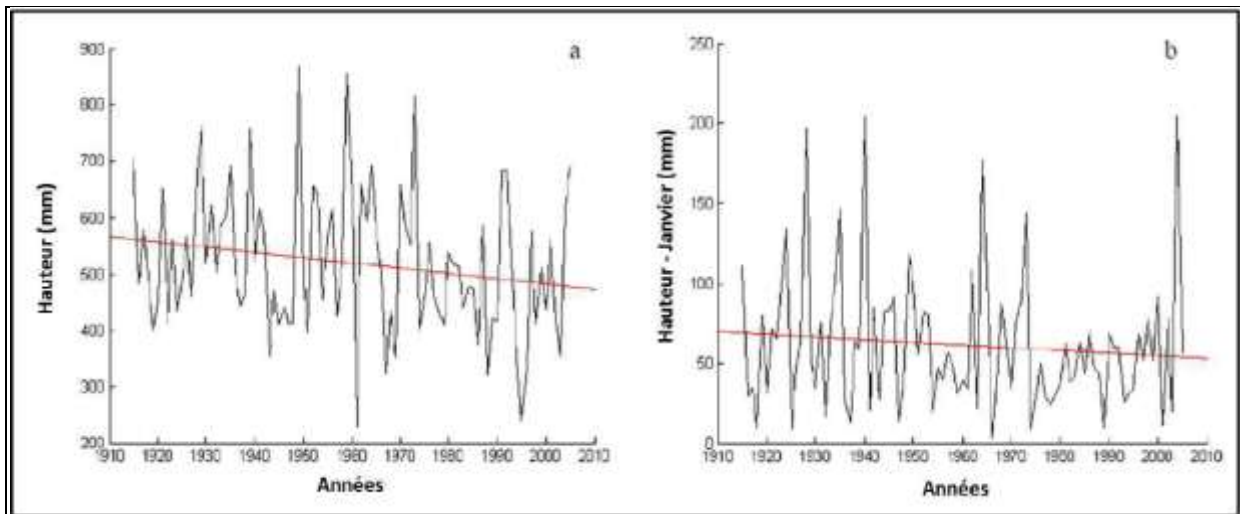
Source : Scénario A2 du Modèle HadCM3 cité dans Ben Nouna et al. (2014).

⁴⁴ Ministère de l'Environnement, GiZ, Groupement Alcor, TEC: Stratégie Nationale sur le Changement Climatique, *Rapport de la stratégie*, Octobre 2012.

⁴⁵ Le HadCM3 est un modèle de circulation générale couplé atmosphère océan développé par le Hadley Centre (UK). Les résultats du modèle sont utilisés pour identifier les élévations de température et la baisse probable des précipitations. Les horizons de projection sont 2020 (2011-2040), et 2050 (2041-2070) par rapport à la période de références (1961-1990).



Figure 6.4 : Tendances Pluviométriques Annuelles et en Janvier dans le Kef entre 1900 et 2005, mm



Note : Le cadran a= Tendances annuelles à la Station Kef Gare ; Cadran b= Tendances en janvier à la Station Kef Gare.

Source : Jebari et al. (2008) cité par Ben Nouna et al. (2014).

83. A titre d'exemple, les barrages de Ben Métir et Kessab, qui sont destinés exclusivement à l'eau potable (67 millions de m³) connaissent une évapotranspiration qui est déjà passée de 3% du volume stocké jusqu'à 2007 pour atteindre 6% du volume depuis 2008.⁴⁶ Par ailleurs, même si les précipitations demeuraient identiques pendant la saison de croissance, une hausse de la demande en eau d'irrigation surviendrait avec la variabilité des précipitations et l'augmentation de la température.⁴⁷ Quoiqu'en dents de scie, la tendance pluviométrique est significativement négative aussi bien en moyenne annuelle qu'en janvier entre 1900 et 2005 à la Station Kef (Figure 4).

7.4.1 Offre, Stockage et Demande Hydriques Partielles en 2025

84. Les équilibres hydriques suivants sont hypothétiques et donc loin d'être exhaustifs et ne sont que partiels car ils ne couvrent pas le système intégré du Nord de la Tunisie qui comprend notamment les transferts du Bassin de la Barbara vers le Grand Tunis. Alors que l'ITES (2014) ne prévoit un déficit hydrique à l'échelle nationale qu'à l'horizon 2030 (demande estimée à 2,76 km³ contre une offre de 2,73 km³), cet exercice permet de tabler sur une baisse de la pollution qui permettra d'augmenter la qualité du stock de ressources utilisables. Ainsi, l'offre, la mobilisation et la demande des ressources en eau de la Medjerda ont été projetées entre 2010 et 2025 selon 2 scénarios (Figure 6.5 et Tableau 6.11): le scénario 1 de référence ou Business as Usual (BAU) dont l'hypothèse conservatrice repose sur des volumes constants et équilibrés de l'offre et de la demande de 2010, et projetés jusqu'en 2025 avec une mobilisation variable afin de pouvoir comparer les différences des flux considérés dans le scénario 2 ; le scénario 2 Stress Hydrique (HS) repose sur la diminution de l'offre de 15% et l'augmentation de la demande de 15% sur la période avec une mobilisation variable. Tous ces taux pourraient être calibrés dans le futur afin de mieux projeter les flux basées sur des preuves tangibles. Le scénario 2 de stress hydrique donc sur les hypothèses suivantes :

⁴⁶ Bouab and Cherif (2014).

⁴⁷ Ben Nouna et al. (2014).



- **Offre.** Un taux de -1% annuellement pour l'offre (-15% sur la période), qui reflète la baisse des précipitations et du ruissellement, et de l'augmentation de l'évapotranspiration sur la période liées aux tendances des changements climatiques, avec -0,9% pour les ressources de surface, -1,2% pour les nappes phréatiques et -1,4% pour les nappes profondes ; le taux de -1% annuellement est retenu pour les ressources de surface dont la teneur en sel est <1,5 l/g ;
- **Mobilisation.** La tendance linéaire d'envasement entre la mise en service de chaque barrage et 2010 a été adoptée (-1%) et le même taux de -1% annuellement pour les barrages et lacs collinaires quoiqu'ils soient plus susceptibles à l'ensablement ; la capacité du Mellègue Amont (0,195 km³) a été ajoutée en 2020 (la cuve pourrait nécessiter plusieurs années pour être complètement remplie mais est considérée sur un an dans ce cas de figure) alors que les autres barrages ne sont pas censés être mis en service avant 2025.
- **Réutilisation.** Un taux de +0,9% annuellement a été adopté pour les rejets agricoles (élevage) ; un taux de +0,95% annuellement a été adopté pour les rejets domestiques sur la base de l'accroissement de la population ; un taux de +1% annuellement a été retenu pour les rejets industriels et les rejets touristiques ;
- **Demande.** Un taux de +1% annuellement pour la demande (15% sur la période), qui reflète un accroissement naturel, avec un taux de 0,9% annuellement pour l'agriculture ; un taux de 1% annuellement a été adopté pour la demande domestique, industrielle et touristique.

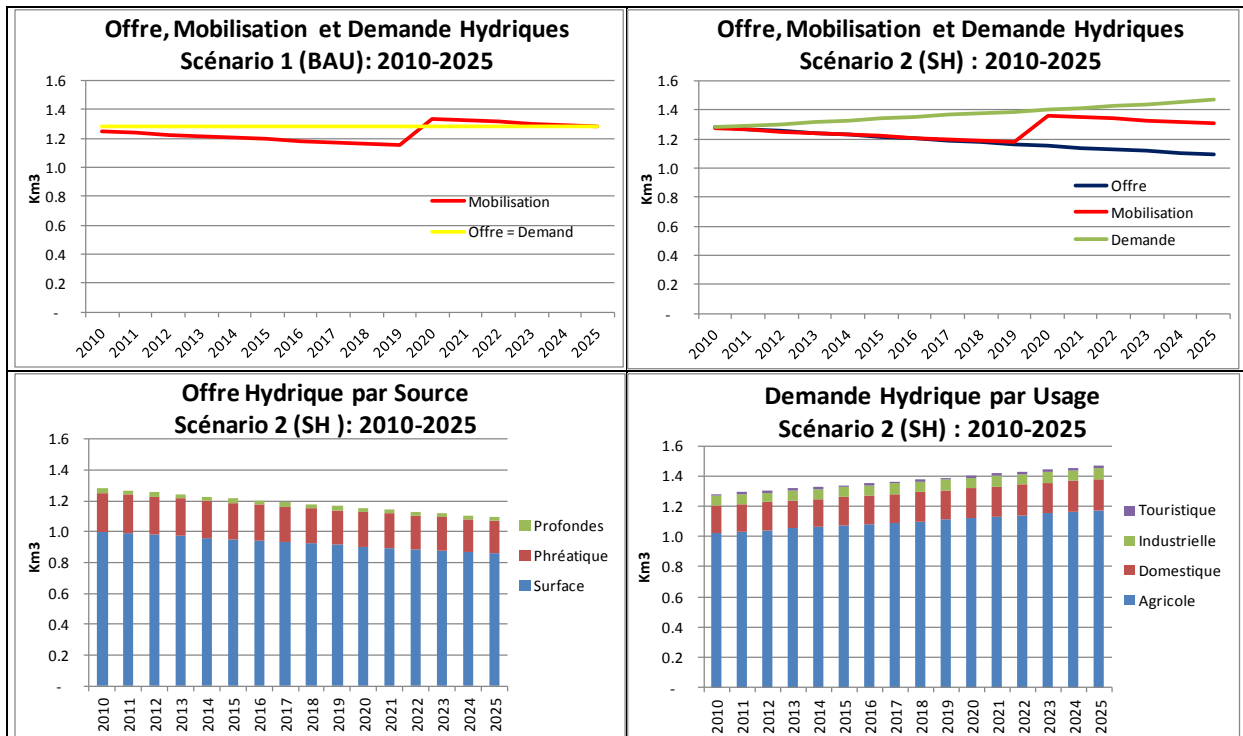
Tableau 6.11 : Offre, Mobilisation, Réutilisation et Demande selon le Scénario 2 Stress Hydrique, 2010-25

Ressources	Unité	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Offre	Km ³	1,3	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
Surface	Km ³	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Dont salinité <1,5 l/g	Km ³	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Phréatique	Km ³	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Profondes	Km ³	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Mobilisables																	
Barrages	Km ³	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Lacs collinaires	Km ³	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Réutilisables																	
Rejets Dom. Traités	Mm ³	18,3	18,5	18,6	18,8	19,0	19,1	19,3	19,5	19,7	19,8	20,0	20,2	20,4	20,6	20,7	20,9
Rejets Dom. non-Traités	Mm ³	1,4	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,6	1,6	1,6	1,6
Rejets Ind. non-Traités	Mm ³	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
Rejets Agri. non-Traités	Mm ³	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Demande																	
Agricole	Km ³	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2
Domestique	Km ³	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Industrielle	Km ³	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Touristique	Km ³	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Source : Arif et Doumani (2013) ; Tableau 3.3 ; Tableau 6.10 ; et Auteurs.



Figure 6.5 : Scenarios 1 et 2 pour l'Offre, Mobilisation et Demande du Bassin de la Medjerda, 2010-25



Source : Arif et Doumani (2013) ; Tableau 6.10 ; et Auteurs.

7.5 CONCLUSIONS

85. L'estimation des coûts prévisionnels de la dégradation des ressources en eau du Bassin de la Medjerda entre 2010 et 2025, qui reflètent un cas de figure où aucun investissement n'est envisagé sur la période, a permis de dégager les conclusions suivantes :
- Les dommages causés par le manque d'accès à l'eau potable et à l'assainissement rural (81 millions de DT en 2010 à 63 millions de DT en 2025 aux prix de 2010) dans le bassin de la Medjerda diminuent avec le temps du fait de meilleurs indicateurs de santé dus à l'amélioration des services de santé dans le futur mais demeure le principal problème à résoudre du point de vue qualité de vie surtout pour les pauvres dans le Bassin.
 - Les pertes techniques des réseaux d'adduction d'eau se détérioreront avec le temps si aucune mesure n'est prise pour améliorer le système (3,3 millions de DT en 2025). Ces pertes sont critiques du fait de la rareté de la ressource avec une salinité de moins de 1,5 g/l pouvant être utilisée pour l'adduction d'eau potable pour le Bassin de la Medjerda, le Grand Tunis et une partie de la côte Est.
 - Les dommages affectant la qualité de l'eau du Bassin de la Medjerda augmentent avec le temps (5,9 millions de DT en 2025) mais la pollution tellurique n'est pas entièrement déchargée dans le fleuve. Il est à noter que ces pertes techniques et de qualité de la ressource augmentent la pression sur la réserve stratégique du Bassin de Barbara qui permet non seulement d'assurer la sécurité de la ressource mais aussi d'effectuer des dilutions d'eau lorsque les teneurs en sel sont élevées surtout en été et durant les années et les saisons très sèches et sèches.



- d. Les dommages créés par l'érosion pour ce qui est de l'envasement des barrages augmenteront les pertes d'opportunité pour l'utilisation de l'eau de l'ordre de 3,6 millions de DT en 2025. Par ailleurs, le rabattement des nappes phréatiques et profondes s'accroîtra avec le temps (4,1 millions de DT en 2025).
 - e. La capacité de mobilisation des ressources en eau est en constante baisse (4 millions de DT en 2025) mais sera graduellement rétablie avec l'achèvement de barrages en construction à partir de 2020 dont le Mellègue Amont.
86. Selon les projections de l'ITES (2014), un déficit hydrique à l'échelle nationale ne surviendra qu'à l'horizon 2030. Cependant, le présent exercice concernant les équilibres hydriques dans le Bassin de la Medjerda est loin d'être exhaustif et n'est que partiel avec un Scénario 1 Business as Usual (offre = demande = constante) et un Scénario 2 Stress Hydrique (offre <15% et demande >15%) sur la période. Ainsi, le Scénario 1 maintient un équilibre constant entre l'offre et la demande entre 2010 et 2025 alors que dans le Scénario 2, le déficit entre l'offre (-15%) et la demande (+15%) se creuse et est censé refléter la demande accrue ainsi que l'impact des changements climatiques sur les ressources en eau. Cet exercice permet de tabler sur l'amélioration de l'efficacité des services et une baisse de la pollution qui permettront d'augmenter la qualité du stock de ressources utilisables et le comparer au coût de dessalement. Le dessalement demeure généralement la solution retenue pour l'augmentation de l'offre de la ressource avant même de considérer les améliorations de l'efficacité des services, de la qualité des rejets et de l'optimisation de la productivité agricole.
87. Ainsi, la diversification, l'intégration et surtout la réutilisation des différentes sources d'approvisionnement sont nécessaires afin de mieux répondre à la demande croissante. Conséquemment, les axes principaux d'intervention sont donc en termes : d'assurer l'assainissement rural et de traiter les rejets afin qu'ils soient réutilisés pour d'autres activités ou utilisés pour recharger les nappes; d'augmenter l'efficacité des systèmes d'adduction d'eau potable et d'irrigation ; d'améliorer la qualité surtout de l'eau avec une teneur en sel de moins de 1,5 g/l et d'augmenter les volumes de rejets traités ; de mieux gérer l'irrigation en réallouant l'eau vers des extrants résilients aux changements climatiques avec une plus grande valeur ajoutée ; et développer des méthodes éprouvées de réduction de l'érosion afin de préserver la capacité de stockage.
88. Sur la base de ces conclusions, 5 priorités se dégagent dans le court et moyen terme :
- a. L'augmentation des services d'assainissement et de l'hygiène dans le milieu rural afin d'améliorer la qualité de vie des habitants du bassin qui a déjà été retenue lors du rapport de 2013; Cependant, le traitement adéquat des rejets permettrait la réutilisation de l'eau à des fins rentables ;
 - b. L'augmentation de la quantité des services en réduisant les pertes techniques des réseaux d'adduction d'eau ;
 - c. L'augmentation de la qualité de la ressource en eau en traitant les rejets domestiques, industriels et agricoles afin de pouvoir la réutiliser, et/ou recharger les nappes phréatiques et profondes;
 - d. La réduction de la consommation d'eau pour l'irrigation en adoptant des systèmes plus efficaces et opter pour des cultures plus résilientes aux variations climatiques, à la salinité de l'eau et des sols, et bénéficiant d'une plus grande valeur ajoutée ; et
 - e. L'efficacité de l'aménagement du territoire en amont permettant de réduire l'envasement des barrages et des lacs collinaires, qui a déjà été retenue lors du



rapport de 2013, mais qui requiert un travail de recherche incessant pour évaluer les projets opérés par les interventions de l'ODESYPTANO et dans une moindre mesure celles du Commissariat Régional de Développement Agricole au cours des dernières années afin d'établir une causalité entre les interventions les plus efficaces, et leurs impacts sur l'érosion des sols en amont et l'ensablement des barrages.



8. Coûts Prévisionnels de la Restauration du Bassin de la Medjerda

8.1 APERÇU GENERAL DES COÛTS PREVISIONNELS DE LA RESTAURATION

89. Sur le 5 priorités identifiées dans la Section précédente, seules 4 priorités ont été retenues avec des scénarios d'interventions. Les axes principaux d'intervention sont donc en termes :

- D'intégrer le milieu rural dans le cycle de l'eau en assurant le branchement aux réseaux d'eau potable et d'égout au niveau des ménages ;
- D'augmenter l'efficacité des systèmes d'adduction d'eau potable;
- De traiter les rejets domestiques, industriels et agricoles afin qu'ils soient réutiliser pour d'autres activités ou utiliser pour recharger les nappes;
- D'optimiser la consommation et le rendement des PPI en déterminant seulement la valeur ajoutée des extrants résilients aux changements climatiques sans en spécifier la culture ; et
- De développer des méthodes éprouvées de réduction de l'érosion en amont afin de réduire le taux d'envasement des barrages afin de préserver la capacité de stockage. Seule cette dernière priorité n'a pas été considérée faute de données empiriques.

90. Afin de déterminer les co-bénéfices des interventions, ces priorités sont considérées en deux temps : individuellement et confrontées à des avantages d'amélioration de la qualité de vie, de la qualité de l'environnement et de l'efficacité des services; et collectivement et confrontées aux coûts dynamiques de dessalement (Tableau 7.1 et Figure 7.1).

Tableau 7.1 : Coûts Prévisionnels de la Restauration de la Medjerda, 2011-25 et en millions de DT

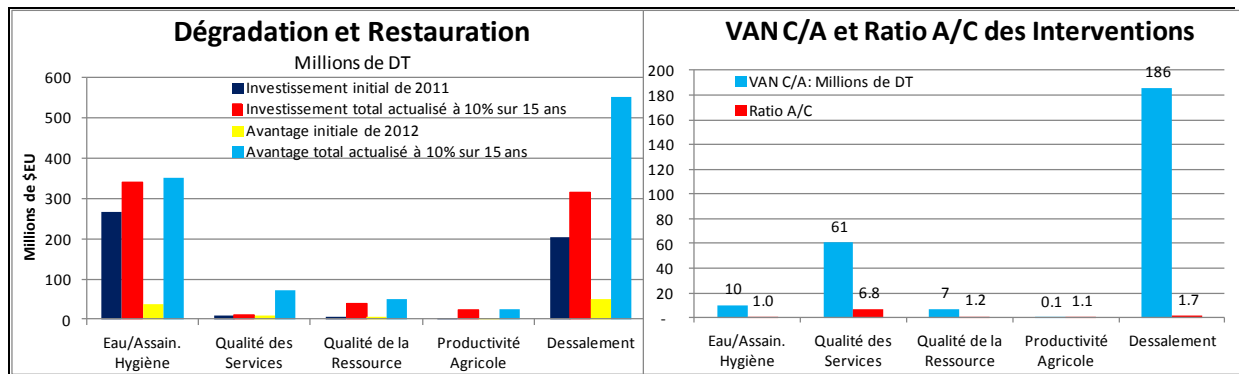
Medjerda	Investissement 2011	VAN de l'Investissement	Avantage 2012	VAN de la Restauration	Van de l'Analyse C/A	Taux de Rendement Interne	Ratio C/A
	Millions de DT	Millions de DT	Millions de DT	Millions de DT	Millions de DT	±%	
Priorités 1,2, 3 et 4 Considérés Individuellement : Total	203	315	56	541	178	24%	1,7
Eau, Assainissement en milieu rural	266	341	37	351	10	11%	1,0
Amélioration des Services d'Adduction d'Eau	8	11	9	71	61	112%	6,8
Traitement des Rejets	5	40	7	51	7	35%	1,3
Optimisation des PPI	1	23	3	26	0,1	10%	1,0
Priorités 1, 2,3 et 4 Agrégées et confrontées au coût de dessalement escomptés à 10%	203	315	51	550	186	23%	1,7
Sensibilité							
Priorités 2,3 et 4 escomptés à 5%	203	338	51	628	357	23%	1,9
Priorités 2,3 et 4 escomptés à 15%	203	295	51	486	85	23%	1,6

Source: Auteurs.



91. **Restauration sur la base des priorités considérées individuellement et confrontées aux avantages de santé, de qualité de l'environnement et de l'efficacité des services:** L'amélioration des services d'adduction d'eau est de loin l'intervention la plus efficace avec un VAN de 61 millions de DT, un TRI de 112% et un ratio C/A de 6,8 suivi du traitement des rejets (7, 35% et 1,3), puis de l'adduction d'eau et de l'assainissement (10, 11% et 1,0) et finalement de l'optimisation des PPI (0,1, 10% et 1).
92. **Restauration sur la base des priorités considérées collectivement et confrontées au coût dynamique de dessalement :** Les coûts agrégés des 4 priorités ont été considérés pour cette analyse coût/avantage qui montre que cette intervention est très efficace avec un VAN de 186 millions de DT, un TRI de 23% et un ratio C/A de 1,7 et même lorsque des taux d'escompte de 5% à 15% sont considérés afin de prendre en compte l'incertitude associée aux effets des changements climatiques.
93. **Ce dernier résultat a une dimension stratégique car il permet de justifier les interventions des 4 priorités :** d'une part d'un point de vue de qualité de vie, qualité de l'environnement et d'efficacité des services; et d'autre part de substitution au dessalement (augmentation de l'offre de la ressource) par des interventions conventionnelles de gestion de la demande comme la qualité des services ciblant notamment les pauvres, de dépollution et d'efficacité des PPI.

Figure 7.1 : Coûts Prévisionnels de la Restauration de la Medjerda, 2010-25 et en millions de DT



Source: Auteurs.

8.2 EAU ET ASSAINISSEMENT EN MILIEU RURAL

94. De nombreux projets comme le PISEAU II avec un coût total de 170 millions de \$EU sont en cours pour surtout améliorer l'eau potable en milieu rural. De plus, un effort particulier est en cours notamment par l'ONAS en collaboration avec l'AfD et la Banque mondiale pour rattraper le retard du taux de couverture de l'assainissement en milieu rural dont notamment dans le gouvernorat de Béja.
95. Les réductions réalisables des cas de diarrhée et de la mortalité due à la diarrhée après l'amélioration de l'adduction d'eau, de l'assainissement et des mesures d'hygiène sont basées sur les dernières méta-analyses qui sont illustrées dans le Tableau 7.2. Les cas de figure où : (i) une amélioration de l'hygiène au niveau du bassin en milieu rural est nécessaire malgré l'existence de l'adduction d'eau potable et l'assainissement; (ii) l'adduction d'eau potable existe alors que la connexion au réseau d'égout n'existe pas ; et (iii) lorsque l'hygiène devrait être amélioré, l'adduction d'eau potable n'existe pas et/ou



que la connexion au réseau d'égout n'existe pas ont été retenus : En moyenne, les réductions seraient de 35%, 50% et 60% respectivement (Tableau 7.3) et ceci en tenant compte de l'état des mesures d'hygiène au sein des ménages.⁴⁸

96. Les coûts d'investissements et de sensibilisation, qui ont été réactualisés par rapport au Rapport de 2013 et repose sur les coûts adoptés par le 9ème Plan de Développement, se rapportant à l'amélioration de l'adduction d'eau, de l'assainissement et des mesures d'hygiène sont illustrés dans le Tableau 7.3 avec de larges variations. Des réductions moyennes de 35% pour l'hygiène, 50% pour l'assainissement et 60% pour l'eau et l'assainissement ont été adoptées.

Tableau 7.2 : Réduction réalisable des cas de diarrhées avec l'amélioration des services

Taux de couverture de l'eau et de l'assainissement	Distribution de la population 2010	Amélioration de l'eau et de l'assainissement	Réduction réalisable des cas de diarrhée quand une :	
			Bonne hygiène au niveau du ménage est vérifiée	Amélioration de l'hygiène au niveau du ménage est nécessaire
Adduction d'eau potable et connexion au réseau d'égout	56%	Amélioration de la fiabilité et de la qualité de l'eau courante (de manière à assurer l'approvisionnement en eau de façon suffisante et sûre) pour ceux de cette population ayant actuellement la fiabilité de l'eau et des problèmes de qualité	15%	55%
Adduction d'eau potable et pas de connexion au réseau d'égout	22%	a) Amélioration de la fiabilité et de la qualité de l'eau courante (de manière à assurer l'approvisionnement en eau de façon suffisante et sûre) pour ceux de cette population ayant actuellement la fiabilité de l'eau et des problèmes de qualité b) Connexion des eaux usées (et chasse d'eau pour ceux qui ont des toilettes sèches ou pas de toilettes) pour toute cette population.	35%	65%
Pas d'adduction d'eau potable et connexion au réseau d'égout	0%	Adduction d'eau fiable et sûre dans les locaux de toute cette population	25%	55%
Pas d'adduction d'eau potable et pas de connexion au réseau d'égout	22%	Adduction d'eau fiable et sûre et connexion des eaux usées (et chasse d'eau pour ceux qui ont des toilettes sèches ou pas de toilettes) pour toute cette population.	55%	75%
Total	100%		28%	60%

Source: adapté de Bassi et al. (2011).

⁴⁸ Bassi et al. (2011).



Tableau 7.3 : Investissements et avantages actualisés pour l'eau et l'assainissement, 2011-25

Eau et assainissement en milieu rural	Investissement par habitant	Investissement initial de 2011	Investissement total actualisé à 10% sur 15 ans	Avantage initiale de 2012	Avantage total actualisé à 10% sur 15 ans
	DT/hab.	Millions de DT	Millions de DT	Millions de DT	Millions de DT
Eau	425				
Assainissement	1,000				
Sensibilisation à l'hygiène	9				
Scénario 1 Sensibilisation		4	5	3	57
Scénario 2 Eau, Assainissement et Sensibilisation		74	95	12	116
Scénario 3 Assainissement et Sensibilisation		188	241	22	193
Scénario 4 scénarios 1+2+3		266	341	37	351

Note : Les coûts d'investissement sont dérivés du 9ème Plan de Développement et les coûts d'entretien de 5% pour l'adduction d'eau et l'assainissement de l'investissement initial ont été considérés avec une augmentation nette de 3% par an sur la période. Le coût de la sensibilisation est alloué durant la première année avec des rappels médiatiques annuels.

Source : site web de WASH : <www.sanitationupdates.wordpress.com/2012/10/16/wash-by-numbers-the-latest-on-cost-benchmarks-economic-returns-and-handwashing/>; 9ème Plan de Développement ; et Auteurs.

97. Le scénario 1, qui assure les rappels pour l'hygiène à 511,000 habitants jusqu'en 2025, est très rentable avec une VAN de 45 millions de DT, un TRI de plus de 10% et une VA du Ratio A/C de plus de 1. Le scénario consistant à assurer l'adduction d'eau au réseau et l'assainissement amélioré et connecté à l'égout à **160,000** habitants entre 2011 et 2025 et est rentable avec une VAN de 11 millions de DT, un TRI de 13% et une VA du Ratio A/C de plus de 1. Le scénario 3 consistant à assurer l'assainissement amélioré et connecte a l'égout à **160,000** habitants entre 2011 et 2025 n'est pas rentable dû à l'utilisation du nouveau plafond alloué par le Gouvernement à 1,000 DT par habitant. Cependant, lorsque le scénario 4, qui comprend le scénario 1, 2 et 3, est considéré, l'investissement devient rentable avec une VAN positive de 10 million de DT, un TRI de 11% et une VA du Ratio A/C de plus de 1 (Tableau 7.3). En d'autres termes, il est toujours bon de considérer une composante hygiène en milieu rural même lorsque cette population jouit de l'adduction d'eau et de l'assainissement avec une connexion à l'égout.



Tableau 7.4 : Analyse Coût/Avantage de la restauration de l'eau et l'assainissement ruraux, 2010-2025

Indicateurs de l'Analyse C/A	Critère de rentabilité (taux d'escompte de 10% et durée de l'investissement de 15 ans)	Scénario 1 Sensibilisation sur 15 ans	Scénario 2 Eau, assainissement et sensibilisation sur 15 ans	Scénario 3 Assainissement et sensibilisation sur 15 ans	Scénario 4 Scénarios 1+2+3 sur 15 ans
VAN millions de DT	>0	45	11	-50	10
TRI	≥10%	130%	13%	5%	11%
Ratio A/C (valeur présente)	>1	10,9	1,2	0,8	1,0
Résultats		A Considérer	A Considérer	A Rejeter	A Considérer

Note : le flux des avantages survient avec un temps de latence de 1 à 2 ans.

Source : Auteurs.

Les 3 scénarios considérés, scénario 1 pour la réduction des fuites en milieu rural (95% de la population) est très rentable avec une VAN de 45 millions de DT, un TRI de plus de 10% et une VA du Ratio A/C de plus de 1 (Tableau 7.4).

8.3 QUALITE DES SERVICES DE L'ADDUCTION D'EAU POTABLE

98. Les pertes techniques devaient être ramenées de 30% à 10% en milieu urbain. Le coût de revient de la SONEDE a été considéré (0,714 DT/m³ en 2010) pour mieux refléter la rareté de la ressource alors qu'un prix non-subsidonné (électricité, fuel, etc.) auraient reflété encore mieux les véritables coûts et la rareté de la ressource. La perte est de 7,8 m³ par habitant. Il y a peu de preuves empiriques disponibles sur le coût unitaire réel des interventions physiques pour la réduction des fuites dans les réseaux. Une étude de 2006⁴⁹ examine un certain nombre de contrats de services basés sur la performance de réduction des fuites dans l'État de Selangor (Malaisie), Bangkok (Thaïlande), Sao Paulo (Brésil) et Dublin (Irlande). Le coût unitaire réel de la réduction des fuites physiques par m³ varie entre 215 et 750 \$EU. Deux coûts ont été adoptés après ajustement de l'inflation des coûts aux des prix de 2010: une borne inférieure de 356 DT pour les zones rurales ; et une borne supérieure de 837 DT pour les zones urbaines.

Tableau 7.5 : Analyse Coût/Avantage de la restauration des pertes dans le réseau, 2010-2025

Indicateurs de l'Analyse C/A	Critère de rentabilité (taux d'escompte de 10% et durée de l'investissement de 15 ans)	Scénario 1 Milieu Rural sur 15 ans	Scénario 2 Milieu Urbain sur 15 ans	Scénario 3 Milieu Rural et Urbain sur 15 ans
VAN millions de DT	>0	22	38	61
TRI	≥10%	153%	84%	112%
Ratio A/C (valeur présente)	>1	9,4	5,4	6,8
Résultats		A Considérer	A Considérer	A Considérer

Note : le flux des avantages survient avec un temps de latence de 1 à 2 ans. Un cout d'entretien a été considéré équivalent à 5% des coûts d'investissements sur la période.

Source : Auteurs.

⁴⁹ Kingdom et al. 2006.



99. Les trois scénarios considérés sont rentables : la réduction des pertes en milieu rural (scénario 1), la réduction des pertes en milieu urbain (Scenarion 2) ainsi que le jumelage des deux scénarios (Scenarion 3) avec des VAN de 22, 39 et 61 millions de DT respectivement avec un TRI de plus de 10% et une VA du Ratio A/C de plus de 1 pour les trois scénarios (Tableau 7.5).

8.4 QUALITE DE LA RESSOURCE

100. Le coût de la restauration de la ressource en eau pour en améliorer la qualité vise les rejets domestiques, industriels et agricoles où un coût volumétrique dynamique supplémentaires de 0,214 DT/m³ (Scénario 1) est assigné aux rejets traités pour les ramener aux normes de réutilisation de 0,428 DT/m³ (Scénario 1) aux rejets non-traités et agricoles et un coût volumétrique dynamique de 1 DT pour les rejets industriels (voir Tableau 6.9).⁵⁰ Un seul scénario est considéré avec comme avantage le consentement à payer en milieu urbain (2,9 DT/habitant/an) et en milieu rural (2,3 DT/habitant/an). Ces coûts sont comparés aux coûts dynamiques du dessalement de l'eau de 1,14 DT/m³ en Tunisie qui comprend le taux de recouvrement de l'investissement et de l'entretien. Cependant, le coût social n'est pas pris en compte (émissions des énergies fossiles pour la génération additionnelle d'électricité nécessaire au dessalement et impact du rejet de l'eau saumâtre).

Tableau 7.6 : Analyse Coût/Avantage de la restauration partielle de la qualité de la ressource, 2010-25

Indicateurs de l'Analyse C/A	Critère de rentabilité (taux d'escompte de 10% et durée de l'investissement de 15 ans)	Scénario 1 : Amélioration des rejets domestiques traités
VAN millions de DT	>0	7
TRI	≥10%	35%
Ratio A/C (valeur présente)	>1	1,3
Résultats		A Considérer

Note : le flux des avantages survient avec un temps de latence de 1 à 2 ans.

Source : Auteurs.

101. Le scénario considéré est rentable : un VAN de 7 DT avec un TRI de plus de 10% et une VA du Ratio A/C de plus de 1 pour les trois scénarios (Tableau 7.6).

8.5 EFFICACITE DES SYSTEMES D'IRRIGATION

102. Un seul scénario a été considéré consistant à améliorer l'efficacité des systèmes d'irrigation dans la Medjerda. Le coût dynamique d'augmentation de l'efficacité des systèmes d'irrigation se monte à 0,11 DT/m³.⁵¹ Par ailleurs, cette analyse permet de dériver le rendement agricole nécessaire pour augmenter les gains d'efficacité des PPI. Ainsi, de 2.007 DT/ha (voir section 6), la productivité devrait au moins atteindre 3.091

⁵⁰ Dynamic fees based on EU Horizon 2020 Al-Ghadir Wastewater Treatment Plant Project (2013).

⁵¹ Arif et Doumani (2013).



DT/ha. Le scénario est rentable avec une VAN positive de 0,1 million de DM, un TRI de plus de 10% et une VA du Ratio A/C de plus de 1 (Tableau 7.7).

Tableau 7.7 : Analyse Coût/Avantage des gains d'efficacité des systèmes d'irrigation, 2010-25

Indicateurs de l'Analyse C/A	Critère de rentabilité (taux d'escompte de 10% et durée de l'investissement de 15 ans)	Scénario Augmentation de l'efficacité des systèmes d'irrigation sur 15 ans
VAN millions de DM	>0	0,1
TRI	≥10%	10%
Ratio A/C (valeur présente)	>1	1,1
Résultats		A Considérer

Note : le flux des avantages survient avec un temps de latence de 2 ans.

Source : Auteurs.

103. Cette analyse mériterait d'être répliquée aux autres régions recevant les transferts d'eau au niveau de la côte Est.

8.6CO-BENEFICES PAR RAPPORT AU DESSALEMENT

104. Un seul scénario a été considéré consistant à agréger tous les coûts des 4 priorités retenues et de les confronter au coût dynamique de dessalement qui est de 1.14 DT/m³. Par ailleurs, cette analyse permet de dériver le co-bénéfice associé d'une part à l'amélioration de la qualité de vie, de la qualité de l'environnement et de l'efficacité des services. Ce scénario est très rentable avec une VAN positive de 186 millions de DM, un TRI de 23% et une VA du Ratio A/C de 1,7 même lorsque des taux d'escompte de 5% à 15% sont considérés afin de prendre en compte l'incertitude associée aux effets des changements climatiques. Le taux d'escompte de 10% pour l'analyse coût/avantage et la fourchette de 5% à 15% permettront de tenir compte de l'augmentation de la dégradation, des fluctuations atmosphériques et de l'incertitude associée aux changements climatiques (Tableau 7.7).

Tableau 7.7 : Analyse Coût/Avantage des co-bénéfices, 2010-25

Indicateurs de l'Analyse C/A	Critère de rentabilité (taux d'escompte de 10% et durée de l'investissement de 15 ans)	Scénario Augmentation de l'efficacité des systèmes d'irrigation sur 15 ans
VAN millions de DM	>0	186
TRI	≥10%	23%
Ratio A/C (valeur présente)	>1	1,7
Résultats		A Considérer
Analyse de Sensibilité 5%		
VAN millions de DM	>0	329
TRI	≥10%	24%
Ratio A/C (valeur présente)	>1	1,8
Analyse de Sensibilité 10%		
VAN millions de DM	>0	87
TRI	≥10%	24%
Ratio A/C (valeur présente)	>1	1,6

Note : le flux des avantages survient avec un temps de latence de 2 ans.

Source : Auteurs.



8.7 CONCLUSIONS

105. Les investissements des priorités retenues sont tous rentables et peuvent être divisée en deux groupes : L'amélioration de l'eau, de l'assainissement et la sensibilisation à l'hygiène qui améliore surtout la qualité de vie ; alors que le deuxième groupe augmente l'efficacité des services et la qualité de la ressource. Ce deuxième groupe d'intervention génère aussi des co-bénéfices car il augmente l'offre. Les coûts agrégés de ce deuxième groupe sont confrontés à un coût dynamique de dessalement qui dégage d'une part une augmentation du volume d'eau de 118 millions de m³ en 2025 et d'autre part une VAN de 427 millions de DT en 2025. Ces volumes d'eau sur la période peuvent ainsi contribuer à réduire le déficit hydrique lorsque le scénario 2 Stress Hydrique est considéré. Finalement, parmi les 4 priorités, la réduction des fuites d'eau dans le réseau d'adduction d'eau est de loin la plus rentable.



9. Conclusions et Recommandations

9.1 CONCLUSIONS

106. Le diagnostic et les analyses qui ont été développés dans ce rapport permettent d'arriver à six conclusions d'ordre général.

107. La réalité à laquelle les habitants de la Medjerda seront confrontés, serait de reconnaître et de relever le défi quant aux nouveaux régimes liés à la variabilité de l'eau et de la pénurie future de l'eau. Le secteur rural est un bloc important dans les six gouvernorats ; il consomme une grande proportion de la ressource, et est malheureusement le plus grand perdant lorsque la disponibilité de l'eau deviendra un problème.

108. Les problèmes environnementaux liés à l'eau sont difficiles à mesurer, mais les coûts sont importants dans le bassin de la Medjerda. Le coût de la dégradation liée à l'eau a été estimée à 102 millions de DT en 2010 (0,16% du PIB de 2010) et 85 millions de DT (0,13% du PIB de 2010) en 2025 soit du PIB dans le cas où l'offre et la demande sont constants dans le scénario de base. Dans le scénario de stress hydrique évolutif, où l'offre diminuera de 15% et la demande augmentera de 15% et les implications des changements climatiques seront abordées, le coût de la dégradation sera de 113 millions de DT (0,18% PIB du 2010) en 2025 soit une augmentation cumulée de 280 millions de DT par rapport au scénario de référence. Lorsque le Scénario 2 de stress hydrique est considéré, l'équilibre hydrique future sera parallèlement affectée. L'écart entre la demande et l'offre pourrait atteindre 0,25 Mm³ en 2020 et 0,37 Mm³ en 2025. La mobilisation des ressources en eau ne pourra pas combler cet écart et bien au contraire, il est prévu que la courbe de cette mobilisation sera descendante à partir de l'année 2020 à cause de la mise en eau du Mellègue Amont.

109. L'évaluation des coûts de restauration a montré que les investissements pour l'amélioration de la qualité de l'eau, de l'assainissement dans les zones rurales et la sensibilisation à l'hygiène améliorent surtout la qualité de vie. De même, l'efficacité des services et la qualité de la ressource génèrent aussi des co-bénéfices car ils augmentent d'une part un volume d'eau de 118 millions de m³ en 2025 et d'autre part réalise une VAN de 186 millions de DT, un rendement de 23% et un ratio des avantages sur les coûts de 1,7 en 2025 lorsque les coûts agrégés des investissements des 4 priorités retenues sont confrontés au coût de dessalement.

Il est essentiel de reconnaître que les priorités économiques et environnementales de l'eau doivent être abordées simultanément, et une approche beaucoup plus globale dans la planification et dans l'élaboration des politiques dans ce bassin est impérative. Il est aussi essentiel de reconnaître que l'augmentation de la variabilité des précipitations et/ou la sécheresse ne crée pas seulement la vulnérabilité de l'économie, mais provoque aussi des dégâts dans l'écosystème qui subit des pressions similaires en raison de la négligence de l'entretien du lit du fleuve et de ses flancs ainsi que les mesures anti érosives. La réponse naturelle des décideurs est d'essayer d'atténuer la situation comme la construction des barrages plutôt que de renforcer les institutions et des politiques qui aideront l'économie régionale et l'écosystème de résister à l'épreuve du temps. Le développement durable nécessite donc une planification simultanée pour ces deux préoccupations.

110. Les questions environnementales ne sont pas toujours considérées pleinement dans le processus de prise de décision pour deux raisons liées à la gouvernance : (i) les coûts environnementaux sont multiples et difficiles à mesurer, donc les décideurs ne sont pas



souvent conscients de l'ampleur des problèmes ; et (ii) la faible voix des défenseurs de l'environnement au niveau local et régional.

9.2 RECOMMANDATIONS

111. Trois domaines d'intervention sont proposés à la lumière de ces conclusions et qui sous entendent les recommandations de la présente étude et qui sont complémentaires aux recommandations déjà proposées dans l'étude sur le coût de la dégradation des ressources en eau de la Medjerda de 2013.
112. Soutenir le concept d'une agence de bassin pour la Medjerda. Les problèmes environnementaux liés à l'eau et qui ont été estimés en valeur monétaire dans le scénario de stress hydrique ont démontré qu'il est impératif de ne plus maintenir le statut quo de la fragmentation des responsabilités et des interventions au niveau de chaque gouvernorat. Il y a un besoin urgent d'établir une gestion intégrée du bassin dans lequel la gestion de l'eau doit être faite au niveau du bassin pour l'allocation de l'eau, la surveillance, la conformité, et de l'implication et des interactions plus étroites avec les usagers de l'eau et des opérateurs.
113. Vu que l'établissement d'une agence de bassin exigerait un cadre réglementaire et institutionnel pour lequel les décideurs politiques ne pourront pas trancher dans le court terme, une commission interministérielle permanente pourrait être envisagée dans une période intérimaire. Cette commission qui sera logée soit au Ministère de l'Agriculture ou dans l'une des CRDA qui sera responsable et aura l'autorité de :
- i. gérer et arbitrer les allocations de l'eau ;
 - ii. fournir des informations sur les mesures clés pour l'eau en temps réel et la gestion des ressources naturelles ; identifier et prioriser les investissements ainsi que zones spatiales critiques pour la gestion des "points chauds" ;
 - iii. identifier les obstacles potentiels à la coopération et la gestion efficace avec des possibilités de surmonter ces contraintes ;
 - iv. développer de nouvelles politiques de gestion durable du bassin versant ; et
 - v. développer un système transparent, des processus responsables de la prise de décisions qui impliquent des dialogues et des discussions avec les communautés, les agriculteurs et les opérateurs.
 - vi. établir un système de suivi systématique en utilisant des indicateurs environnementaux et sociaux en temps réel pour aider à la gestion durable des ressources.
114. **Réduire les pertes techniques et financières des services d'approvisionnement en eau potable et d'irrigation, et pouvant aussi améliorer la gestion de l'eau.** Les investissements et les mesures institutionnelles devront être orientés principalement vers trois types d'intervention:
- i. La réhabilitation des réseaux d'eau potable, d'assainissement et d'irrigation sur la base d'un plan d'action chiffré articulé autour d'objectifs de réduction des pertes techniques et financières ; - Des changements structurels dans la gestion de l'eau (incitation, gouvernance, tarification prenant en compte les exigences de viabilité financière, de conservation, et de sensibilisation des usagers) ainsi que le choix des technologies pour une plus grande efficacité sur le plan économique, financier et environnemental; et



- ii. L'amélioration continue des indicateurs de gestion et de performance pour l'alimentation en eau potable, l'assainissement et l'irrigation.

115. Focaliser sur la programmation, l'efficacité des investissements et la maximisation des avantages pour l'environnement dans le secteur des eaux usées dans le milieu rural. À l'heure actuelle les investissements programmés par le gouvernement et les institutions financières internationales dans le secteur des eaux usées ne couvrent pas les zones rurales surtout dans les communes de moins de 4.000 habitants. Cette population n'a pas accès à un assainissement amélioré et encore moins leurs effluents ne sont pas traités et sont rejetés ou infiltrés dans les nappes d'eau. Il est important que :

- i. le Gouvernement tranche sur le cadre réglementaire et juridique de l'assainissement des zones rurales ; et
- ii. Des technologies à faible coût soient adoptées et que les coûts d'investissement et d'exploitation et d'entretien soient subventionnés pendant une période de 5 ans par l'Etat.



10. References

Arnold, B. and Colford, JM. 2007. "Treating water with chlorine at point-of-use to improve water quality and reduce child diarrhea in developing countries: a systematic review and meta-analysis." *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, vol. 76(2): 355-365.

Baker, B., Metcalfe, P. Butler, S., Gueron, Y., Sheldon, R., and J., East. 2007. *The benefits of the Water Framework Directive Programme of Measures in England and Wales*. Sponsored by Defra, Welsh Assembly Government, Scottish Executive, Department of Environment Northern Ireland, Environment Agency, Scottish Environment Protection Agency, Department of Business, Enterprise and Regulatory Reform, Scotland and Northern Ireland Forum for Environmental Research, UK Water Industry Research, the Joint Environmental Programme, UK Major Ports Group, British Ports Association, CC Water, Royal Society for the Protection of Birds, National Farmers' Union and Country Land and Business Association (the "Collaborative Partners").

Banque mondiale. 2007. *République Tunisienne Evaluation du Coût de la Dégradation de l'Eau*. Bureau Régional Moyen-Orient & Afrique du Nord. Département Développement Durable. Rapport No. 38556-TN. Washington, D.C.

Banque Mondiale. 2010. *La Génération des Bénéfices Environnementaux pour Améliorer la Gestion des Bassins Versants en Tunisie*. République Tunisienne. Rapport No 50192 – TN. Bureau Régional Moyen-Orient & Afrique du Nord Département Développement Durable. Washington, D.C.

Bassi, S. (IEEP), P. ten Brink (IEEP), A. Farmer (IEEP), G. Tucker (IEEP), S. Gardner (IEEP), L. Mazza (IEEP), W. Van Breusegem (Arcadis), A. Hunt (Metroeconomica), M. Lago (Ecologic), J. Spurgeon (ERM), M. Van Acoleyen (Arcadis), B. Larsen and, F. Doumani. 2011. *Benefit Assessment Manual for Policy Makers: Assessment of Social and Economic Benefits of Enhanced Environmental Protection in the ENPI countries. A guiding document for the project 'Analysis for European Neighbourhood Policy (ENP) Countries and the Russian Federation on social and economic benefits of enhanced environmental protection'*. Brussels.

Ben Nouna, Bechir, Ali Chebli et Sihem Jebari. 2014. *Reflexions sur l'Adaptation au Changement Climatique: Cas du Secteur de l'Eau en Tunisie*. Institut National de Recherche en Genie Rural, Eaux et Forêts. Tunis.

Caractérisation des pollutions de l'oued Medjerda. 2011. Comité de Coopération Marseille Provence en partenariat avec le service COPEAU et l'ANPE et le financement de l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée. Tunis.

Commission of the European Communities (CEC). 1991. Council Directive of 21 May 1991 concerning urban waste water treatment (91/271/EEC). OJ L135, 30.5.1991.

Clasen, T., Schmidt, W-P., Rabie, T., Roberts, I., and Cairncross, S. 2007. "Interventions to improve water quality for preventing diarrhoea: systematic review and meta-analysis." *British Medical Journal*, 335:782-91.

Curtis, V. and Cairncross, S., 2003. "Effect of Washing Hands with Soap on Diarrhoea Risk in the Community: A Systematic Review." *Lancet Infectious Diseases*, vol. 3:275-81.

Daly-Hassen, H., Mansoura, A.B., 2008. "Private and social values and their distribution in Tunisian cork oak forests." Paper for the XIII *World Forestry Congress*, Buenos Aires, Argentina, 18 – 23 October 2009.

Department for Energy and Climate Change (DEEC). 2009. *Carbon Valuation in UK Policy Appraisal: A Revised Approach*. London.



European Commission (EC). 2009. Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC.

European Environment Agency (EEA). Undated: glossary.eea.europa.eu

European Environment Agency (EEA). 2009. Water resources across Europe — confronting water scarcity and drought.

Fewtrell, L., Kaufmann, R., Kay, D., Enanoria, W., Haller, L., and Colford, JM. 2005. “Water, sanitation, and hygiene interventions to reduce diarrhoea in less developed countries: a systematic review and meta-analysis.” *Lancet Infectious Diseases*, vol. 5:52-52.

FAO. 2011. *FAO Forestry Country Information: Tunisia*. <www.fao.org/forestry/country/en/tun/>.

Hachicha, Mohamed. 2007. “Les sols salés et leur mise en valeur en Tunisie”. *Science et changements planétaires / Sécheresse*. Volume 18, Numéro 1, 55-50, Janvier, Février, Mars 2007.

IFH. 2001. *Recommendations for Selection of Suitable Hygiene Procedures for the Use in the Domestic Environment*. International Scientific Forum on Home Hygiene. United Kingdom.

Institut Tunisien des Etudes Stratégiques (ITES). 2014. *Etudes Stratégique: Système Hydraulique de la Tunisie à l’Horizon 2030*. Tunis.

Jebari, Sihem. 2009. *Water erosion modeling using disaggregation - A study in semi-arid Tunisia fractal rainfall*. Report No. 1057. Department of Water Resources Engineering, Lund Institute of Technology, Lund University, Sweden.

Jebari, S., Berndtsson, R., Lebdi, F., and Bahri, A., 2012. “Historical aspects of soil erosion in the Mejerda catchment.” *Hydrological Sciences Journal*, 57 (5), 1–12.

Karem A., Maamouri F., Ben Mohamed A. (sous la direction). 1999. *Actes du séminaire de Gestion et conservation des zones humides tunisiennes*. Projet MedWet, Sousse, Octobre 1997, Tunis.

Kingdom, Bill, Roland Liemberger and Philippe Marin. 2006. *The Challenge of Reducing Non-Revenue Water (NRW) in Developing Countries – How the Private Sector Can Help: A Look at Performance-Based Service Contracting*. PPIAF.

Lindhjem and Navrud. 2010. *Meta-analysis of stated preference VSL studies: Further model sensitivity and benefit transfer issues*. Prepared by Henrik Lindhjem, Vista Analyse, Norway, and Ståle Navrud, Department of Economics and Resource Management, Norwegian University of Life Sciences, Working Party on National Environmental Policies, OECD.

Luby, S., Agboatwalla, M., Feikin, D., Painter, J., Ward Billheimer, MS., Altaf, A., and Hoekstra, R. 2005. “Effect of hand washing on child health: a randomised controlled trial.” *Lancet*, 366: 225-33.

MA - Millennium Ecosystem Assessment. 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis*. World Resources Institute, Washington, D.C.
www.millenniumassessment.org/documents/document.355.aspx.pdf

Mediterranean Environmental Technical Assistance Program (METAP). 2009. *Coastal Legal and Institutional Assessment and Environmental Degradation, Remedial and Averted Cost in Coastal Northern Lebanon*. Funded by EC SMAP III and The Ministry of Foreign Affairs of Finland. Washington, D.C.

Merlo M. and L. Croitoru (eds.). 2005. *Valuing Mediterranean Forests: Towards Total Economic Value*. Wallingford: CABI Publishing.



Pimentel, D., Harvey, C., et al. 1995. "Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits." *Science*. 267: 1117-23.

Rabie, T. and Curtis, V. 2006. "Handwashing and risk of respiratory infections: a quantitative systematic review." *Tropical Medicine and International Health*, vol. 11(3): 258-67.

Raskin, P., Gleick, P.H., Kirshen, P., Pontius, R. G. Jr and Strzepek, K., 1997. *Comprehensive assessment of the freshwater resources of the world*. Stockholm Environmental Institute, Sweden. Document prepared for UN Commission for Sustainable Development 5th Session 1997.

Sonneveld, B.G.J.S. and Dent, D.L. 2007. "How good is GLASOD?" *Journal of Environmental Management*, 1-10.

TEEB. 2009. *The economics of ecosystems and biodiversity for national and international policy makers - summary: responding to the value of nature*. European Commission, Brussels.

TEEB. 2010. *The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Ecological and Economic Foundations*. Edited by Pushpam Kumar, Earthscan, London.

TEEB. 2011. *The Economics of Ecosystems and Biodiversity in National and International Policy Making*. Edited by Patrick ten Brink. Earthscan, London.

ten Brink, P. and S. Bassi. 2008. *Benefits of Environmental Improvements in the European Neighbourhood Policy (ENP) Countries – A Methodology*. A project working document for DGENV.

U.S. Department of the Interior (USDI). 2012. *U.S. Geological Survey Minerals Yearbook 2010*. Washington, D.C.

Van Acoleyen, M., and Baouendi, A. 2011. *Analysis for European Neighbourhood Policy (ENP) Countries and the Russian Federation of social and economic benefits of enhanced environmental protection – Tunisia Country Report*, funded by the European Commission. Brussels.

WHO. 2010. *World Health Statistics 2010*. Geneva.

WHO/UNICEF. 2010a. *Progress on Sanitation and Drinking-Water 2010 Update*. Geneva

WHO/UNICEF. 2010b. *Estimates for the use of improved drinking-water sources and improved sanitation facilities: Tunisia*. JMP for Water Supply and Sanitation. March 2010. www.childinfo.org.

World Bank. 2005. *Cost of Environmental Degradation – The Case of Lebanon and Tunisia*. Environmental Economics Series. Paper number 97. Edited by M. Sarraf, M. Oweygene and B. Larsen. Washington, D.C.

World Bank. 2008. *Environmental Health and Child Survival: Epidemiology, Economics, Experiences*. Washington, D.C.

World Bank. 2010. *Lebanon Country Environmental Analysis*. Washington, D.C.

World Bank. 2015. *World Development Indicators*. Washington, D.C.



11. Annexe I Mission D'identification

Coûts Prévisionnels de la dégradation et de la Restauration de l'environnement du Bassin de la Medjerda en Tunisie Liste des personnes rencontrées ,Tunis, du 20 au 25 octobre 2015

Institutions	Responsable	Personnes contactées	Tel.
DGACTA	Hassen Chourabi	Hassen Chourabi (Directeur General) Mohamed Naoufel Ben Haha (Sous Directeur)	
Direction Générale de la Production Agricole (DGPA)	Mme Samia Saidane	Mme Samia Saidane (Directeur Général)	(216) 71 780 246
Direction Générale des Etudes et du Développement Agricole (DGEDA)	M. Belgacem Mnassri	Belgacem Mnassri (Directeur Général)	(216) 71 785 764
ONAS		M. Ben Aissa M. Haloul	
OTEDD			
Direction Générale des Ressources en Eau (DGRE)	M. Moncef Rekaya		(216) 71 391 549
CRDA Beja		Bouzouti Jalloul (Chef d'arrondissement CES)	
CRDA Mannouba		Faycel Jelassi (Chef d'Arrondissement RE)	
CRDA Ben Arous		Moncef Houssein (Chef d'arrondissement sol) Kefi Leila (Technicien principal)	
CRDA Ariana		Mme Samiha (Ingénieur Principal)	
Bureau de la Planification et des Equilibres Hydraulique (BPEH)	M. Abderrazek Souissi	Samia Selmi (Ingénieur principal) M. Abderrazek Souissi	(216) 71 799 457
CITET	M. Khalil Attiah	M. Khalil Attiah	
OTEDD	M. Samir Kaabi	M. Samir Kaabi	
INRGREF	Mme Sihem Jebari	Mme Sihem Jebari	



12. Annexe II Méthodologie générale pour évaluation des coûts de la dégradation

Catégorie Eau et Sous-catégories

Qualité des services de l'eau potable ou domestique et de l'assainissement en milieu urbain et rural ainsi que des systèmes d'irrigation. L'état des prestations n'est pas considéré dans ce cas précis mais pourrait cependant être évalué en dérivant les **coûts de remplacement** associés aux sources alternatives d'eau domestique (bouteilles, puits, citernes, etc.) ou les coûts de production associés au nettoyage/débourage des fosses septiques en cas de carence des services. Les **coûts d'opportunité** peuvent aussi être calculés pour les pertes techniques du réseau de distribution, qui sont considérées dans cette étude, ou le temps perdu à transporter l'eau ou nettoyer/débourer les fosses septiques. Le **changement de l'état de santé** est aussi considéré dans cette sous-catégorie. Certains paramètres de qualité de l'eau n'affecte que le goût de l'eau comme l'excès des solides dissous et de sulfates. Par ailleurs, la qualité bactériologique de l'eau peut causer des maladies comme la typhoïde, l'hépatite A, le trachome et les nématodes. De plus, la qualité physico-chimique de l'eau peut causer des maladies comme un excès de globules rouges, l'hypertension et la méthémo-globinémie qui sont respectivement attribuable à l'excès de chlorures, de sodium, et de nitrates. Néanmoins, la causalité entre la qualité de l'eau et certaines maladies reste très difficile à établir de façon définitive surtout lorsqu'il s'agit de cas de cancer liés à l'ingestion de pesticides qui contaminent l'eau potable ou la chaîne alimentaire. Ainsi, la causalité la plus fiable est celle qui lie la diarrhée qui est transmissible via une contamination biologique d'une part et le manque d'eau ou la qualité d'eau notamment l'eau potable, l'état inadéquat de l'assainissement au sein du ménage et le manque de mesures d'hygiène (utilisation judicieuse du savon) par les membres du ménage d'autre part. Ainsi, une fonction de dose-réponse, qui a largement été établie par un grand nombre d'études, a été utilisée pour évaluer les maladies hydriques, notamment la mortalité prématurée et la morbidité liées à la diarrhée touchant les enfants de moins de 5 ans. Ainsi, la prévalence des diarrhées dans la région et le taux de couverture de l'eau potable et de l'assainissement ont été considérés dans la fonction de dose-réponse pour dériver les résultats. Concernant la **mortalité**, il est difficile d'attribuer une valeur à une mort prématurée et ceci est controversé. Pourtant la valeur d'une vie statistique humaine (VVS), qui représente la réduction du risque de décès prématuré, a été utilisée et est égale à 378.653 de DT pour la toute mortalité prématurée en Tunisie. Aussi, le coût des soins a été considéré pour la **morbidité** (hôpitaux, médecins, aides soignants, médicaments, nombre de jours d'inactivité, etc.) à 55 DT en moyenne par cas de diarrhée pour les enfants de moins de 5 ans et 21 DT pour la population égale à ou plus âgée que 5 ans.⁵² Le coût de la restauration comprend les investissements pour augmenter le taux de couverture de l'adduction d'eau et l'assainissement. Ceci devrait être accompagné par une bonne prestation et par le lancement d'une campagne de sensibilisation pour un changement de comportement pour ce qui est de l'hygiène au sein du ménage. Par ailleurs, une augmentation de l'efficacité des systèmes d'irrigation s'effectue en utilisant le **changement de productivité**.

Qualité de la ressource en eau. Dans cette sous-catégorie, celle-ci est exclusivement d'origine anthropogénique et est affectée par le rejet des eaux usées domestiques, les effluents industriels, miniers et halieutiques (pisciculture en eau fraîche) ainsi que par les eaux de ruissellement dus aux nitrates et pesticides utilisés par le secteur agricole. Les lixiviats sont cependant couverts sous **Déchets**. La pollution des eaux de surface et des eaux souterraine affectent l'usage de l'eau

⁵² Bassi et al. (2011).



(domestique, agricole et industriel) ; l'écosystème (eutrophisation, effets sur les valeurs directes, indirectes et d'option, etc.) du bassin versant et des zones côtières; le coût des terrains, logements et appartements (méthode hédonique) le long des zones polluées; et l'éco-tourisme (perte d'opportunité surtout le long des berges et côtes polluées). Cependant, il est très difficile de pouvoir évaluer la dégradation de la qualité de l'eau par impact. Ainsi, des enquêtes utilisant une évaluation contingente permettent de dériver des **préférences révélées** (consentement-à-payer) des utilisateurs afin de gauger l'état de restauration de la ressource souhaité. Cette méthode est utilisée en se basant sur un **transfert d'avantages** (voir Annexe III). Par ailleurs, pour restaurer la qualité de la ressource, les investissements incluent d'habitude : un choix oscillant entre l'utilisation de procédés simples et peu coûteux comme l'assainissement naturel à l'aide roseaux à la construction de STEP s avec un traitement primaire, secondaire ou tertiaire pour les rejets des eaux usées domestiques ; le changement du procédé de production et/ou le traitement individuel ou collectif des effluents industriels ; une campagne de sensibilisation auprès des agriculteurs afin soit d'optimiser l'utilisation de pesticides et nitrates soit d'adopter l'agriculture bio ; et dans un cas extrême où la ressource est irrécupérable, une substitution de la ressource par une adduction d'eau plus éloignée ou le dessalement et le transport de la ressource en eau est considérée.

Quantité. La raréfaction des ressources en eau est d'origine naturelle et anthropogénique, et se manifeste par la réduction du flux ou le ruissellement, qui est exacerbée par une utilisation accrue de la ressource pour pallier à la croissance démographique et couvrir les activités économiques. Par ailleurs, le rallongement et dérèglement des cycles de sécheresses (fréquences et intensités) affectent les eaux de surface et des eaux souterraines qui subissent un abaissement du niveau des nappes phréatiques et des nappes profondes. Le manque de flux est compensé d'habitude : dans un cas d'urgence, par l'utilisation spontanée des eaux usées traitées ou non traitées pouvant causer la contamination de la chaîne alimentaire ; dans un cas intermédiaire, par un pompage plus en profondeur (abaissement rapide ou utilisation de l'eau fossile donc non-renouvelable) des ressources souterraines est nécessaire pour pallier aux besoins domestiques et/ou maintenir la productivité agricole ; et dans un cas extrême, par une substitution de la ressource nécessitant une adduction d'eau plus éloignée ou le dessalement et le transport de la ressource en eau est considérée pour les eaux de surface. Le **changement de production**, les **coûts d'opportunité (manque à gagner)** et les **coûts de remplacement** sont considérés pour le calcul du coût de la dégradation alors que le coût de la restauration dépend de l'alternative de substitution retenue.

Erosion et Stockage. La gestion de la ressource en eau est affectée par l'érosion et exacerbée par les changements climatiques qui réduisent la capacité de stockage. L'ensablement et la sédimentation des barrages, des lacs collinaires, des lits des fleuves et des côtes sont accentués par une utilisation inadéquate des sols en amont (comme la déforestation, gestion irresponsable des sols, érosion hydrique et éolienne des sols, etc.) et exacerbés par le dérèglement climatique se manifestant par une fréquence et une intensité accrues des inondations durant les saisons humides. Les **coûts de remplacement** peuvent être calculées en considérant la baisse de la valeur nutritive des sols qui doit être compensée par des engrais, les **coûts d'opportunité** (lâchers nécessaires pour dégorger les bassins) de l'eau perdue et les dommages à l'écosystème ; les **dépenses défensives** (dragage ; construction de lacs collinaires pour absorber l'excès de sédimentation) ; les **coûts de remplacement** (relèvement des barrages ou construction de nouveaux barrages) ; les **coûts d'opportunité (manque à gagner)** du fait de la réduction du volume d'eau stocké et la réduction de la durée de vie des barrages et des lacs collinaires ; de la réduction des services des écosystèmes. Par ailleurs, les coûts de la restauration sont dans certains cas les mêmes coûts utilisés pour évaluer la dégradation comme par exemple les investissements pour la construction de nouveaux barrages. Mais les coûts de restauration peuvent aussi comprendre la mise en œuvre d'une stratégie d'aménagement du territoire qui peut comprendre des instruments comme la reforestation, une gestion responsable des sols, la prévention ou l'atténuation de l'érosion hydrique et éolienne des sols, etc.



13. Annexe III Méthodes Spécifiques pour l'Évaluation des Coûts de la Dégradation de la Catégorie Eau

Méthodologie pour la Qualité de l'Eau

Contrairement aux transferts des avantages non ajustés où le consentement à payer (CAP) sur le site de la politique est supposé être égal aux valeurs moyennes du CAP sur le site d'origine ($CAP_p = CAP_s$). Les transferts tentent d'ajuster les valeurs en tenant compte de toutes les différences possibles (par exemple les variables socio-économiques et environnementales inclus dans la fonction agrégée avantages) entre les deux sites (voir Bateman et al. (2000) ou Garrod et Willis (1999)). L'équation 1 offre une représentation conceptuelle de l'approche fonction de transfert des avantages:

$$\begin{aligned} \text{Sondage sur le site: } CAP_s &= aS + \beta_1 X_{s1} + \beta_2 X_{s2} \\ \text{Site de la Politique: } CAP_p &= aS + \beta_1 X_{p1} + \beta_2 X_{p2} \end{aligned}$$

Où s désigne le site du sondage. p le site de la politique et X_1, X_2 vecteurs des caractéristiques spécifiques et les caractéristiques de la population pour chaque site (par exemple les niveaux de revenu et de l'éducation. aux niveaux de référence qualité de l'eau...). Le transfert des avantages est considéré comme un outil approprié pour le transfert des estimations du CAP ajusté entre différents endroits où le vecteur d'attributs et de caractéristiques socio-économiques (X_1, X_2) qui déterminent les similitudes et les différences entre la politique et le site de l'enquête ne peut être établie. Lorsque ces différences existent et leur ampleur sont connus, il est possible de substituer les variables connues dans le site d'origine enquête avantages agrégés pour fonction de fournir des estimations. Cet exercice implique le choix sur les facteurs qui sont inclus et qui sont omis dans l'analyse à cause de la limitation par la disponibilité des données.

Tableau A3.1 : Les valeurs CAP annuelles pour l'amélioration à 100% de l'environnement eau en 2016

Méthode d'élicitation / Modèle pour l'amélioration de 100% en 2015	Angleterre		Pays de Galles		Angleterre et Pays de Galles	
	CAP moyen £/mén./an	CAP médian £/mén./an	CAP moyen £/mén./an	CAP médian £/mén./an	CAP moyen £/mén./an	CAP médian £/mén./an
PCCV statistiques de l'échantillon	59.2	30.0	62.6	50.0	50.5	30.0
PCCV MCO modèle	55.8	25.3	50.1	22.7	55.5	25.1
Modèle Logit DCCV	167.0	167.0	181.5	181.5	167.9	167.9
Modèle Logit CE	293.7	293.7	508.0	508.0	299.9	299.9

Source: Baker et al. (2007).

Baker et al. (2007) a récemment estimé la valeur économique accordée par les ménages anglais et gallois pour l'amélioration de la qualité de l'eau au niveau local et national en tant que résultat de la mise en œuvre de la directive eau (Tableau A3.1). Il est l'un des rares études qui ont utilisé une série écologique basée sur les métriques de qualité de l'eau pour la description des niveaux de référence et d'améliorations. Les résultats de cette recherche sont utilisés par le *Department for Environment, Food and Rural Affairs* ainsi que l'Agence de l'environnement en Angleterre et au Pays de Galles pour informer les décisions politiques nécessaires pour se conformer à la directive.



Les eaux usées brutes et les rejets industriels ainsi que tous les contaminants provenant de processus tel que les déchets liquides d'origine domestique, industrielle et agricole (comme par exemple la pollution organique, les déchets dangereux et les pesticides) dans le bassin hydrique de la Medjerda affectent cette ressource de façon négative en général. La valeur économique non marchande d'un changement dans la qualité des eaux qui pourraient découler du traitement des eaux usées et d'options de politique des déchets est calculée pour la qualité des eaux de surface. Une méthode de transfert des avantages est utilisée dans ce contexte. La méthodologie proposée couvre les valeurs directes et indirectes découlant de l'amélioration de la qualité des ressources en eau (Tableau A3.2).

Tableau A3.2 : Améliorations des valeurs d'usage courant et de non-usage des ressources en eau

Avantage	Type des usages de l'eau		Exemple
Avantages potentiels de la qualité de l'eau	Usage courant	Usage direct	Flux dérivé de l'utilisation de la ressource
		Usage Indirect	Flux dérivé le long des berges
	Non Usage	Option	Préférences d'utilisation future de la ressource à des fins personnelles
		Existence	Maintenir un bon environnement pour le plaisir de tous
		Legs	Plaisir de connaissances que les générations futures seront en mesure de faire usage de la ressource dans l'avenir
			Activités de loisirs: pêche, baignade, canotage
			Activités de loisirs: randonnée, trekking Détente, plaisir de paix et la tranquillité Esthétique, jouissance de la beauté naturelle

Source: Adapté de Baker et al. (2007).

Tableau A3.3 : CAP par ménage basé sur la carte de paiement et le choix dichotomique dérivés à partir du transfert d'avantages, 2010

Consentement à Payer	Population	Membre dans chaque ménage	Scénario 3 100% d'amélioration après 6 ans		
	(# million)	(#)	Consentement à payer		
	2010	2010	2010		
			Borne Inférieure	Borne Moyenne	Borne Supérieure
Grand Tunis (\$EU/an)	2,5	5	9,5	10,0	12,3
Medjerda Urbain (\$EU/an)	0,5	5	9,5	10,0	12,3
Medjerda Rural (\$EU/an)	0,8	6	9,5	10,0	12,3
Grand Tunis (DT/an)	2,5	5	13,5	15,3	17,6
Medjerda Urbain (DT/an)	0,5	5	13,5	15,3	17,6
Medjerda Rural (DT/an)	0,8	6	13,5	15,3	17,6

Note: \$PPP Revenu Intérieur Brut par habitant a été utilisé pour ajuster le différentiel de revenus (0,21) entre le Royaume Uni et la Tunisie l'élasticité des revenus est estimée à 1. Taux de change utilisés 1\$EU = 1,5 DT.

Source: Baker et al. (2007); World Bank (2011); et Auteurs.

L'évaluation des biens marchands et non marchands est fondée sur les préférences des gens pour une amélioration de l'environnement et les valeurs sont mesurées soit par une procédure d'élicitation directe ou indirecte par l'analyse des transactions dans les marchés où les préférences pour un bien environnemental sont supposées influencer le prix du bien commercialisé (Tableau A3.3). La valeur de toute la population touchée est établie par une opération de change reflétée dans



la somme de la valeur de chaque personne pour l'amélioration de l'environnement. La méthode de transfert de prestations ne peut être considérée comme une méthode d'évaluation en soi, mais plutôt comme une alternative rapide et peu coûteuse pour le transfert de données sur la valeur existante.